2. ULUSAL ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ÖĞRENCİLERİ SEMPOZYUMU

BİLDİRİLER KİTABI

12 MAYIS CUMA 2017

ANA SPONSOR

ÖZTUĞRUL METAL

UÇMÖS-17 AKSARAY

2. ULUSAL
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ÖĞRENCİLERİ SEMPOZYUMU

BİLDİRİLER
KİTABI

ISBN 978-605-88368-4-6

UÇMÖS'17
Mayıs 2017–AKSARAY

Deklarasyon

Bu bildiri kitabı içinde basılmış olan bütün makalelerin içerisindeki bilgilerin doğruluğu ve kullanılan metinlerle yayın izinlerin alınması sorumluluğu yazarlara ait olup, yazarlar kitabın basım tarihi ile bu sorumluluğu kabul etmiş olarak sayılır. Editör kurulu hiç bir yükümlülüğe sahip değildir.

2. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu *Bildiriler Kitabı*'ndaki bilgi ve metinleler, 2. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu Bilim Komisyonu ve Aksaray Üniversitesi. Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanlığının bilgi ve izini olmadan kısmen veya tamamen kullanılamaz veya değişiklik yapılamaz. Kitaptaki bilgi ve belgeler üzerinde basılı ve elektronik olarak izin alınmaksızın kısmen veya tamamen aynen veya değişiklik yapılarak basılamaz. Bu kitaptaki bilgi ve belgelerin basım ve yayın izni Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Başkanlığına devredilmiş olup Copyright® yetkisi Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Başkanlığına aittir.

2. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu
Baş Editör : L. Altaş
Editörler Kurulu : H. Çelebi, İ. Şimşek, T. Bahadır, S. Özcan, Ş. Tulun
Yayın Hakkı : *Copyright®* Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, Aksaray, 2017.

2. Ulusal Çevre Mühendisliği Öğrencileri Sempozyumu Organizasyon Komitesi adına Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, Aksaray, TÜRKİYE.

Elektronik Basım : http://cevre.aksaray.edu.tr
Basım Yeri adresi : https://cevre.aksaray.edu.tr
Yazışma Adresi : Aksaray Üniversitesi
Mühendislik, Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
68100 Aksaray, TÜRKİYE

ISBN: 978-605-88368-4-6
Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Turkey
Telefon : +90 (382) 288 36 06
Faks :+90 (382) 288 35 25
E-posta : cevre@aksaray.edu.tr
URL : http://cevre.aksaray.edu.tr

Dış kapak sayfası dizaynı : Yasin DENİZ
Telefon : 0532 576 26 76
e-posta : yasindeniz55@gmail.com

ISBN 978-605-88368-4-6

Onur Kurulu
Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN, Aksaray Üniversitesi Rektörü
Prof. Dr. Semih EKERCİN, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dekanı

Sempozyum Başkanı
Doç. Dr. Levent ALTAŞ, Aksaray Üniversitesi

Sempozyum Başkan Yardımcıları
Yrd. Doç. Dr. Hakan ÇELEBİ, Aksaray Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. İsmail ŞİMŞEK, Aksaray Üniversitesi

Düzenleme Kurulu
Tolga BAHADIR, Aksaray Üniversitesi
Şevket TULUN, Aksaray Üniversitesi
Samet ÖZCAN, Aksaray Üniversitesi
Alper ALVER, Aksaray Üniversitesi
Emine BAŞTÜRK, Aksaray Üniversitesi
Özgül ÇİMEN MESUTOĞLU, Aksaray Üniversitesi

Bilim Kurulu
Prof. Dr. Hatim ELHATİP (Aksaray Üniversitesi)
Prof. Dr. Mustafa IŞIK (Aksaray Üniversitesi)
Prof. Dr. Şükrü DURSUN (Selçuk Üniversitesi)
Prof. Dr. Bilgehan NAS (Selçuk Üniversitesi)
Prof. Dr. Fehiman ÇİNER (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Prof. Dr. Emine Erman KARA (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Prof. Dr. Kenan KILIÇ (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Doç. Dr. Levent ALTAŞ (Aksaray Üniversitesi)
Doç. Dr. Fatma GÜRBÜZ (Aksaray Üniversitesi)
Doç. Dr. Mustafa KARATAŞ (Aksaray Üniversitesi)
Doç. Dr. Mehmet Emin ARGUN (Selçuk Üniversitesi)
Doç. Dr. Dilek ERDİRENÇELEBİ (Selçuk Üniversitesi)
Doç. Dr. Esra YEL (Selçuk Üniversitesi)
Doç. Dr. Bilal TUNÇSİPER (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Doç. Dr. Neslihan Doğan SAĞLAMTİMUR (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Doç. Dr. Selma YAŞAR KORKANÇ (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Doç. Dr. Sevgi DEMİREL (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Ahmet KILIÇ (Aksaray Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Hasan KOÇYİĞİT (Aksaray Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Melayib BİLGİN (Aksaray Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Oğuzhan GÖK (Aksaray Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Gülden GÖK (Aksaray Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Hakan ÇELEBİ (Aksaray Üniversitesi)

Yrd. Doç. Dr. Özlem GÜLLÜ (Aksaray Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. İsmail ŞİMŞEK (Aksaray Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Gamze SÖNMEZ (Aksaray Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Gülnihal KARA (Selçuk Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Sezen KÜÇÜKÇONGAR (Selçuk Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Süheyla TONGUR (Selçuk Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Selim DOĞAN (Selçuk Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Öznur Begüm GÖKÇEK (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Ece Ümmü DEVECİ (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Çağdaş GÖNEN (Ömer Halisdemir Üniversitesi)
Yrd. Doç. Dr. Fatma KUNT (Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Öğr. Gör. Yakup Kurmaç (Aksaray Üniversitesi)
Öğr. Gör. Özcan ORUÇ (Aksaray Üniversitesi)
Öğr. Gör. Dürdane YILMAZ (Aksaray Üniversitesi)
Öğr. Gör. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN (Selçuk Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

Üniversite Kampus Yemekhane Atıklarının Biyogaza Dönüştürülmesi Uygulaması 1
Aksaray Yeraltı ve Yüzeysel Su Kalitesinin Değerlendirilmesi 12
Sızıntı Suyu Oluşumu ve Arıtımı 20
Sularda İlaç Kalıntıları Çevresel Etkileri ve Giderim Yöntemleri 28
Katalitik Ozonlama İşlemi ile Sulardan Doğal Organik Madde Giderimi 35
Jeotermal Atıksular 43
Reaktif Red 198 Boyasının İleri Oksidasyon Yöntemlerinden UV/H_2O_2 ve US/Fenton Prosesi ile Giderimi 52
Narlıgöl'ün Su Kalitesi Açısından İzlenmesi ve Değerlendirilmesi 61
Vermikompostun Çevresel Önemi ve Vermikompost Uygulama Çalışması 70
Yeraltı Sularında Önemli Bir Problem Olan Arsenik Tuzların Gideriminde, Polyethyleneimine Destekli Çoklu Şelat Oluşturucu Kompositlerin Değerlendirilmesi 79
Bitkisel Atık Yağlardan Biyozdizel Üretimi 86
Atıksudan Su Mercimeği ile Fosfor Giderimi 97
Polialüminyum Klorür (PACl) Çöktürmesi ile KOİ Giderimi 106
Arıtma Çamurları Kurutma Yöntemlerinin Kıyaslanması 107
Arıtma Çamurlarının Farklı Fraksiyonlarının Anaerobik Ayrışabilirliğinin Araştırılması 117
Güneş Enerjisiyle Cihanbeyli İlçesi İçinanaerobik Evsel Atık Su Arıtım Sistemi Tasarımı 124
Meyve, Sebze ve Yumurta Kabukları ile Atıksulardan Bulanıklık Giderimi 129
Akdeniz ile Kızıldeniz'i Bağlayan Süveyş Kanalı'nın Akdeniz'e Etkileri 136
Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Geri Kazanımı ve Adsorban Olarak Kullanımı 145
Fe^{+2}-H_2O_2 ve Fe^{+2}-Perborat ile Asidik Boya Kaynaklı Renk Giderimi 153
Araba Yıkama Atıksuyunun Geri Kazanımı 159
Florida'nın DBHYRO Veritabanı ve Kuraklık Çalışmalarında Kullanımı 160
Selçuk Üniversitesi Kampüsünde $PM_{2.5}$ Ölçülmü 161
Kimyasal Çöktürme ve Oksidasyon ile Sızıntı Suyu Arıtımı 167
Türkiye'nin Uluslararası Su Politikaları: Sınıraşan Sular Konusunda Sorunlu Alanlar 168
Çevre Kirliliği ve Belgeseller 169
Arsenik; Sağlık Etkileri ve Sulardan Giderim Yöntemleri 171
Yenilenebilir Enerji Kaynakları 179
Arıtma Çamurlarının Yapısında Bulunan Ağır Metallerin Giderim Yöntemleri 188
Biyogaz 194
Aydın İli Su Kaynakları ve Büyük Menderes Nehri Su Kalite İncelemesi 202
Endüstriyel Simbiyoz Uygulamaları 210
Zeytin Karasuyu'nun Membran Biyo Reaktör Teknolojisi ile Giderimine Yönelik Araştırma 216
Biyolojik Azot ve Fosfor Giderimi 224

Maden Drenajlarının Çevresel ve İnsan Sağlığı Riskleri Açısından Değerlendirilmesi 233
Topraklarda Ağır Metal Kirliliği 239
Doğal Arıtma Sistemleri (Ankara Akdoğan Köyü Yapay Sulak Alan Sistemi)..... 245
Düşük Maliyetli Adsorbanlarla Boyar Madde Giderimi 254
Kompostta Ağır Metal 259
Ardışık Kesikli Reaktörde Süt Endüstrisi Atıksularının Biyolojik Arıtımı 265
Metroloji ve Akreditasyon..... 273
Metal Kaplama Endüstrisi Atıksularının Elektrokoagülasyon Prosesi ile Arıtılabilirliği..... 279
Sulu Çözeltiden Yumurta Kabuğu ile Pb^{+2}'nin Absorblanması..... 285
Jeotermal Enerji ve Türkiye'de Kullanımı 293
Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Güneş Enerjisi 301
Sulu Çözeltiden Yumurta Kabuğu ile Kadmiyum Giderimi..... 308
Türkiye'deki Arıtma Çamuru Miktarının Değerlendirilmesi 314
Afyonkarahisar'da Bulunan Jeotermal Sahaların İncelenmesi 320
Kars İli İçme Suyu Arıtma Tesisi İşletimi ve İşletme Problemleri 329
Tekstil Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği..... 336
Katı Atıkların Geri Dönüştürülmesi (Mardin İli İçin Katı Atık Geri Kazanımı)..... 343
Yenilenebilir Enerji: Rüzgâr Enerjisi..... 352
Triklosan Etken Maddesinin Farklı Balık Türleri Üzerindeki Davranış Değişimlerinin İncelenmesi..... 359
Manavgat Otellerinin Kirlilik Parametreleri..... 363
Boyarmadde Arıtma Alternatifleri..... 368
Katalitik Ozonlama İşlemi ile Sulardan Doğal Organik Madde Giderimi..... 377
Gaziantep Katı Atık Yönetimi..... 385
Toprak Kirliliğinde Ağır Metallerin Arıtımı 386
Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Rüzgar Enerjisi..... 393
Evsel Atıksuların Elektrokoagülasyon Yöntemiyle Arıtımı 399
Vermikompostlama ile Organik Atıkların Değerlendirilmesi..... 407
Yenilenebilir Enerji ve Rüzgar Enerjisi 409
Aksaray İli Tıbbi Atıkların Kontrolü 417
Yeraltı Suyu Kirliliğinde Ahs Uygulamaları: Tuz Gölü Örneği 424
Yerköy Atıksu Arıtma Tesisi Projelendirilmesi..... 432
Endüstriyel Simbiyoz..... 439
Sürdürülebilir Su ve Atıksu Yönetimi İçin Gri Su Kullanımı..... 446
Elektrokoagülasyon Prosesi ile Deterjan Atıksularının Arıtılabilirliği..... 456
Ortaköy Atıksu Arıtma Tesisi Projelendirilmesi..... 464
Adana İli Tıbbi Atık Yönetimi 472

Biyodizel Üretiminin Çevre Sağlığı ve Ekonomik Boyutları 481
Toz Modellemesi Yapılması ve PM_{10}, Çöken Toz Ölçümünün Gerçekleştirilmesi 482
Selçuk Üniversitesi Kampüsünde Gürültü Kirliliği 483
Konya Kapalı Havzası Çevresel Akış Hesaplaması ve Değerlendirilmesi 484
Bir Metal Sanayii Atık Suyundan Krom Giderimi 485
Selçuk Üniversitesi Kampüs Alanı İçerisindeki Havada Partikül Madde Konsantrasyonunun Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi 486
Rüzgar ve Güneş Enerjisi Kullanılan Ev Projesi 487
Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli 488
Kimyasal Çöktürme ve Oksidasyon ile Sızıntı Suyu Arıtımı 489
Sızıntı Suyunun Poli Alüminyum Klorür Hidroksit Sülfat (PACS) ile Kimyasal Arıtımı 490
Öğrenci Yurdunda Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin Ekonomik Fizibilitesi 491
Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi ve Konya MEDAŞ Ges Örneğinin İncelenmesi 492
Pedallı Çalışma Masası ile Elektrik Üretimi 503
Güneş Enerji Santrallerinin Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi 504
Sızıntı Sularının Polialiminyum Klorür Hidroksit Sülfat (PACS) ve Fenton Sistemi ile Arıtımı 505
Toplu Yerleşim Alanlarında Evsel Nitelikli Atıklarından Biyogaz ve Elektrik Üretiminin Uygulanabilirliği ... 506
Aluminyum Sülfat Çöktürmesi ile Sızıntı Suyundan KOİ Giderimi 514
Sızıntı Sularından $Fecl_3$ Çöktürmesi ile KOİ Giderimi 515
Deniz Suyundan Güneş Enerjisi ile İçme ve Kullanma Suyu Eldesi 516
Evsel Atıksuyun Güneş Enerjisi Sistemi ile Anaerobik Arıtımı 517
Gemlik İlçesi Anaerobik Evsel Atıksu Arıtımı Tasarımı 518
Güneş Enerjisi ile Deniz Suyundan İçme Suyu Eldesi 519
Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiler ve Dalga Enerjisi 520
Perfloroalkil Asitler, Karbon Nanotüpler ve Cu-Nanopartiküller 521
Demir Oksit Nanopartikülleri 523
Elektrokimyasal Arıtım ve Aktif Karbonun Hibrit Sistemi 524
Biyodizel Eldesi İçin Tübüler Fotobiyoreaktör ile Stok Mikroalg Üretme Sistemi Tasarımı ve Yapı Mimarisine Entegrasyonu 526
Konya İli Meram İlçesi Tatlı Su Şebekesi Sertlik Düzeylerinin İncelenmesi 528
Otomotiv Sektöründeki Atıkların Yönetimi 529
Hekzaklorobenzen, Kaynakları ve Çevrede Dağılımı 531
Türkiye'de Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği 532
Hazır Beton ve Mermer İşleme Tesisi Proses Atıksularından Bulanıklık Giderimi 533
Tehlikeli Atıkların Minimizasyonu 534
Pentaklorobenzen, Kaynakları ve Çevrede Dağılımı 535
Konya İli Selçuklu ve Karatay İlçelerinde Tatlı Su Şebekesinde Sertlik Düzeylerinin İncelenmesi 536

Endüstriyel Gürültü Kirliliğinin Azaltılması İçin Alternatif Yöntemler 537
Mikrobiyal Yakıt Hücresi Kullanılarak Atıksu Arıtımı ve Elektrik Üretimi 539
Katı Atık Depolama Sahalarında Gaz Oluşumu ve Oluşan Gazın Elektirik Enerjisine Çevrilmesi 540
Kağıt Endüstrisi ve Kağıt Atıklarının Geri Dönüşümü 541
Batık Gemilerin Deniz Çevresine Olan Etkilerinin Araştırılması 542
Trabzon İli Beşikdüzü İlçesi Derin Deniz Deşarjı 543
Atıksu Arıtma Tesisi Süzüntü Suyundaki Azotu Sharon/Anammox Prosesi ile Giderimi 544
Atıksu Arıtımında Klasik Arıtımla Giderilemeyen Ağır Metallerin Biyosorpsiyon Yöntemi ile Giderimi 545
Beta-Blokerların Akut Toksisitesinin Belirlenmesi 546
Deniz Suyundan Güneş Enerjisi ile Temiz Su Eldesi 547
Yayladağı İlçesinin İçmesuyu ve Atıksu Problemine Çözüm Önerileri 548
Anammox Bakterilerinin ve Türkiye'deki Uygulanabilirliğinin Araştırılması 549
Konya Organize Sanayi Bölgesinde İş Hijyeni ve Emisyon Ölçümü 550
Plastik Geri Dönüşüm Atıksuyunun *Lepıdıum Satıvum* Deneyi ile Toksisite Tayini 551
Hatay Dörtyol'da Derin Deniz Deşarjı 561
Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi 571
Türkiye'de Çevresel Açıdan Kültür Balıkçılığı 572
Mikroalglerden Biyodizel Eldesi 573
İklim Değişikliği ve Çevresel Akış 574
Dünyada ve Türkiye'de Su Kullanımı ve Evsel Atıksu Oluşumunun İncelenmesi 575
Burdur Gölhisar İlçesi Altyapı ve Fayda-Maliyet Analizleri 576
Adıyaman'da Az Yağışlı Sezon 583
Çevre Mühendisliği Bölümü İçin Birim Dönüştürme ve Boyut Analizi 584
Atıksulardaki Mikrokirleticilerden DEHP'in Yapısı, Kaynakları ve Kontrolü 585
Gri Su Değerlendirilmesi ve Otellerde Uygulanabilirliğinin Araştırılması 586

ÜNİVERSİTE KAMPUS YEMEKHANE ATIKLARININ BİYOGAZA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ UYGULAMASI

Ali GÖKDENİZ[1], Samet ÖZCAN[1], Tolga BAHADIR[1], Şevket TULUN[1], Doğan DEMİRAL[2], Gamze SÖNMEZ[1], Mustafa IŞIK[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, AKSARAY*
[2]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, AKSARAY*

ÖZET: Bu çalışmada mutfak atıkları ve bitki/meyve atıklarının iki aşamalı anaerobik çürütme işlemine tabi tutularak biyogaz elde etme potansiyeli araştırılmıştır. Klasik olarak bu atıkların çoğu diğer atıklar ile birlikte deponi alanına gönderilmekte, kompostlama işlemine tabii tutulmakta yada diğer kentsel katı atıklar ile birlikte yakılmaktadır. Bu projede, üniversitemiz sosyal tesislerinde bulunan personel ve öğrenci yemekhanesinin mutfağından elde edilecek yemekhane atıklarının karakterizasyonu belirlenerek, söz konusu atıkların hem çevreyle dost bir uygulamayla uzaklaştırılması hem de yatırım ve işletim maliyeti düşük bir yöntemle biyogaz elde edilmesi amaçlanmaktadır. Elde edilecek gazın ilerleyen yıllarda farklı amaçlarla üniversite bünyesinde kullanılmasında da bu çalışma öncülük edebilecektir. Proje çalışmasının planlanması, reaktör tasarımı ve imalatı ile birlikte ilk organik yüklemelerin verildiği bu ön hazırlık çalışmasında mutfak atıkları ile meyve ve sebze artıklarından biyogaz elde edilmesi potansiyeli değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Biyogaz, Enerji, Maliyet analizi, Meyve ve Sebze artıkları, Mutfak atıkları*

1.GİRİŞ

Dünya nüfusunun her geçen gün artması, insanoğlunun temel ihtiyaçlarının yeter ve nitelikli düzeyde üretilmesi zorunluluğunu doğurmaktadır. Teknolojinin gelişmesi insanoğlunun hayat standartlarını yükseltip yaşamasını kolaylaştırırken kişi başına düşen enerji tüketimi de artmaktadır. Bu da doğal olarak dünyada enerji üretiminin artmasına sebep olmaktadır. Dünyanın enerji ihtiyacının her geçen gün artması, fosil kökenli enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükenecek olması, tahrip edilen doğal dengenin dünya üzerinde başta iklimler ve sıcaklık değişiklikleri olarak kendisini göstermesi, bilim adamlarını fosil kökenli enerji kaynaklarının daha verimli olarak kullanılması konusundaki çalışmalara yöneltmiştir. Diğer taraftan çevreyle dost, yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılması konusunda çalışmaya yönlendirmiştir. Aksi takdirde dünyada yakın bir gelecekte bir enerji dar boğazı yaşanılması kaçınılmaz bir gerçektir. Birçok ülke çevreye duyarlı ve güvenli yöntemler ile enerji üretmek için çaba harcamaktadırlar. Sonuç olarak, hem enerji açığı için hem de çevre kirliliğini azaltmak için dünyada biyokütle faaliyetleri (Kizilaslan ve Kizilaslan, 2007). Biyokütleden enerji dönüşümü birçok yolla başarılmıştır. Anaerobik çürüme en alternatifli yoldur (Ferreira vd., 2013). Anaerobik çürütme; atık stabilizasyonu sağlaması, bu atıkları zararsız hale getirmek ve yeniden kullanım için yaygın bir yöntemdir. Bu yöntemde, organik maddeler (yağlar, proteinler, karbonhidratlar) anaerobik şartlar altında mikroorganizmalar tarafından biyogaza dönüşür (Kuglarz vd., 2013). Biyogaz

üretimi için organik yapıdaki çürüyebilen maddeler kullanılabilmektedir. Genel olarak biyogaz hammaddeleri 3 sınıfa ayrılabilmektedir; 1) Tarımsal faaliyetlerle ortaya çıkanlar; 2) Endüstriyel atıklar: Et, süt, gıda endüstrilerinden çıkan atıklar, mezbaha atıkları, meyve ve sebze endüstrisi atıkları, peynir altı suyu 3) Evsel organik atıklar: evsel meyve sebze atıkları, yemek atıkları vs.. olarak sınıflandırılabilir.

Kullanılan ham maddeye göre elde edilen biyogaz miktarları değişiklik göstermektedir. Bunun sebebi hammaddeler içerisindeki biyolojik olarak çürüyebilirliğe sahip bileşiklerinin değişik oranlarda dağılmasıdır. Özellikle biyogazın gaz motorlarında yakılması ve elektrik enerjisi üretilmesi bu teknolojinin kullanımını artırmıştır. Fotosentez amacıyla bitkiler tarafından tutulan enerjinin insanların beslenmesi için sadece 1/150'si kullanılmaktadır (Wellinger ve ark., 1984). Hayvanlar ise yemdeki besin maddelerinin ancak % 45'inden yararlanabilirler (Evliya, 1964) ve bitki besin maddelerinin yarısından fazlası dışkı ile ahır gübresine geçer. Bu nedenle beslenme amacıyla kullanılamayan bitkisel ve hayvansal artıkların yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynağı olarak kullanılması uzun yıllar boyunca araştırılmış ve bazı sonuçlar uygulamaya aktarılabilmiştir. Bilim adamları ilk kez 1630 yılında organik maddelerin anaerobik fermantasyonundan yanıcı bir gaz elde edilebileceğini saptamışlardır. Organik madde ile yanıcı gaz üretimi miktarı arasında direkt ilişki olduğu 1776 yılında belirlenmiştir. Sığır gübresinin anaerobik fermantasyonu esnasında oluşan yanıcı gazın metan gazı olduğu ise 1808 yılında saptanmıştır (Anonim, 1998). İlk pratik uygulama 1895 yılında İngiltere'nin Exeter şehrinde yapılmıştır. Şehir kanalizasyonunun toplandığı özel bir tesiste elde edilen biyogaz sokak lambalarında kullanılmıştır. Dünyada 1900'lü yıllardan sonra mikrobiyoloji ve bilimdeki gelişmeler doğrultusunda bu konudaki araştırmalar artmış, anaerobik bakteriler ve özellikleri saptanarak metan üretimi teşvik edilmiştir. Daha sonra petrolün bol ve ucuz sağlanması nedeniyle biyogaz konusundaki araştırmalar yavaşlamış, 1970'li yıllarda ki dünyadaki petrol krizi ile konu tekrar gündeme gelmiştir. Günümüzde, uzak doğuda 6-8 milyon adet aile ölçütlerinde yapılmış düşük teknoloji kullanan basit biyogaz üreteçleri ile elde edilen biyogaz, yemek pişirme, aydınlatma gibi evsel ihtiyaçların giderilmesinde kullanılmaktadır. Biyogaz tesisleri sayesinde koku kontrolü, patojen kontrolü, besin maddesi kaybı, sıvı gübre depolaması gibi problemlere büyük ölçüde çözüm getirilmektedir. Biyogaz tesisleri zaman içinde gelişme göstererek çiftliklere uygun, endüstriyel ve şehirsel atıkları da işleyebilecek yapıyı kazanmışlardır. Dünyada yüzün üzerinde farklı tipte biyogaz tesisi olup, bunlar farklı koşullarda üretimde bulunmaktadırlar. Değişik yapı

çeşitlerinde, değişik organik materyalden ve bunlara bağlı olarak çok farklı üretim ortamlarında çalışan bu tesisler, yine kurulu bulundukları ülkelerin iklim ve ekonomik koşullarına adapte edilmiş biyogaz üreteçleridir. Biyogaz teknolojisi özellikle birincil enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklanan, hava kirlenmesini önleyici yönde yardımcı olabilecektir. Tesis sayısının artması fosil enerji kaynağı gereksinimini azaltacaktır. Literatür detaylı incelendiğinde bugüne dek yapılan çalışmaların hayvansal atıklarla biyogaz üretimine yönelik olduğu görülmektedir.

Önerilen proje çalışması ile yemek atıklarından biyogaz elde edilmesi ile ilgili ileride yapılacak çalışmalara gerek deneysel metot gerekse literatürdeki eksikleri gidermek açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen veriler ışığında ilerleyen yıllarda biyogaz tesisinin reaktör hacminin büyütmesiyle üniversite yemekhanesinde, yemeklerin pişirilmesinde gerekli olan enerji(gaz) ihtiyacının, üretilen biyogazla karşılanması da ileriki yıllardaki hedeflerimiz arasında bulunmaktadır. Yapılan bu proje ile Üniversite yerleşkesi içindeki atık miktarı azaltılacak ve ülke genelindeki diğer üniversite alanları içerisinde bu tarz yenilenebilir enerji kaynaklı çalışmaların yapılması sağlanmış olacaktır. Ayrıca ülkemizde "anaerobik arıtma ile biyogaz eldesi" ile bilgi ve ilgi eksikliği giderilmiş olacaktır. Bu çalışmada Aksaray Üniversitesi Sosyal Tesisleri yemekhanesi pilot yemekhane olarak seçilmiş ve buradan toplanan yemekhane artıkları biyogaz üretiminde kullanılacak ve tesis günlük olarak beslenilecek ve oluşan biyogaz miktarı ve biyogazın bileşimi günlük olarak incelenecektir.

2.MEYVE VE SEBZE ATIKLARI VE MUTFAK ATIKLARI (MSA&MA)

Diğer katı atıkların aksine, MSA&MA yüksek nem içeriği ve kentsel katı atıkların (KKA) arıtımında olumsuzluklara neden olabilen zengin biyolojik parçalanabilir içeriğe sahiptir. Örneğin kompostlama sırasında koku oluşumu, ciddi sera gazı oluşumları, deponi alanlarından aşırı sızıntı suyu oluşumu ve yakılmaları esnasında karasız yanma sonucu dioksin oluşumu gibi istenmeyen durumlara neden olabilirler (Hartman ve Ahring, 2006). Eğer bu atıklar anaerobik olarak çürütülürse enerji elde edilen biyogaza dönüştürülerek bahsedilen problemlerin önüne geçilmesi sağlanabilmektedir. Teknik olarak MSA&MA'lar aşırı uçucu katı madde içeriğine sahip olduğundan hızlı bir hidroliz olma özelliğinden dolayı ayrı olarak çürütüldüklerinde şiddetli bir asitleşmeye neden olurlar. Sonuç olarak metanlaşma aşaması inhibe olabilmektedir (Ward ve diğ., 2008; Jiang ve diğ., 2012). Bu durum meyve atıklarının endüstriyel ölçekte arıtımını sınırlandırmaktadır. Günümüzde farklı substratlar için yardımcı

çürütme (co-digestion) anaerobik mikroorganizmalar için besi elementlerini dengelemek ve çürütmenin stabilitesi ile metan üretimini geliştirmenin etkili bir yolu olarak kabul edilmektedir (Cavinato ve diğ., 2013). Birkaç çalışmada MSA&MA'larının diğer substratlarla birlikte yardımcı çürütme işleminin daha stabil çürütme performansı sağladığı kanıtlanmıştır (Dinsdale ve diğ., 2000; El-Mashad ve Zhang, 2010., Kafle ve diğ., 2012). Gıda atıklarının anaerobik arıtımının yapıldığı sistemlerin yüksek organik yüklemelerde işletilmesinin zor olduğu bildirilmiştir (Mata- Alvarez ve diğ., 1992). Organik yükleme hızı 3,0 g UKM /L.gün'e artırıldığında aşırı derecede uçucu yağ asitleri oluşumu nedeni ile anaerobik çürütme işlemi başarısızlıkla sonuçlanmıştır (Lin ve diğ., 2011). Metanojenik ve metanojenik olmayan asidojenik gibi mikroorganizmalar besin ihtiyaçları, fizyolojisi, gelişim ve metabolik karakteristikleri ve çevresel faktörlere karşı hassasiyetleri birbirinden oldukça farklı olduğundan (Yu ve diğ., 2012) artan organik yüklemelerde reaktörün olumsuz etkilenmesinin önüne geçmek için metanlaşma fazı ile asitleşme fazının ayrılmasının faydalı olabileceği ileri sürülmüştür (Wang ve diğ., 2014).

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Atık Karakterizasyonu

Proje süresince ham madde olarak Aksaray Üniversitesi yerleşkesi içinde bulunan sosyal tesisler bünyesindeki yemekhaneden temin edilecek olan katı atıklar kullanılacaktır. Bu çalışmada ilk olarak anaerobik reaktöre beslenecek olan ham atığın karakterizasyon çalışması yapılacaktır. MSA&MA'ların çürütülmeyecek kısmı olan plastik, çatal, kemik vs gibi bileşenleri reaktör sistemine beslenmeden önce ayıklanacaktır. Bu işlemden sonra endüstriyel parçalayıcı (Nero Professional Bl-40 El Blender Güç 400W, Devir hızı: maks:11000 rpm) ile atıklar parçalanarak atıklar homojenize edilmiştir. Homojenize edilen atıklar gerektiğinde belli oranda sulandırılarak reaktöre beslenmiştir. Beslemeden önce atıklarda % nem, toplam katı madde (TKM), uçucu katı madde (UKM), pH, toplam organik karbon (TOC) toplam azot (TN), toplam fosfor (TP) analizleri gerçekleştirilecektir.

3.2. İki Fazlı Pilot Ölçekli Reaktör Sistemi

Üniversite kampüs yemekhanesinin arka kısmına aşağıdaki şekilde verilen reaktör sistemi kurulmuştur. Literatürdeki çalışmalar iki fazlı anaerobik çürütme sistemlerinde tek fazlı sisteme kıyasla daha fazla organik yüklemelerde sorunsuz bir işletim yapıldığını gösterdiğinden

bu çalışmada iki fazlı anaerobik çürütme sistemi tercih edilmiştir. Asidojenik faz reaktörü yaklaşık çalışma hacmi 500 L olarak tasarlanmıştır. Atıklar homojenize olarak öncelikle bu tanka beslenmiştir. Tank ilk işletilirken aşılanmamıştır. Bu reaktöre beslenen atık hacmi kadar asitleşmiş atık 750 L hacimli metanlaşma fazı reaktörüne beslenmiştir. Asit reaktör çıkışından alınan örneklerde ve metan reaktörü çıkışından alınan örneklerde uçucu yağ asitleri (UYA) gerçekleştirilecektir. Metan tankından elde edilen biyogaz kompresör ile basınçlı tankta biriktirilecek ve daha sonra ihtiyaç duyulan yerde yakılacaktır. Reaktörde başlangıçta izolasyon yapılmamış iklim şartlarında biyogaz üretimi araştırılmıştır. Metan reaktörü içerisindeki su sıcaklığı sürekli bir şekilde ölçülüp kaydedilecektir. Reaktörün metan fazı kısmı 1 m3'lük Sütaş tesisi biyogaz tesisinden alınan çamurla aşılanmıştır. Metan reaktörü her besleme esansında yaklaşık 1'er dakika mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır.

Şekil 1. Biyogaz üretim sisteminin teknik gösterimi

3.3. Analitik Yöntemler

İki kademeli çürütme işleminde gaz üretim hızı gaz sayacı ile ölçülmüştür. Biyogaz içerisindeki metan yüzdesi methane gas analyzer Drager Pac®Ex (Hamburg, Germany) cihazı ile ölçülecektir. Toplam alkalinite ve UYA Anderson ve Yang (1992) tarafından ileri sürülen UYA lerini ve bikarbonat alkalinitesi ölçümü testinin modifikasyonu ile, TKM, UKM, çözünmüş KOİ, Toplam Fosfor (TP), Amonyak, Toplam Azot (TN), (Shimadzu TOC-VCPN (total organic carbon analyzer)/TNM-1 (total nitrogen measuring unit, Japan) ve pH American Public Health Association (APHA) Standart Metotlara (APHA, 2005) göre ölçülmüştür.

Beslemedeki KOİ, TP, TN analizleri mikrodalga cihazı ile ya da yaş yöntemle sıvılaştırma işleminden sonra yapılacaktır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İki Fazlı Anaerobik Çürütmenin performansı

Önceki kısımlarda şematik olarak Şekli yukarıda verilen iki fazlı anaerobik çürütme sistemi kampüs yemekhanesinin arka kısmında kurulmuş (Foto 1) ve yemekhane atıkları ile beslenmeye başlanmıştır. Henüz tartışılacak veriler elde edilemediğinden benzer bir çalışmanın (Wang ve diğ., 2014) bulgu ve sonuçları tartışılmıştır.

Fotoğraf 1. Pilot ölçekli anaerobik çürütme tesisi ve beslemede homejen hale getirme işlemi

Biyogaz üretimi yapılan çalışmada artan organik yüklemelerde test edilmiştir. Reaktördeki organik yüklemeler ve reaktör sisteminin performansı ekte Tablo 1'de verilmektedir. İşletme süresi boyunca biyogaz üretim hızı, pH, OYH değişimleri Şekil 2'de verilmektedir. Sistemde organik yüklemenin 1,0 g UKM/L.gün den 3,0 g UKM/L.gün'e 2,66 L CH_4 / L.gün'e çıkmıştır. Organik yükleme hızı 4,0 gUKM/L. gün'ün üstüne çıkıldığında reaktörde kararsızlıklar görülmeye başlanmış, 4,5 gUKM/L.gün aştığında sistem kararlı bir şekilde çalıştırılamadığından maksimum organik yükleme hızı 4,5 gUKM/L.gün olarak tespit edilmiştir. Artan organik yüklemeler ile sistem çıkışında pH değerinin düşmesi (7,15-7,01), $KOİ_{çöz}$ (996,6 -6464,8 mg/L) , UYA (135,6-2582,0 mg/L) ve NH_4^+-N (692,0 -1258,7 mg/L) değerlerinin artması sistemdeki bozulmaya işaret etmektedir.

Tablo 1. İki fazlı bir anaerobik çürütme sisteminde performans parametreleri (Wang ve diğ., 2014),

Parametreler	**Pilot ölçekli sistemde organik yükleme hızı (OYH) değerleri, g UKM/L.gün**				
	1,0	2,0	3,0	4,0	4,5
İşletme Koşulları					
Çalışma peryodu (gün)	29	22	26	43	32
Besleme TKM (g/L)	1,22	2,44	3,66	4,88	5,49
Besleme UKM (g/L)	0,99	1,98	2,98	3,97	4,47
HBS (gün)	30[a]	30	30	30	30
Çıkış suyu karakteristikleri					
Çıkış TKM (g/L)	0,13	0,42	0,76	1,04	1,29
Çıkış UKM (g/L)	0,07	0,17	0,26	0,83	1,24
UYA (mg/L)	135,6	280,4	320,8	1280,7	2582,0
NH_4^+-N (mg/L)	692,0	830,7	868,0	917,3	1258,7
Alkalinite (mg/L)	4300	3800	4850	5063	6573
$KOİ_{çöz}$, (mg/L)	996,6	1451,3	1459,6	4438,8	6464,8
pH	7,15	7,08	7,36	7,05	7,01
Sistemin performans özellikleri					
TKM giderim yüzdesi (%)	87,0	82,3	79,20	78,60	70,60
UKM giderim yüzdesi (%)	91,0	89,4	89,2	73,9	65,4
Biyogaz üretim hızı (L/L.gün)	0,92±0,47[b]	1,65±0,21	2,66±0,46	3,24±0,45	3,17±0,43
Metan yüzdesi (%)	66,2	66,8	65,7	65,0	64,8
Metan verimi (L CH_4/g UKM)	0,64±0,05	0,57±0,03	0,61±0,09	0,53±0,007	0,46±0,06

[a]Sistem iki fazlı olduğundan asit reaktörü 10 gün, metan reaktörü 20 gün olmak üzere toplam 30 günlük HBS kullanılmıştır.
[b]± standart sapmaları göstermektedir.

Şekil 2. İki fazlı bir anaerobik çürütme sisteminde değişen organik yükleme ile biyogaz üretim hızı ve pH değişimleri (Wang ve diğ., 2014).

4.2. İki Fazlı Anaerobik Çürütmenin Maaliyet Analizi

Yapılan yukarıdaki çalışmada (Wang ve diğ, 2014) fayda (biyogaz ve çıkış suyu) ve maliyet (Elektrik, işgücü, su tüketimi) analizi yapılarak sistemin uygulanabilirliği dolayısıyla sürdürülebilirliği de tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu sistem için dikkate alınan maliyet ve fayda kalemleri Şekil 3'de gösterilmektedir.

Şekil 3. İki fazlı bir anaerobik çürütme maliyet ve fayda bileşenleri (Wang ve diğ., 2014)

Şekilde hammadde Kampüs alanından temin edildiğinden bir maliyet unsuru olmamıştır. İşgücü maaliyeti besleme ve sitemin yönetimi için gereklidir. Elektrik tüketimi

besleme homojenizasyonu, pompaj maliyeti, reaktör karıştırma ve reaktörlerin ısıtılması için gereklidir. Su tüketimi organik yüklemelerin ayarlanmasında ve beslemelerin hazırlanması için yapılmıştır. Faydalı çıktı olarak mutfakta ısı enerjisi olarak kullanılan biyogaz ve organik gübre olarak kullanılan çıkış suyu (digestate) dikkate alınmıştır. Daha önce verilen farklı organik yüklemeler için maliyet ve fayda analizi 2012 fiyatları ile Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. İki fazlı bir anaerobik çürütmenin malliyet ve fayda analizi (Wang ve diğ., 2014),

Parametre	**Pilot ölçekli sistemde organik yükleme hızı (OYH) değerleri, g UKM/L.gün**		
	1,0	2,0	3,0
Beslemenin kütlesi (ton/gün)	0,0292	0,0585	0,0876
Biyogaz üretim hızı (m^3/gün)	1,0	7,08	11,92
Elektrik tüketimi, (kWh/gün)	24	28	33
Su tüketim maliyeti ($/gün)[a]	0,109	0,091	0,072
İşgücü maliyeti, ($/gün)	3,204	3,204	3,204
Elektrik enerjisi maliyeti, ($/gün)	1,570	1,884	2,590
Toplam işletim maaliyeti ($/gün)	4,883	5,179	5,867
Biyogaz enerji kazancı ($/gün)	1,461	2,586	4,354
Çıkış suyu gübre kullanım kazancı ($/gün)	1,442	1,922	2,403
Toplam işletim kazancı ($/gün)	2,903	4,508	6,757
İşletim kazancı ($/gün)	-1,980	-0,671	0,891
Net kazanç ($/ton)	-67,83	-11,470	10,173

[a] Su tüketim maaliyeti= su tüketim hacmi x su fiyatı (0,6408$/ton)
[b]İş gücü maaliyeti = çalışma saati (1 saat) x İşgücü ücreti (3,204 $/saat). Beslemenin hazırlanması ve sistemin kontrolü için 1 saat öngörülmüştür.
[c] Elektrik tüketim maliyeti = tüketilen elektrik (kWh) x elektrik fiyatı (0,078$/kWh)
[d]Toplam işletim maaliyeti = su tüketim maliyeti ($/gün) + İşgücü maliyeti, ($/gün) + Elektrik enerjisi maliyeti, ($/gün)
[e]Biyogaz enerji kazancı = biyogaz üretimi (m^3/gün) x biyogaz fiyatı (0,365 $/$m^3$)
[f]Çıkış suyu gübre kullanım kazancı = çıkış suyu hacmi (m^3/gün) x çıkış suyu fiyatı ($/$m^3$) . Fiyat çıkış suyunun bileşimine bağlı olmakla birlikte yerel pazar fiyatları 7,209-12,015 ($/$m^3$) arasında değişmektedir.
[g]Toplam işletim kazancı = biyogaz enerji kazancı + Çıkış suyu gübre kullanım kazancı
[h] İşletim kazancı = Toplam işletim kazancı - toplam işletim maliyeti
[i]Net kazanç= İşletim kazancı ÷ Beslemenin kütlesi

Fayda maliyet analiz tablosu değerlendirildiğinde bu işlemden elde edilen karın OYH ile doğrudan ilikili olduğu görülmektedir. Eğer sisteme iyi yükleme yapılıp verimli çalıştırılamaz ise kar edilemeyecek dolayısı ile sürdürülebilir bir faaliyet olmayacaktır. Bu şekilde bir tesisi karlı bir şekilde işletmek içim en azından 3 g UKM/L.gün OYH'de işletmek gerekmektedir.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Aksaray Üniversitesi Kampüsü Sosyal tesisler personel ve öğrencilerin faydalandığı mutfak ve yemekhane atıklarının değerlendirilmesi için tasarlanan ve kurulumu yapılan iki fazlı anaerobik çürütme tesisinin sürdürülebilir bir şekilde uygulanabilirliği literatürdeki benzer çalışmalardan faydalanılarak değerlendirilmiştir. Literatürdeki benzer bir çalışma bulguları değerlendirildiğinde bu sistemin karlı bir şekilde işletilebilmesi için OYH >3 g UKM/L.gün üzerinde işletilmesi gerekmektedir. Literatürdeki çalışmada (Wang ve diğ., 2004) reaktörün ısıtılması ve reaktörün karıştırılmasına elektrik enerjisi harcanmaktadır. Bizim önerdiğimiz sistemde iklim şartlarında ve el ile mekanik karıştırma biyogaz üretimi araştırılacağından bu gider kalemleri olmayacağından daha karlı işletilebileceği beklenmektedir. Çalışma henüz start up aşamasında olup yakın zamanda 3 g UKM/L.gün organik yüklemelerde reaktör sistemi işletilip performansı değerlendirilecektir. Sistemin yüksek yükleme hızlarında verimli çalışması uygulanabilirliği için ene önemli gösterge olduğundan mümkün olan en yüksek organik yüklemeye erişilmeye çalışılacaktır. Reaktör sistemi havalar soğumaya başladığında izolasyon yapılıp hava şartlarından asgari olarak etkilenmesi sağlanacaktır. Kentsel atıkların bir bileşeni olan ve özellikle otellerden açığa çıkan mutfak ve yemekhane atıklarının bertarafı ülkemizde genellikle düzenli depolama alanlarında bertaraf şeklindedir. Organik kökenli bu atıkları kentsel katı atıklara karıştıktan sonra ayrılıp değerlendirilmesi oldukça zahmetli ve ekonomik değildir. Bu nedenle bu çalışmada pilot ölçekli bir örneğini yaptığımız bu tesisin özellikle büyük yemekhanelerde ve otellerde oluşan organik içeriği yüksek ve çok hızlı biyolojik olarak parçalanma özelliğine sahip mutfak ve yemekhane atıklarının değerlendirilmesi için uygun olacağını ileri sürülmektedir. Sistemin tasarlanması esnasında işletim giderlerini mümkün olduğunca düşük olması amaçlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma ASÜ BAP birimi tarafından 2017-020 Nolu proje ile desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Anderson G.K. ve Yang, G., 1992. Determination of bicarbonate and total volatile acid concentration in anaerobic digesters using a simple titration, Water Environ. Res. 64, 53–59.

Anonim, 1998. Biogas and More! (Dergi). Anaerobic Digestion Systems and Markets Overviev, IEA Bioenergy, Anaerobic Digestion Activity, Resource Development Associates, Washington DC, USA

APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Washington, DC, New York, USA.

Cavinato, C., Bolzonella, D., Pavan, P., Fatone, F., Cecchi, F., 2013. Mesophilic and thermophilic anaerobic co-digestion of waste activated sludge and source sorted biowaste in pilot- and full-scale reactors. Renew. Energy 55, 260–265.

Dinsdale, R.M., Premier, G.C., Hawkes, F.R. ve Hawkes, D.L., 2000. Two-stage anaerobic co-digestion of waste activated sludge and fruit/vegetable waste using inclined tubular digesters. Bioresour. Technol. 72, 159–168.

El-Mashad, H.M. ve Zhang, R., 2010. Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. Bioresour. Technol. 101, 4021–4028.

Evliya, H., 1964. Kültür Bitkilerinin Beslenmesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Sayı:10

Ferreira, L.C., Donoso-Bravo, A., Nilsen, P.J., Fdz-Polanco, F. Ve Pérez-Elvira S.I., 2013. Influence of thermal pretreatment on the biochemical methane potential of wheat straw, Bioresource Technology, 143, 251-257.

Hartmann, H. ve Ahring, B.K., 2006. Strategies for the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste: an overview. Water Sci. Technol. 53,7–22.

Jiang, Y., Heaven, S. ve Banks, C.J., 2012. Strategies for stable anaerobic digestion of vegetable waste. Renew. Energy 44, 206–214.

Kafle, G.K., Kim, S.H., Sung, K.I., 2012. Batch anaerobic co-digestion of Kimchi factory waste silage and swine manure under mesophilic conditions. Bioresour. Technol. 124, 489–494.

Kizilaslan, N. ve Kizilaslan, H., 2007. Turkey's biogas energy potential, Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy, 2, 277–286.

Kuglarz, M., Karakashev, D. and Angelidaki, I., 2013. Microwave and thermal pretreatment as methods for increasing the biogas potential of secondary sludge from municipal wastewater treatment plants, Bioresource Technology, 134, 290-297

Lin, J., Zuo, J.E., Gan, L.L., Li, P., Liu, F.L., Wang, K.J., Chen, L., Gan, H.N., 2011. Effects of mixture ratio on anaerobic co-digestion with fruit and vegetable waste and food waste of China. J. Environ. Sci.-China 23, 1403–1408.

Mata-Alvarez, J., Cecchi, F., Llabrés, P. ve Pavan, P., 1992. Anaerobic digestion of the Barcelona central food market organic wastes. Plant design and feasibility study. Bioresour. Technol. 42, 33–42.

Wang, L., Shen, F., Yuan H., Zou, D., Liu, Y., Zhu, B. ve Li, X., 2014. Anaerobic co-digestion of kitchen waste and fruit/vegetable waste: Lab-scale and pilot-scale studies, Waste Management, 34, 2627–2633.

Ward, A.J., Hobbs, P.J., Holliman, P.J. ve Jones, D.L., 2008. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. Bioresour. Technol. 99, 7928–7940.

Wellinger, A., Edelman, W., Favre, R., Seiler, B. und Worschitz. D., 1984. Biogas Handbuch. Grundlagen Planung Betrieb Landwirtschaftisher Biogasnalagen. Verlag Wirz, Aarau.

Yu, L., Zhao, Q.B., Ma, J.W., Frear, C., Chen, S.L., 2012. Experimental and modeling study of a two-stage pilot scale high solid anaerobic digester system. Bioresour. Technol. 124, 8–17.

AKSARAY YERALTI ve YÜZEYSEL SU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Burcu ÇAL, Samet ÖZCAN
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
burcucal90@hotmail.com, sametozcan@hotmail.com

ÖZET: Günümüzde yeraltı ve yüzeysel sularının kalitesinin izlenmesi su kaynaklarının kısıtlı olması nedeniyle çok önemlidir. Bu çalışmada Aksaray İline içme ve kullanma suyu sağlayan yeraltı ve yüzeysel suların kalitesini gözlemlemek amacıyla 2 noktadan farklı zamanlarda 3 kez örnekleme yapılarak temel fizikokimyasal parametreler ve ağır metal analizleri yapılmıştır.TS266 (Türk Standartları 266) İnsani Tüketim Amaçlı Sular kriterlerine göre ise içme ve kullanma suyu sınır değerlerini karşılaştırılarak değerlendirmeleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Yüzeysel su, Yeraltı suyu, Su Kalitesi*

1. GİRİŞ

Su, insanlığın varoluşundan bu yana yaşamın devamlılığı açısından en önemli doğal kaynaklarımızdan biri olmuş ve tarih boyunca medeniyetlerin yaşam tarzları, yerleşim yerleri, geçinme şekilleri gibi birçok unsur üzerinde belirleyici etki oluşturmuştur [9]. Çevresinde köklü uygarlıklar ve medeniyetler kurulmuş, daha iyi yararlanabilmek için çeşitli yapılar inşa edilmiştir. Dünyamızın dörtte üçü sularla kaplı olmasına rağmen bu suyun %97,4'ü okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su formundadır ve antropojenik faaliyetlerde kullanılabilirliği sınırlıdır. Geriye kalan %2,6'lık tatlı su rezervinin de büyük kısmı buzullarda (%79),bir kısmı da yeraltı suyu(%20) olarak bulunmaktadır ve insanlık olarak dünyadaki toplam su stoklarının sadece %0,26'lık kısmını kullanabiliyoruz[1, 4, 7, 11].

Günümüzün en önemli sorunlarından biri temiz ve sürdürülebilir su kaynaklarına olan ihtiyaçtır. Özellikle dünya genelinde gözlenmeye başlanan iklim değişikliği, artan sulama suyu ihtiyacı, kullanılmış suların gelişigüzel doğal ortama verilmesi gibi faktörlere bağlı olarak kullanılabilir yüzeysel su kaynaklarının miktarı azalmakta ve kalitesi de bozulmaktadır. Buna bağlı olarak, içme, kullanma ve sulama suyu temininde yeraltı sularına giderek artan bir talep olduğu görülmektedir. Söz konusu talebin doğal sonucu olarak yeraltı su kaynaklarından yapılan aşırı çekimler, rezervlerin hızla tükenmesine neden olmaktadır. Ayrıca, insan ve doğal kaynaklı kirlilik unsurları neticesinde yeraltı suları da giderek kirlenmektedir[6]. Bu durum bize insan/su ilişkisini kurarken insan/doğa ilişkisine bakmayı da zorunlu kılıyor. Bu anlamda doğa insanlığın bedeni ise doğanın bedenini ayakta tutan da su ise bu ayakta durma halinin bir sendeleme ilişkisine dönüştüğü söylenebilir[10].

Yirminci yüzyılda dünya nüfusunun üç kat artmasına karşılık su kaynaklarının kullanımı altı kat artmıştır. Bu arada sınırlı olan su kaynaklarının bir kısmı endüstrileşme ve

hızlı şehirleşme sonucu hızla ve bilinçsiz bir şekilde tüketilirken bir kısmı da kirletilerek kullanılamaz ve çevreye zarar verir hale gelmiştir[7].

Küresel boyuttaki sorunlardan birisi de yeryüzündeki su kaynaklarının zamansal ve mekânsal olarak eşit dağılmamış olmasıdır. Bazı bölgeler çok fazla miktarda suya sahip olurken bazı bölgeler su kıtlığı çekmektedir.

Ülkemizde yıllık ortalama yağış metrekareye 643 mm'dir. Bu da 501 milyar m^3 suya karşılık gelmektedir. 501 milyar m^3 suyun; 274 milyar m^3 'ü toprak, bitki ve su yüzeylerinden buharlaşarak geri atmosfere dönmekte, 69 milyar m^3 'lük kısmı yeraltı sularını beslemekte, 158 milyar m^3 'lük kısmı ise yüzey akışa geçerek nehirleri ve gölleri beslemekte, denizlere gitmektedir. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m^3 'lük suyun 28 milyar m^3 'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden yurdumuza gelen yılda ortalama 7 milyar m^3 su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü su potansiyeli (158+28+7) 193 milyar m^3 olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen (69-28) 41 milyar m^3 de dikkate alındığında ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt (41+193) 234 milyar m^3'tür. Ancak, günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli amaçlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü su potansiyeli yurtiçindeki akarsulardan 95 milyar m^3, komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m^3 olmak üzere yılda ortalama (95+3) 98 milyar m^3,14 milyar m^3 olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yer altı su potansiyeli yılda ortalama toplam (98+14) 112 milyar m^3 olmaktadır [7].

Tüm Dünyada olduğu gibi kirlilik, ülkemizin doğal kaynaklarını baltalamaktadır. Sınırlı olan bu kaynakların verimli ve etkin bir şekilde kullanılması, gerekli durumlarda yeniden yapılandırılması için konu ile ilgili analizlerin yapılması gerekmektedir [5]. Kirlenen kaynaklarımızın kalite yönünden incelenmesi ve mevcut duruma göre tedbir alınması önem arz etmektedir. Su kalitesinin bilinmesi, mevcut kalitenin korunması ya da iyileştirilmesi açısından ve suyun kullanım amacının belirlenmesi açısından gereklidir [12].

2. Çalışma Alanı

Aksaray, 15.06.1989 gün ve 3578 sayılı kanun ile Niğde'den ayrılarak il statüsü kazanmıştır. İç Anadolu Bölgesinde Niğde'nin kuzeybatısında, Konya'nın doğusunda, Ankara'nın güneydoğusunda yer almaktadır. 396673 nüfusa (2016), 7626 km^2 yüz ölçümüne

sahiptir. 2016 TÜİK verilerine göre merkez ilçeyle beraber 7 ilçe, 22 belediye, bu belediyelerde 153 mahalle ve ayrıca 177 köyü vardır.

Şekil 1: Aksaray'ın Yeri ve Konumu

Bu çalışmada ise Aksaray'ın içme ve kullanma suyu ihtiyacını sağlayan yüzeysel su kaynağı Mamasın Barajı (MB)(Şekil 2) ve ihtiyacı sağlayan diğer bir kaynak ise yeraltı kaynak suyu olan Bağlıköy (BK) kaynaklarından 3 farklı zamanda alınan örnekler analiz edilerek kalite parametreleri değerlendirilmiş ve zamansal farklılıklar gösterilmiştir. Şekil 2'de Mamasın barajının görüntüsü ve özelikleri, Şekil 3'de ise Bağlıköy kaynağının bulunduğu bölgenin uydu görüntüsü verilmiştir.

MAMASIN BARAJI	
Adı	MAMASIN
Yeri	Aksaray
Akarsu	Uluırmak
Amaç	Sulama+İçmesuyu
İnşaatın Başlama-Bitiş Yılı	1957 - 1962
Gövde Dolgu Tipi	Kaya
Gövde Hacmi	400 dam^3
Yükseklik (Talvegden)	45 m
Normal Su Kotunda Göl Hacmi	166 hm^3
Normal Su Kotunda Göl Alanı	16 km^2
Sulama Alanı	24854 ha
Güç	MW
Yıllık Üretim	GWh

Şekil 2:Mamasın Barajı Genel Özellikleri [13]

Şekil 3:Bağlı köy Uydu Görüntüsü [14]

Bağlı Köyü Aksaray ilinde yer almakta olup merkez ilçesine bağlıdır. Bağlı Köyü bağlı Aksaray Merkez ilçe merkezine 13 kilometre mesafe uzaklıktadır. Aksaray iline içme kullanma suyu sağlayan sondaj metoduyla çıkarılmamış yeraltından doğal olarak kaynayan bir su kaynağıdır.

3. MATERYAL VE METOT

Aksaray İline içme ve kullanma suyu sağlayan yeraltı ve yüzeysel suların kalitesini belirlemek amacıyla TS266'da belirtilen esaslara uygun olarak numuneler alınmıştır. Farklı zamanlarda alınan örneklerin pH, Elektriksel İletkenlik, Renk, Bulanıklık, Toplam Sertlik, Alkanite, Toplam Organik Karbon, Toplam Azot, Toplam Çözünmüş Katı Madde, Anyon ve Ağır Metal analizleri yapılmıştır. Arazide yerinde ölçülmesi gereken pH ve Elektriksel İletkenlik parametreleri numuneler alınırken arazide ölçülmüş ve diğer tüm parametreler Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuarı'nda standart metotlar kullanılarak analiz edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Aksaray İline içme ve kullanma suyu sağlayan yer altı ve yüzeysel suların kalitesinin gözlemlemek amacıyla 2 noktadan 3 farklı zamanlarda örnekleme yapılarak temel

fizikokimyasal parametreler ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları zamansal farklılıklara göre incelenmiş, farklılıklar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Zamansal Analiz Sonuçları

ÖRNEK GELİŞ TARİHİ		24.02.2017		07.03.2017		04.04.2017		Türk Standartları		
ANALİZ TARİHİ	YÖNTEM	28.02.2017		14.03.2017		11.04.2017		Sınıf 1 ve Sınıf 2 Tip 1	Sınıf 2 Tip 2	Birim
PARAMETRE		BK	MB	BK	MB	BK	MB			
					Ağır Metaller					
Antimon	SM 3120 B	20970	8360	20460	8218	16820	6.235	5.000	5.000	µg/l
Arsenik	SM 3120 B	38.26	41.25	39.86	43.22	40.84	46.90	10.00	10.00	µg/l
Bor	SM 3120 B	336.0	961.0	330.0	960.0	320.0	952.0	1.000	1.000	µg/l
Bromat	SM 4110 B	151.3	1978	30.50	161.3	178.7	93.10	10.00	10.00	µg/l
Kadmiyum	SM 3120 B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.000	5.000	µg/l
Krom	SM 3120 B	16.00	14.00	15.00	14.00	15.00	14.00	50.00	50.00	µg/l
Bakır	SM 3120 B	118.0	121.0	118.0	123.0	115.0	116.0	100	2000	µg/l
Kurşun	SM 3120 B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.00	10.00	µg/l
Civa	SM 3120 B	181.0	182.0	178.0	177.0	181.0	181.0	1.000	1.000	µg/l
Nikel	SM 3120 B	3.000	0.000	4.000	0.000	3.000	0.000	20.00	20.00	µg/l
Demir	SM 3120 B	15.00	17.00	6.000	30.00	19.00	33.00	50.00	200.0	µg/l
Mangan	SM 3120 B	39.00	52.00	39.00	55.00	39.00	64.00	20.00	50.00	µg/l
Alüminyum	SM 3120 B	213.0	254.0	213.0	255.0	195.0	252.0	200.0	200.0	µg/l
Selenyum	SM 3120 B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.00	10.00	µg/l
Kalsiyum	SM 3120 B	0.046	6.212	52.04	27.04	50.66	25.34			mg/l
Magnezyum	SM 3120 B	24.51	16.15	23.89	16.18	22.29	14.74			mg/l
Sodyum	SM 3120 B	35.85	37.48	36.71	51.73	45.23	49.12	100.0	200.0	mg/l
Potasyum	SM 3120 B	5.316	11.51	4.823	10.58	4.965	10.65			mg/l
					Anyonlar					
Florür	SM 4110 B	0.187	0.318	0.244	0.235	0.240	0.177	1.000	1.500	mg/l
Fosfat	SM 4500 PC	0.636	0.056	0.610	0.028	1.547	0.040			mg/l
Klorür	SM 4110 B	29.62	49.73	33.54	55.44	34.74	56.79	30.00	250.0	mg/l
Nitrat	ISO 7890/1	7.202	0.005	8.465	1.502	10.37	1.731	25.00	50.00	mg/l
Nitrit	EPA 354.1	0.002	0.367	2.704	0.145	0.000	0.080	0.100	0.500	mg/l
Sülfat	EPA 375.4	15.63	18.31	19.02	21.07	19.09	23.75	25.00	250.0	mg/l
					Organik Parametreler					
Toplam Org Karbon	SM 5310 B	0.000	0.370	0.000	1.704	0.000	1.980	*	*	mg/l
Toplam Azot	EN ISO 11905-1	0.735	0.288	0.707	0.270	0.991	0.513			mg/l
					Diğer Parametreler					
Renk(Pt-CoSkalası)	SM 2120 C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	23.45	1.000	20.00	mg/l
Bulanıklık	SM 2130 B	0.240	4.086	0.010	3.610	0.190	5.900	5.000	5.000	NTU
İletkenlikms/cm	SM 2510 B	648.0	585.0	624.0	544.0	672.0	559.0	650.0	2500	ns/cm
PH	SM 4500-H	6.760	7.830	6.740	8.140	6.520	8.240	6.5-9.5	6.5-9.5	Ph Birimi
Amonyum	SM 4500 B-C	0.018	0.008	0.000	0.473	0.000	2.250	0.050	0.500	mg/l
Toplam Sertlik	SM 2340 C	264.0	140.0	238.0	154.0	264.0	136.0			mg/l
Alkanite	SM 2320 B	1000.0	600.00	1012.0	650.0	1022.5	670.0			mg/l
Toplam Çözünmüş Katı Madde	SM 2540 C	489.0	410.0	480.0	417.0	493.0	413.0			

(*) Fark edilebilir bir değişiklik gözlenmemelidir.

Sınıflandırma;

Bu Standard kapsamına giren sular;

Sınıf 1 - Kaynak (memba) suları.
Sınıf 2 - Kaynak suları dışındaki insanî tüketim amaçlı sular olmak üzere iki sınıftır.

Tipler;
Sınıf 1 sular bir tiptir.
Sınıf 2 sular;
Tip 1 - İşlem görmüş kaynak (memba) suları.
Tip 2- içme ve kullanma suları olmak üzere iki tiptir.

Tablo2: İçme suyu Kalite Parametreleri Karşılaştırması

İÇME SUYU KALİTE PARAMETRE DEĞERLERİ (Kabul Edilebilir Maksimum Değerler)			
STANDARTLAR	TSE 266 Türk Standartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Teşkilatı
Mikrobiyolojik EMS/100 mL			
Toplam Koliform	0	0	0
Escherichia Coli (E. Coli)	0	0	0
C.perfringens	0	0	0
Enterokok	0	0	0
Kimyasal mg/L			
Nitrat (NO3)	50	50	50
Nitrit (NO2)	0.50	0.50	0.50
Bor (B)	1	2	2
Nikel (Ni)	0.02	0.02	0.02
Arsenik (As)	0.01	0.01	0.01
Kadmiyum (Cd)	0.005	0.005	0.003
Krom Toplam (Cr)	0.05	0.05	0.05
Florür (F)	1.50	1.50	1.50
Kurşun (Pb)	0.01	0.01	0.01
Siyanür (CN)	0.05	0.05	0.07
Bromat (Br)	0.010	0.010	0.025
Benzen (C6H6)	0.001	0.001	0.010
Selenyum (Se)	0.010	0.010	0.010
Antimon (Sb)	0.005	0.005	0.005
Bakır (Cu)	2,0	2,0	2,0
Gösterge mg/L			
pH (pH)	6.5-9.5	6.5-9.5	6.5-8.5
Renk(Co-Pt birimi)	20	20	15
Bulanıklık(NTU birimi)	5,0	4,0	5,0
İletkenlik 20' (uS/cm)	2500	2500	2500
Koku	Kokusuz		
Demir (Fe)	0.2	0.2	0.3
Mangan (Mn)	0.05	0.05	0.10
Alüminyum (Al)	0.20	0.20	0.20
Amonyum (NH4)	0.50	0.50	1.50
Sodyum (Na)	200	200	200
Klorür (Cl)	250	250	250
Sülfat (SO4)	250	250	250
Sertlik(CaCO3)			500

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan araştırmalar sonucunda, kaynaklarımızda; arsenik miktarı örneklerimizde sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. Son yıllarda arseniğin toksik ve kanserojen kirletici olarak daha sık gündeme gelmesinin standartlardaki seviyenin düşürülmesinin yanı sıra önemli bir nedeni de küresel ısınmadır. Pek çok bölgede küresel ısınma, kuraklık, aşırı kullanım ve su yönetiminin iyi bir şekilde yapılamaması sonucu kuyu suyu seviyelerinde düşme gözlenmektedir. Su miktarının azalması ve suyun bulunduğu derinlikteki kaya türü, mineral ve cevher yapı arsenik konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır. Arseniğin düşük konsantrasyonlarda olması durumunda bile uzun yıllar alınması sonucu insan sağlığı üzerinde çok ciddi sonuçlara neden olmasından dolayı belediyelerin mutlaka yerleşim bölgelerine verilen suların arsenik seviyelerinin sınırların altında kalmasını sağlaması gerekmektedir.

İçme suyu ile arseniğe maruz kalmanın etkileri arasında çeşitli deri lezyonları, nörolojik etkiler, hipertansiyon, kalp-damar hastalıkları, solunum rahatsızlıkları, şeker hastalığı, ödem, kangren, ülser, cilt ve başka kanser türleri, düşük, ölü doğum, prematüre doğumlar, halsizlik, zayıflama, uyuşukluk, kansızlık, bağışıklık sistemine verilen zararlar sayılabilir[8].

Antimon, sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Yapı bakımından arseniğe benzer ve fizyolojik etkisi de aynıdır. Kanda kolesterol düşer ve kan şekeri yükselir. Genelde endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanır. Metal borular ve tesisattan kaynaklı olarak da görülebilir[13].

Bor, Bor öncelikli olarak, borat ve borosilikat içeren kayalar ve topraklardan süzülme gibi doğal yollarla yeraltı sularında görülebilmektedir. Bor, Doğu Avrupa'daki su kaynaklarında 20 mg/L konsantrasyonlara kadar görülebilmekte iken, dünya bor rezervleri açısından ilk sırada yer alan Türkiye'nin boraks madenlerinin yoğun olduğu bir bölgede (Kütahya, Hisarcık köyü civarı) bor konsantrasyonları 2-29 mg/L değerleri arasında ölçülmüştür[3]. Yerüstü sularında borat konsantrasyonu daha çok atıksu deşarjlarından kaynaklanmakta olup, ev temizlik ürünleri sebebiyle oluşan bu durum, kullanımın azalmasına bağlı olarak su kaynaklarında görülme oranlarını da düşürmektedir. İçme suyu kaynaklarındaki bor konsantrasyonları çevrenin jeolojisi ve atıksu deşarjlarına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, içme suyundaki konsantrasyonu genel olarak 0,5 mg/L'nin altındadır [15]).

Bromat, ozonla yapılan dezenfeksiyonun yan ürünüdür. Bunların su ile alınması durumunda karaciğer, böbrek, merkezi sinir sistemi tahribatı ortaya çıkabilir, ayrıca kanser riski taşımaları da söz konusudur[16].

Civa, sınır değerlerin üzerinde belirlemiştir. Doğada en az bulunan elementlerden biri olan civa serbest halde nadir olarak görülmekte olup, genellikle sülfürlü bileşikler halinde bulunur. Organik civa bileşiklerinin kirletilmemiş içme suyu kaynaklarında bulunması beklenmemekle birlikte, inorganik civa ile kıyaslandığında toksik etkileri daha ciddidir. Metil civanın yağda çözünürlüğü inorganik civaya göre çok daha yüksek olması sebebiyle vücuttaki pek çok sisteme (beyin, omirilik, plesenta vb.) girebilmektedir [2]. Metil civa zehirlenmelerinin başlıca etkileri (Minamata hastalığı) ise çok ciddi ve kalıcı nörolojik bozukluklara ve zihinsel engellere sebep olabilmektedir.

Amonyum değeri sadece Nisan ayındaki analiz sonucunda MB kaynağında görülmüştür. Amonyumun kaynağı evsel ve endüstriyel kirlenme ve gübrelerdir. Tat ve koku problemi oluşturur, insan sağlığı üzerine de olumsuz etkileri vardır.

WHO'ya göre 500 mg/l $CaCO_3$ sertlik, maksimum sınır değer olarak verilmiştir. Sudaki kalsiyum ve magnezyumun bir fonksiyonudur. Suların sertliği kaynaktan veya toprak yapısından kaynaklanmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Atalık A., ''Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri'', Bilim Ve Ütopya, 139:18-21,2006
[2] Australian Government- National Health and Medical Research Council. (2014). *Australian Drinking Water Guidelines 6-2011.* Canberra.
[3] Çöl, M., Çöl, C., (2003). "*Environmental Boron Contamination in Waters of Hisarcik Area in the Kutahya Province of Turkey*", Food and Chemical Toxicology, Cilt 41
[4] Dağlı, H., '' İçmesuyu kalitesi ve insan sağlığına etkileri'' Bizim İller, İller Bankası Aylık Yayın Organı, Sayı3: 16-21,2005
[5] Gürçay, Ü., Tecim, V., (2006). Su Kaynaklarının ve Tüketiminin Cbs ile Analizi ve Yönetimi: Örnek Bir Uygulama. Fatih Üniversitesi, İstanbul 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 6s, İstanbul.
[6] Havıland, W. A., ''Kültürel Antropoloji (Çev: Hüsamettin İnanç, Seda Çiftçi)'', No:143, Sosyoloji Serisi:3. İstanbul: Kaktüs Yayınları,2002.
[7] İleri B.,GündüzO.,Elçi A., Şimşek C., Alpaslan N., ''Tahtalı Havzası Yeraltı Suyu Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Değerlendirilmesi'',7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi,2007, İzmir
[8] Karagas v.d., 2002; Mukherje v.d., 2003; Ali ve Tarafdar, 2003; Mazumder, 2003; Shrestha v.d., 2003; Chakraborti v.d., 2003; Xia ve Liu, 2004; Mukherjee v.d., 2005; Ehrenstein v.d., 2005; Rahman v.d., 2005;
[9] Özsoy, S.,(2009). Su ve Yaşam: Suyun Toplumsal Önemi. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı, Ankara.
[10] Su ve Yaşam,Algı Tanıtım,2012, Ankara
[11] Tokatlı C., '' Emet Çayı Su Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimlerinin Araştırılması'', Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi,2012.
[12] http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/SU_KALITESI_TRxm070515.sflb.ashx
[13] http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=13
[14]http://www.haritatr.com/bagli-koyu-haritasi-mb839
Caceres v.d., 2005; Ahamed v.d., 2006; Kelepertsis v.d., 2006
[15] http://www.permoakdeniz.com/icme_suyu_olcumu.html
[16] World Health Organization-WHO. (2011). *Guidelines for Drinking Water Quality.* 4th edn. Geneva: World Health Organization.

SIZINTI SUYU OLUŞUMU VE ARITIMI

Fatma GEVŞEK
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
fatmaagevsekk@gmail.com

ÖZET: Katı atık depolama alanlarında oluşan sızıntı suları genel olarak çöp içindeki nemin ve çöp depolama alanına düşen yağmur sularının sızması sonucu oluşan atık sulardır. Katı atık deponi alanı sızıntı suları özellikleri depolanan katı atığın nitelliğine göre değişmekle beraber içerdikleri yüksek organik madde miktardaki, azotlu maddeler, ağır metaller, organik ve inorganik tuzlardan dolayı yeraltı ve yüzey sularının kirletilmesinin yanında toprak kirlenmesine de neden olmaktadır. Deponilerde sızıntısuyun kalitesinin ve miktarının belirlenmesi ve kontrolu deponin uzun süredeki çevresel etkilerinin neler obileceğini saptamak açısından çok büyük bir önem arzetmektedir. Deponi sızıntı sularının arıtımında havalandırmalı lagünler veya aktif çamur havuzları sık kullanılan pratik uygulamalardandır. Ancak, sızıntı suyu içerisindeki parametrelerden KOİ ve AOX değerleri oldukça yüksektir. Bu nedenle de konvansiyonel arıtma sistemlerine alternatif olarak ya da ilave olarak fiziksel-kimyasal arıtma teknikleri geliştirilmiştir. Konuya ilişkin teknoloji araştırma-geliştirme çalışmaları halen sürmektedir. Zira, deşarj standartları sıkılaştırıldıkça sızıntı suyunun arıtılması konusundaki istekler de artmaktadır.

Anahtar Kelime: *Deponi sızıntı suyu, atıksu, arıtma teknikleri*

GİRİŞ

Sızıntı suyu bileşenlerini temel anlamda üç grupta toplamak mümkündür. Bunlar; deponide aerobik ve anaerobik ayrışmalar sırasında oluşan sızıntı suyu, deponi sahasına dökülen ve sıkıştırılan katı atığın su içeren bileşiklerinin sıkıştırılmasından oluşan sızıntı suyu ve deponi yüzeyine düşen yağışların, kontrol altına alınmamışsa, deponi kütlesinden geçerek oluşturduğu sızıntı suyudur.

Asit fazında oluşan sızıntı suyunun KOİ değeri 6000–60000 mg/l, BOI_5 değeri 4000-40000 mg/l, TOC değeri 1500–25 000 mg/l, AOX değeri 540–3450 mg/l, $N_{organik}$ değeri 10–4250 mg/l, NH_4-N değeri 30–3000 mg/l ve TKN değeri 40–3425 mg/l arasında değişmektedir (Ehring, 1990). Metan fazında diğer değerler azalırken, azot bileşikleri aynı kalmaktadır.

Katı atık düzenli depolama tesisi sızıntı suyu miktarı; nihai üst örtü tabakasının geçirimlilik derecesi, iklim şartları, katı atık bileşimi, depo yaşı vb. faktörlere bağlı olarak değişir. Sızıntı suyu miktarı kurak ve sıcak iklimli yerlerde düşük, yağışlı bölgelerde ise yüksektir. Ayrıca, nihai örtü tabakasının teşkil edilip edilmediği ve geçirimsizlik derecesi de sızıntı suyu miktarını önemli oranda etkilemektedir (Ertuğrul ERDİN , Sevgi TOKGÖZ)

1. DEPONİ SIZINTI SUYU ARITMA TEKNİKLERİ

Mevcut düzenli depolama alanları iki farklı yöntemle işletilirler;

· Konvansiyonel depolama alanları ve harici sızıntı suyu arıtımı

· Biyoreaktör depolama alanları ve dahili sızıntı suyu arıtımı

Konvansiyonel depolama alanları, genel olarak atıkların anaerobik ortamda ayrışması prensibine dayanır. Biyoreaktör depolama alanları ise, atıkların biyolojik stabilizasyon süreçlerini hızlandırmak için sızıntı suyunun geri devir ettirildiği kontrollü sistemlerdir. Biyoreaktör depolama alanlarını konvansiyonel depolama alanlarından ayıran temel fark, atık ayrışma süresinin önemli oranda daha kısa olmasıdır. Biyoreaktör depolama alanları 4 farklı işletim koşulu altında çalıştırılabilirler:

· Aerobik (Havalı) Düzenli Depolama Alanları

· Yarı Aerobik Düzenli Depolama Alanları

· Aerobik-Anaerobik Düzenli Depolama Alanları

· Anaerobik (Havasız) Düzenli Depolama Alanları

Anaerobik yöntemin en önemli avantajı havalandırma için gereksinim duyulan enerjiden tasarruf edilmesidir. Deponi kütlesinin bir kısmı zaten anaerobik reaktör gibi işlev görmektedir. Anaerobik filtre, anaerobik çamur yatak reaktörü uygulanan teknoloilerdendir. Aerobik biyolojik arıtmada ise; havalandırmalı lagünler, aktif çamur sistemleri, biyodiskler ve damlatmalı filtreler kullanılmaktadır. Kimyasal oksidasyon, aktif karbon ile adsorpsiyon, fizikokimyasal proses (tersozmoz) ve flokulasyon uygulamaları ile ileri düzeyde sızıntı suları arıtılmaktadır. Seçilecek teknolojilerin kombinasyonları ve sızıntı suyunun arıtılmasının maliyeti de karar mekanizmalarını etkileyen önemli parametrelerdir. Bu aşamada ise sızıntı suyu miktarı etkendir. Biyoreaktör depolama alanlarının avantajları aşağıda sıralanmıştır (Onay ve Pohland, 1998, Reinhart ve Townsend, 1998) ;

· Atıkların toksik etkisini azaltır,

· Atıkların hızlı olarak ayrışmasından dolayı depolama sahalarında %15-30 arasında yer kazanımı sağlar,

· Depolama alanı maliyetlerinde sızıntı suyu geri devrinden dolayı azalma meydana gelir,

· Organik maddelerin ayrışma hızında artış ve buna bağlı olarak ayrışma süresinde azalma oluşur.

· Geri kazanılacak metan miktarında artış gözlenir,

· Depo sahasının kapatılması sonrası düşük izleme ve kontrol maliyetleri sağlanır.

Tablo 1: Sızıntı suların ve atıksuların organik kirlilik yükleri

Parametreler (mg O_2/l)	Evsel çöpten gelen sızıntı suyu		Evsel atıksu	Silaj suyu (pancar)
	Yeni deponi	Eski deponi		
KOİ	4 000 - 60 000	250 - 10 000	500 - 800	> 30 000
$BOİ_5$	3 000 - 45 000	80 - 5 000	300 - 500	> 20 000
TOC	2 000 - 20 000	1 000 - 5 000	200 - 350	> 10 000

1.1 Sızıntı Suyu Özellikleri

Sızıntı suyu kalitesi oldukça değişken olup birçok endüstriyel atıksuya göre daha geniş aralıkta bir kirlilik yüküne sahiptir. Sızıntı suyu kalitesi, depolama alanındaki katı atığın derinliği ve türü, depolama yaşı, geri devreden sızıntı suyunun oranı, depolama alanı tasarımı ve işletilmesi, sızıntı suyunun çevresel etkileşimi gibi birbirine tesir eden pek çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Sızıntı suyunun bileşimi; katı atık bileşimi, pH, redoks potansiyeli, iklim şartları ve depo yaşına göre farklılıklar gösterir.

Depo yaşı, depo sahasındaki havasız arıtma kapasitesine bağlı olarak, sızıntı suyu karakterini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Genç depo alanlarında oluşan sızıntı sularında, biyolojik olarak kolay ayrışabilen uçucu yağ asitleri oranı yüksektir. Depo yaşı arttıkça biyolojik ayrışma tamamlandığından, kolay ayrışabilen organik maddelerin oranı düşer. Bu sebeple, genç depo alanlarındaki sızıntı sularında BOİ/KOİ > 0,5 iken yaşlı depo alanlarındaki sızıntı sularında BOİ/KOİ < 0,2'dir. (Chain ve De Walle, 1977)

Sızıntı suyu kirleticileri genel olarak 4 farklı grupta toplanabilir. Çözünmüş organik maddeler, inorganik makro kirleticiler, ağır metaller ve ksenobiyotik organik bileşikler (Kjeldsen vd., 2002). Sızıntı suyu kalitesi izlenerek bir depolama sahasındaki atığın yaşı yada stabilizasyon durumu hakkında önemli bilgiler elde edilebilir (Tchobanoglous vd., 1993). Ancak sızıntı suyu bileşenleri, düzenli depolama alanlarında farklı özellikler gösterebilir. Atığın depolama sahası içerisine gömülmesinden itibaren atık yaşına göre 5 farklı stabilizasyon evresi gözlenir. Her evrede sızıntı suyu kirletici parametre değerleri ile biyogaz miktar ve kompozisyonu değişkenlik göstermektedir. Sızıntı suyu ve biyogaz parametrelerinin bu süreçte izlenmesi atık stabilizasyonunda bir sorun meydana gelmesi durumunda müdahale edilmesi açısından önem taşımaktadır. Atık stabilizasyonu evreleri şekilde verilmiştir.

Şekil 1 Atık bozunma evreleri

Atığın depolama sahasında gömülmesinden sonra meydana gelen ilk evre "Alışma Evresi" veya çevreye uyum sürecidir. Bu süreç depolanan katı atığın, aerobik bakteriler tarafından nem miktarının birikmeye başlaması ve oksijen miktarındaki azalmaya bağlı olarak bozunması ile başlar. Daha sonraki ikinci evre olan "Geçiş Evresi"nde atık içerisinde nem içeriğinin artması ve oksijen oranının tüketilmesiyle ortamda anaerobik koşullar oluşur. Toplam uçucu asit ve kimyasal oksijen ihtiyacında ki (KOİ) artış anaerobik mikrobiyolojik faaliyetleri hızlandırır. Atıkların asidojenik bakteriler tarafından uçucu asitlere dönüştürülmesi ile üçüncü evre olan "Asit Oluşum Evresi"ne geçilir ve bu evrede sızıntı suyu pH değerinde düşüş gözlenir. Hızlı şekilde meydana gelen atık bozunması pH değerlerini ortam daha asidik olacak şekilde düşürür ve metallerin atıktan sızıntı suyuna hareketini arttırır. Bu evre sızıntı suyundaki yüksek uçucu asit, KOİ ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) değerleri ile karakterize edilir. Bir önceki evrede üretilen asit bileşikleri dördüncü evre olan "Metan Oluşum Evresi" sırasında metan bakterileri ile metan ve karbondioksit gazına dönüştürülür. Bu fazda asidik sızıntı suyu nötral pH koşullarına dönüştürülür ve metal ile uçucu organik asit konsantrasyonları düşürülür. Bu evre süresince depolama alanında gaz üretimi en yüksek değerlere ulaşır. Son olarak "Olgunlaşma Evresi" ile adlandırılan evrede biyobozunur maddeler ve besi elementleri sınırlayıcı hale gelir. Bu evre depolama alanlarındaki gaz üretiminin düştüğü ve sızıntı suyu kompozisyonunda durağan konsantrasyonların elde edildiği evredir (Reinhart ve Townsend, 1998).

1.2. Sızıntı Sularının Yerinde Arıtımı

Sızıntı sularının yerinde arıtımı için birçok farklı arıtma yöntemi kullanılır. Ancak bu yöntemlerin tek başına uygulanması nihai çözüm için yeterli olmayıp istenilen arıtma verimi

birkaç farklı işlem ve kademeden oluşan bir arıtma sistemi ile elde edilebilir. Ayrıca, sızıntı suyu miktarı ve özellikleri depo yaşına bağlı olarak değiştiği için uygun arıtma işlemleri de değişkenlik gösterir. Genel itibariyle sızıntı suyu arıtımında kullanılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemleri tobloda verilmiştir.

Tablo 2 : Sızıntı suyu arıtımında kullanılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemler (Tchobanoglous vd., 1993)

	Arıtma Prosesleri	Amaç
Fiziksel	Çöktürme/flotasyon	Askıda katı madde giderimi
	Filtrasyon	
	Hava ile sıyırma	Amonyak ve uçucu organik madde giderimi
	Adsorpsiyon	Organik madde giderimi
	İyon değiştirme	Çözünmüş inorganik madde giderimi
	Ters Ozmoz	Organik ve inorganik madde giderimi
	Buharlaştırma/yakma	Ters ozmoz konsantresi bertarafı
Kimyasal	Nötralizasyon	pH kontrolü
	Kimyasal çöktürme	Ağır metal ve bazı anyonların giderimi
	Koagülasyon/flokülasyon	Çökelmeyen askıda katı madde giderimi
	Kimyasal oksidasyon	Organik madde giderimi, detoksifikasyon
Biyolojik	Aktif çamur	Organik karbon giderimi
	Ardışık kesikli reaktörler	
	Havalandırmalı lagün/stabilizasyon havuzu	
	Biyofilm sistemleri (damlatmalı filtre, döner biyolojik diskler)	
	Havasız lagün ve temas tankları	
	Havasız (yukarı akışlı çamur yatağı, filtre veya hibrit) reaktörler	
	Nitrifikasyon/denitrifikasyon	Azot giderimi

Uygun arıtma işlemlerinin (kademelerinin) seçiminde ve tesisin tasarımında aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır;

• Sızıntı suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri (KOİ, BOİ5, amonyak azotu, vb.)
• Deşarj alternatifleri (Alıcı ortama veya kanalizasyona)
• Arıtılabilirlik sonuçları
• İlk yatırım ve işletme maliyeti

Biyolojik arıtma prosesleri, genç depolama alanlarında oluşan biyolojik olarak ayrışabilir organik madde içeriği yüksek sızıntı sularının arıtımında verimli çalışırken, stabilize olmuş yaşlı depolama alanlarında oluşan sızıntı sularının arıtımında etkili değildir. Yaşlı sızıntı sularının arıtımı için fiziksel ve/veya kimyasal arıtım işlemlerine ihtiyaç vardır.

Katı atık depolama sahalarında oluşan sızıntı sularının arıtımı için kurulan arıtma tesisleri dünya genelinde incelendiğinde depo yaşı ve deşarj ortamına bağlı olarak uygulanabilecek artıma sistemi Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2: .Dünya genelindeki sızıntı suyu arıtma uygulamalarının bir özeti tabloda topluca özetlenmiştir (Öztürk, 2010).

1.3.Çöp Sızıntı Suyu Arıtma Tesis Şeması

Arıtma Tesislerinin üniteleri katı atıklardan çıkan sızıntı sularının toplama havuzunda biriktirilmesi, ön çöktürme işleminden sonra biyolojik arıtmaya alınması, biyolojik arıtma işleminden sonra da ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon membranlarından geçirilerek dereye ve kanala deşarj standartlarına uygun olarak tahliye edilmesini kapsamaktadır.

Ön Çöktürme Havuzu: Ön çöktürme havuzu, sızıntı suyunun içerisindeki yoğunluğu sudan fazla olan parçacıkların çökeltilerek çamur havuzuna atılması, geri kalan sızıntı suyunun da biyolojik kısma gönderilmesi amacıyla kullanılır.

Çamur Havuzu: Ön çöktürme tankında giriş sızıntı suyundan çıkan çamurun ve aerobik tankta KOİ giderimiyle oluşan çamurun toplandığı ve dekantör binasına gönderildiği bir çamur

toplama havuzudur. Biyoreaktörde oluşan fazla çamur ile ön çöktürmeden alınan ham sızıntı suyu çamuru, çamur havuzunda karıştırılarak susuzlaştırma işlemine tabi tutulur ve çıkan kek şeklindeki çamur kamyonlarla taşınırken sızıntı suyu biyoreaktöre tekrar geri beslenir.

Nitrifikasyon/Denitrifikasyon: Biyolojik arıtmanın amacı sızıntı suyunun içerisinde bulunan organik kirleticilerin mikroorganizmalar ve bakteriler tarafından oksitlenmesidir. Biyolojik arıtmanın aktif çamur prosesi aerobik ve anoksik fazlarda nitrifikasyon ve denitrifikasyon sonucunda bakteriler tarafından uygun koşullarda sızıntı suyunun içerdiği organik maddelerin ve -3 değerlikli azotun oksitlenmesi esasına dayanır.

Anoksik havuzda, aerobik havuzdan gelen ve nitrifikasyon sonrası nitrit ve nitrata dönüşmüş olan amonyum denitrifikasyon sonucunda azot gazına dönüşerek atmosfere karışır. Anoksik kısıma gelen suyun öncelikle nitrifikasyona uğramış olması gereklidir, bu yüzden aerobik havuz ile anoksik havuz arasında sürekli bir sirkülasyon olmaktadır.

Ultrafiltrasyon: Ultrafiltrasyondan çözünmüş bileşenler geçerken, yüksek moleküler ağırlıklı bileşenler tutulur. İşletme basınçları 2-10 atm mertebesindedir. Ultrafiltrasyon membranlarına giren su 5,5-7 bar basınçla filtrasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Ultrafiltrasyon membranlarının filtreleri 30 nm çapında gözeneklere sahiptir.

Nanofiltrasyon: Nanofiltrasyon (NF) en yeni membran tipi olup, ters ozmos membranlarının biraz daha gevşek halidir. Bu yarı geçirgen membranlar suyu alıcı ortama deşarj edilebilecek seviyeye gelmektedir. Nanofiltrasyon membranları ile bakteriler, virüsler, pestisitler, organik maddeler, ağır metaller ve bazı tuzlar sudan uzaklaştırılır.

DEĞERLENDİRME, SONUÇ ve ÖNERİLER

Sızıntı Suyu Miktarının Azaltılması

Katı atık depolama tesislerinde muhtemel yönetim stratejileri geliştirerek sızıntı suyu oluşumunu en aza indirmek üzere incelenen hususlar ışığında elde edilen başlıca sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

Düzenli depolama tesisleri işletimi olabildiğince küçük (≤ 2-3 ha.) hücreler (bölüm/lot) ile yürütülmelidir. Boş hücrelerden gelen yağmur suları ayrıca toplanıp uzaklaştırılmalı ve sızıntı suları ile hiçbir şekilde karıştırılmamalıdır

Dolan hücrelerin üzerinin vakit geçirmeksizin eğimli nihai örtü tabakası ile kapatılması sağlanmalıdır.

Atık azaltımı ve özellikle yüksek kapasiteli ikili (ayrı) toplamayı esas alan Entegre Katı Atık Yönetimi ile her durumda en düşük sızıntı suyu üretimi gözlenmektedir. Bu kapsamda mutfak atıklarına anaerobik /aerobik arıtma uygulanarak kompost/biyometan gerikazanılıp sızıntı suyu oluşumu minimize edilebilir.

KAYNAKLAR

Amotkrane, A., Comel, C., Veron, J., (1997), Landfill Leachates Pretreatment by Coagulation-Flocculation. Water Research, 31(11), 2775-82.

2. Benson, C.H., Barlaz, M.A., Lane D.T., Rawe, J.M. (2007) Practice review of five bioreactor/recirculation landfills, Waste Management 27 (1), 13-29.

Berge, N. D., Reinhart, D. R., Batarseh, E. S., (2009), An assessment of bioreactor landfill costs and benefits, Waste Management 29, 1558-1567.

Berge, N. D., Reinhart, R. D., Townsend, T. G., (2005), The Fate of Nitrogen in Bioreactor Landfills, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 35:365-399.

Bohdziewichz, J., Bodzek, M., Gorska, J., (2001), Application of Pressure Driven Membrane Techniques to Biological Treatment of Landfill Leachate. Process Biochemistry, 36(7), 641-6.

Chian, E.S.K. ve De Walle, F.B. (1977). Evaluation of Leachate Treatment , Vol. I, Characterization of Leachate, EPA-600/2-77-186a, Cincinnati, Ohio: U.S. Environmental Protection Agency.

Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ). (2009), www.dmi.gov.tr

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Katı Atık Ana Planı (2006) Mimko Mühendislik İmalat Müşavirlik Koordinasyon ve Ticaret A.Ş.

URL-1 <.https://atikyonetimi.ibb.gov.tr/hizmetlerimiz/cop-sizinti-suyu-arutma-tesisi/ (03.03.2017)

URL-2 <https://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/sizintisuyuyontaslak.pdf (07.03.2017)

URL-3<http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc141.htm (07.03.2017)

URL-4< http://emlakansiklopedisi.com/wiki/cop-sizinti-suyu-aritma-tesisi (07.03.2017)

SULARDA İLAÇ KALINTILARI ÇEVRESEL ETKİLERİ ve GİDERİM YÖNTEMLERİ

Hatice DOĞAN
Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
sebrik_umut@hotmail.com

ÖZET: Bu çalışmada ilaç kalıntılarının çevresel ortamlarda bulunuşu ve kaynakları, çevresel etkileri ile giderilme yöntemleri irdelenmiştir. Söz konusu ilaçlar çok uzun yıllardır tedavi maksatlı olarak insan ve hayvanlarda kullanılmalarına rağmen, çevre ortamında meydana getirdikleri olumsuz etkiler çok yakın zamanlarda anlaşılmaya başlanmıştır. Bu kirleticiler insan ve hayvanlarda tam olarak metabolize edilmediği için dışkı ve idrar yolu ile atılarak, su kaynakları yolu ile tekrar insanlara ve diğer canlılara ulaşabilmektedir. Klasik atıksu ve içme suyu arıtım yöntemleri ile ham suda bulunan ilaç kalıntıları ancak kısmen arıtılabilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda klasik yöntemlerle arıtılamayan bu kalıntıların değişik yöntemler ile (adsorbsiyon, ileri biyolojik arıtım yöntemleri, ileri kimyasal oksidasyon yöntemleri vs.) arıtılabilirliği çalışılmaktadır. Çalışmaların çoğunun ana hedefi işletme ve çevre şartlarının optimize edilmesidir.

Anahtar Kelimeler: *İlaç Kalıntıları, Su Arıtımı, İleri Arıtım Yöntemleri*

1. GİRİŞ

Küresel ısınmanın da etkisiyle şehirlerimizin içme ve kullanma sularının temini ve dağıtılması, su kaynaklarının hızla kirlenmesi sebebiyle güvenilir kaynaklardan su temini, son yılların önemli sorunları arasına girmiştir. İnsan sağlığı için son derece önemli olan içme ve kullanma suları mevcut ekolojik denge içerisinde hızla kirlenmektedir. Bu yüzden bu kaynakları sürekli denetim ve kontrol altında tutma gereksinimi vardır.

Bugüne kadar çeşitli Avrupa ülkelerinde yapılan çalışmalarda atıksularda, arıtım tesisi çıkış sularında, yüzeysel sularda ve yeraltı sularında ve hatta içme sularında 100'ün üzerinde ilaç kalıntısının var olduğu belirlenmiştir. Söz konusu bu kimyasallara maruz kalındığında popülasyon içerisinde cinsiyet oranlarının değişmesi, cinsiyet bozuklukları, popülasyonların azalması, yumurtlama ve canlı kalma oranlarının azalması gibi çeşitli sorunlara neden olduğu bilinmektedir.

İlaçlar, membranları geçebilecek kadar lipofiliktirler ve etkime noktalarına ulaşabilmeleri için özellikle ağızdan alınanların, enzimlere karşı dayanıklı olmaları ve midenin asidik pH değerinde hidrolize olmamaları şarttır (Saygı vd., 2012). Dayanıklı olmaları ve sıvı fazda hareketliliklerinin yüksek olması gereklidir. Bu özellikleri nedeniyle ilaç aktif maddeleri/dönüşüm ürünleri biyoakümüle olabilirler ve sucul veya karasal ekosistemlerde etkilere sebep olabilirler.

2. İLAÇ KALINTILARI

Farmasotikler modern hayatın önemli ve vazgeçilmez unsurlarıdır. İnsanlar ve hayvanlar için ilaçlarda, tarımda ve su kültüründe kullanılırlar. Farmasotiklerin çevrede bulunuşları ilk olarak 1970´lerde bilim çevresinin ve halkın dikkatini çekmiştir. Ancak doksanlı yıllara kadar farmasotiklerin doğada bulunuşları, davranışları ve etkileri hakkında çok az çalışılmıştır. Doksanların başından itibaren endokrin sistem ilaçları ve lipid düşürücü ilaçlar gündeme gelmiştir (Tablo 1). Bu tarihten sonra hormonlar ve diğer farmasotikler için ABD ve Avrupa'da pek çok çalışma yapılmıştır (Gençdal, 2012).

Tablo 3: Sucul ortamda bulunan ilaçların bazıları (Şahan, 2007)

Uygulama Alanı	Bileşikler	Uygulama Alanı	Bileşikler
Antibiyotikler (sulfonomitler)	Sulfamethoxazole, Sulfachlorpyridazine, Sulfamerazine, sulfamethazine, Sulfathiazole, sulfadimethoxine, Sulfamethiazole	**Lipid düzenleyiciler**	Bezafibrate, Gemfibrozil, Clofibric acid, Fenofibric acid
Analjezikler/anti-inflammatuvar ilaçlar(ağrı kesiciler)	Diclofenac, Ibuprofen, Ketorofen, Naproxen, Indometacine, Fenoprofen, Phenazone, Acetaminophen(Paracetamol), Acetylsalicylicacid, Demethylaminophenazone, Meclofenamic acid, Tolfenamic acid	**Hormonlar**	Estriol Mestranol Estrone 17-ß Estradiol Testosterone Androstenedione
Antiepileptik-Beta-blockers (antihypertentives)	Carbamazepine, Primidone, Metoprolol, Propranolol, Nadolol, Carazolol, Timolol, Betaxolol	**Diğer**	Iopromide, Diatrizoate, Metformin(antidiabetic agent), Fluoxetine(antidepressant)

İlaç kalıntılarının çevre üzerindeki etkilerinin doğru değerlendirilmesi, çevreye giriş kaynaklarının çok olması ve türlerinin fazla olması ve bunlarla ilgili sayısal verilerin olmaması sebebiyle zordur. İlaçlar ile tedavi edilen insanlar ve hayvanlar, başta dışkı ve idrar yolu ile su kaynakları için ana kirlilik kaynağı oluşturmasına rağmen, ilaç kalıntıları nitelik, nicelik, mekânsal ve zamansal olarak hastanelerde, evlerde veya diğer yerlerde kullanılmalarına göre farklılık gösterebilir. Nitekim hastanelerde reçete edilen ilaçlar evlerde kullanılanlardan daha ağır patolojilerin tedavisi için belirlenmiştir. Örneğin kanser tedavisinde kullanılan *antineoplastics*'ler sadece reçete ile hastanelerde verildiğinden, bu ilaçlar hastane atıksularında

5-50 µg/l arasında bulunmaktadır. Bu ilacın günümüzde %75'i oral uygulama için evlerde kullanılmaktadır.

2.1. İlaç Kalıntılarının Kaynakları

Hastanelerde tedavi ve sterilizasyon amacıyla pek çok kimyasal madde kullanılmaktadır. Ayrıca laboratuvarlarda araştırma ve tahliller için de değişik kimyasallar kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra röntgen filmi çekimlerinde ve bazı özel hastalıkların tedavilerinde de radyoaktif maddelerin kullanıldığı bilinmektedir.

Kanser, guatr bu hastalıklardan bazılarıdır. Teşhis ve tedavi amacıyla hastalara verilen birçok ilaç hastane içinde ve hastane dışında idrar veya dışkı yoluyla hasta tarafından kanalizasyon sistemine ulaştırılmaktadır. İlaçlar sadece insanlar için kullanılmamaktadır. Veterinerlikte ve hayvan yetiştiriciliğinde de pek çok ilaç ya tedavi amacıyla ya da büyüme hormonu olarak kullanılmaktadır.

İlaç atıklarının sadece atıksularda değil sedimentlerde de biriktiği görülmüştür. Arıtma tesisi çıkış suları ve çamurları tarım alanlarında kullanılabilir. Bu kullanımlar sonucu tıbbi madde atıkları toprağa, oradan da yeraltı sularına ulaşabilir. Ayrıca bitkiler üzerinde de birikim gözlenebilir.

3. İLAÇ KALINTILARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Çevrede ilaç kalıntıları yaygın, dirençli ve endokrin sistemine bozucu etki yapan maddeler gibi biyolojik olarak aktif maddeler olarak kabul edilen potansiyel tehlikeli bileşiklerin başında gelmektedir. Ayrıca bu bileşiklerin çevreye artan miktarlarda bırakılması ve sinerjik etkilerinden dolayı arzu edilmeyen etkileri olabilmektedir.

İlaç kalıntılarının çevrede bahsedilen en yaygın etkileri dirençli patojen mikroorganizmaların artmasıdır. Mevcut enfeksiyonları kontrol etmek için kullanılan ilaçlara bakteriyal patojenlerin artan direnci çevrede bu patojenlerin bu maddelerin düşük dozlarına sürekli maruz kalması ile oluşmaktadır. Özellikle evsel atıksular klasik yöntemlerle arıtılmış olsalar dahi bırakıldığı yüzeysel sular bu maddeleri içerdiği için dirençli bakteri türlerinin kaynağı olduğu düşünülmektedir. Antibiyotiklerin atıksu içerisindeki mikrobiyal populasyonu etkileme potansiyelinin olduğu ve organik madde giderimi yapan bakterileri, nitrifikasyon ve denitrifikasyon bakterilerini de inhibe ederek arıtım verimini bozacağı yönünde de görüşler bulunmaktadır. Belli antibiyotikler doğrudan atıksuyun toksik bileşimi olabilirler.

Endokrin sistemi bozucu kimyasalların (EDC) son yıllarda gelişmiş ülkelerde gündeme gelmesinin en büyük nedeni ürkütücü sonuçlar ortaya koyan bazı bilimsel çalışmalardır (Ayman, 2013). Vücuda alındığında doğal hormonları taklit edip üreme sistemini bozan EDC'lerin doğadaki birçok hayvan türlerinde (bazı balıklar, kuşlar, memeliler ve timsahlar) cinsiyet bozuklukları, cinsiyetsiz doğumlar, sperm sayılarında azalmalar, erkek organizmalar da dişilik, dişi organizmalarda da erkeklik özelliklerini artırdığı ileri sürülmüştür.

4. GİDERİM YÖNTEMLERİ

Klasik biyolojik arıtım yöntemlerinin yanı sıra, fizikokimyasal yöntemler (koagulasyon-floklaştırma, filtrasyon, aktif karbon adsorpsiyonu, hava ile sıyırma) ve ileri oksidasyon prosesleri de bu tür yoğun renkli, yüksek organik madde konsantrasyonuna sahip atıksuların arıtılmasında kullanılmaktadır (Gençdal, 2012).

Geleneksel arıtım yöntemleri bu tip kirleticilerin gideriminde çoğu kez yetersiz kalmakta, ileri arıtım yöntemlerinin kullanılması durumunda ise çok düşük kirletici seviyelerinde istenen verim alınamamakta ya da proses çok masraflı olmaktadır. Bunun yanı sıra, birçok ileri arıtma prosesi arıtımda etkili olmasına rağmen, kirleticileri yalnızca bir ortamdan diğerine transfer etmekte ya da bertarafı gereken atık meydana getirmektedir. Biyolojik bozunma prosesi, organik atıkların arıtılmasında en çok kullanılan yöntem olmakla birlikte, birçok toksik karışımın mikroorganizmalara karşı öldürücü olması, bazı kimyasal maddelerin biyolojik olarak bozunması sonucunda ise daha toksik ürünlerin meydana gelebilmesi nedeniyle yöntemin uygulanabilirliği sınırlıdır.

Günümüzde, toksik organik kirleticilerin giderimi için ileri oksidasyon yöntemlerinin kullanımı büyük ilgi uyandırmaktadır. İleri oksidasyon yöntemleri, verimli olmaları, seçici olmamaları ve geniş kullanıma sahip olmaları nedeniyle, ümit verici bir yöntem olarak görünmektedirler (Tablo 2). Bu proseste, toksik ve biyolojik parçalanmaya dayanıklı organik maddelerin zararsız formlara dönüşmesi yoluyla giderilmesi sağlanmaktadır. Prosesin birçok organik kirleticinin gideriminde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, ileri oksidasyon yöntemleri ile siyanür gibi tehlikeli maddelerin giderimi de denenmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

Tablo 2: Atıksularda bulunan bazı farmasotiklerin giderim yöntemleri (Meriç vd, 2016)

Analiz edilen tür/ Bölge	Giriş kons. (ng/L)	Çıkış kons. (ng/L)	Yöntem	Giderim (%)
Amoksisilin (Avustralya)	<280	<30	A.Ç	-
Penisilin G (Avustralya)	<2	<2	A.Ç	-
Sulfametaksazol (ABD)	<1090	<210	A.Ç/ Klorlama	81
Sulfametaksazol (Hırvatistan)	<590	390	A.Ç	33
Sulfametaksazol (İsveç)	<20	<70	A.Ç/ Azot fosfor gid.	-
Siprofloksasin (ABD)	<50-310	50-60	A.Ç	100
Siprofloksasin (İsveç)	90-300	<6-60	Fosfor gid.	87
Siprofloksasin (İsviçre)	320-570	60-90	A.Ç/ Fe flokulasyon	83
Siprofloksasin (Avustralya)	90	130	A.Ç	-
Eritromisin (Hırvatistan)	<20	<20	A.Ç	-
Eritromisin (İsviçre)	60-190	60-110	A.Ç	-
Eritromisin (İngiltere)	70-141	145-290	DF/ A.Ç/ UV	79
Klaritromisin (İsviçre)	330-600	110-350	A.Ç/ Kum filtresi	21
Klaritromisin (Japonya)	492-883	266-444	A.Ç	43

A.Ç: Aktif çamur arıtma sistemi N-DN: Nitrifikasyon- Denitrifikasyon MF: Mikrofiltrasyon UV: Ultraviyole ışın uygulaması

İlaç aktif madde üretiminin yapıldığı ilaç endüstrisi kimyasal sentez atıksuların, yüksek BOİ, KOİ ve AKM değerlerine sahip oldukları gibi içerdikleri dayanıklı kimyasal bileşikler nedeniyle biyolojik bozunurlukları düşük atıksulardır ve aktif çamurda bulunan mikroorganizmalara inhibisyon etkileri vardır. Bu noktada İOP öne çıkmaktadır. İOP; biyolojik olarak ayrışmayan, toksik ve organik madde içeriği yüksek atıksuların arıtımında önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Şekil 1'de İOP'nin şematik olarak sınıflandırılması verilmiştir.

Şekil 1: İleri oksidasyon proseslerin şematik gösterimi

4.1. Ozonlama

Atıksu arıtma tesisi çıkış sularının arıtımında yeni bir son arıtma teknolojisidir. Ancak yüksek enerji gerektiren bir teknoloji ve pahalı bir yöntem olması kullanımını sınırlandırmaktadır. Ozonlama arıtma tesisinin normal enerji ihtiyacını %40-50 arttırır. Avantajı, kanserojen kimyasal madde oluşumunun olmayışıdır. Aktif çamur çıkış sularındaki ilaç kalıntılarının ve diğer polar organiklerin giderilmesinde ozonlama gibi diğer arıtma yöntemleri araştırılmaktadır.

4.2. Membran Biyoreaktörleri

Genellikle membran biyorektörleri (MBR) yüksek enerji ve maliyete sahiptirler. MBR'ler hassas ve ileri yüzey suyu arıtımı gerektiren ve alan miktarı az olan yerlerde ekonomik olarak kullanılmaktadır. MBR'ler ileri atıksu arıtım teknolojisi olarak son yıllarda büyük önem kazanmıştır ve organik mikrokirleticilerin gideriminde etkili bir yöntemdir. Farmasotiklerin bazı çeşitlerinin gideriminde ters ozmos ve nano filtrasyon membranlarının etkili olduğu belirtilmiştir.

4.3. Adsorbsiyon

Adsorpsiyon, bir fazda bulunan iyon ya da moleküllerin, bir diğer fazın yüzeyinde yoğunlaşması ve konsantre olması işlemi olarak tanımlanmaktadır (havada veya suda bulunan kirleticilerin aktif karbon üzerine adsorpsiyonu, kirlenmiş olan havanın veya suyun iyileştirilmesinde sıklıkla kullanılan bir işlemdir).

4.4. UV Prosesi

Fotokimyasal proseslerin gerçekleşmesi için gerekli olan temel iki parametreden birincisi ışık diğeri de bu ışıkla radikal oluşturacak veya radikale dönüşecek maddedir. Fotokimyadaki genel dalga boyu aralığı 100-1000 nm'dir. 1000 nm'den daha fazla dalga boyuna sahip olan fotonların enerjisi absorplandığında kimyasal değişime sebep olamayacak kadar düşüktür ve 100 nm'den düşük dalga boyundaki fotonların enerjisi de iyonizasyona ve radyasyona neden olacak kadar (radyasyon kimyası) yüksektir.

4.5. Fenton Prosesi

Fenton proses, asidik şartlar altında Fe^{2+} iyonunun hidrojen peroksit ile reaksiyonuna dayanmaktadır. Bu reaksiyon sonucu hidroksil radikalleri oluşmaktadır. Demir iyonu, H_2O_2'in ayrışmasını başlatır; kataliz eder ve hidroksil radikalleri oluşur. Radikallerin oluşumu sulu çözeltilerde bir kompleks reaksiyon zinciri şeklindedir. Oluşan ferrik iyonlar da hidrojen peroksiti kataliz ederek su ve oksijene ayrıştırır. Demir iyonları ve radikaller de reaksiyonlarda oluşur. Fe^{3+} iyonunun H_2O_2 ile reaksiyonu *fenton benzeri proses* olarak adlandırılmaktadır.

KAYNAKLAR

Ayman, Z., 2013. Aksaray sularında bazı ilaç ve hormon kalıntılarının tespiti, Lisans Tezi, ASÜ., Mühendislik Fakültesi, Aksaray.

Gençdal, S., 2012. İlaç endüstrisi proses atıksularının arıtımının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Meriç, S., Özkal, C.B., Çiftçi, D.İ. ve Saraçoğlu, G.V., 2016. Arıtılmış evsel atıksularda antibiyotikler ve antibiyotiklere direnç geliştiren bakterilerin su geri kazanımı açısından değerlendirilmesi, ÇMO Çevre Bilim ve Teknoloji, 1, 2, 41.

Saygı, Ş., Battal, D. ve Şahin, N.I., 2012. Çevre ve insan sağlığı yönünden ilaç atıklarının önemi, Marmara Pharmaceutical Journal, 16, 82-90.

Şahan, A., 2007. Farmosetik maddelerin aktif çamur arıtma prosesinde abiyotik gideriminin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, ÇÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

KATALİTİK OZONLAMA İŞLEMİ İLE SULARDAN DOĞAL ORGANİK MADDE GİDERİMİ

Mehtap YILMAZ[1],Rabia CEYLAN[1],İhsan SALMAN[1],Arzu KOCASARI[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü,68100 Aksaray*
mehtapylmaz@hotmail.com, ceylanrabia06@gmail.com, ihsansalman@outlook.com

ÖZET: Bu çalışmasının amacı, laboratuvar ortamında nano boyutta sentezlenen demir bazlı partiküller kullanarak adsorpsiyon ve katalitik oksidasyon prosesleri ile sulardan dezenfeksiyon yan ürünlerinin (DYÜ) öncüsü olarak bilinen Doğal Organik Madde (DOM) gideriminin araştırılmasıdır. Çeşitli parçacık fraksiyonlarında sentezlenen demir bazlı partiküller hem adsorban hem de heterojen katalizör olarak test edilmiştir. DOM giderimi suyun UV absorbansında ve THM oluşum potansiyelindeki azalma ile izlenmiştir.Tekil ozonlama ve tekil adsrobsiyona göre demir bazlı nanopartiküller katalizörlüğünde ozonlamahem adsorptif hem de oksidatif olarak DOM giderim kapasitelerini önemli miktarda artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Doğal Organik Madde(DOM), Katalitik Ozonlama, Demir Bazlı Nanopartiküle (FeNP).*

1. GİRİŞ

Doğal organik maddeler tüm yüzeysel ve yer altı sularında hatta yağmur suyunda bile bulunabilmektedir. Sulardaki doğal organik maddelerin büyük bir bölümünü hümik maddeler oluşturmaktadır. Doğal organik maddelerin %90 ‘ı sularda çözünmüş formada bulunmakta ve bu çözünmüş organik maddeler içerisinde sucul hümik maddeler en yüksek miktarda bulunan fraksiyonu oluşturmaktadır. Doğal sularda DOM’ların bulunması içme suyu arıtımında ve şebekelerde oldukça fazla problemler oluşturmaktadır.Şebekelerde substrat olarak mikrobiyolojik büyümeye sebep olabilmesi, metalleri ve hidrofilik sentetik organikleri yapısına bağlayarak onları arıtılması zor hale getirmesi, içme suyunda tat ve koku oluşturması, daha fazla koagülant ve dezenfektan/oksidan gereksinimine sebep olması, hidrofobik organiklerin (örn., pestisitler), metallerin (örn., kurşun,kadmiyum, bakır ve civa), radyonükleoitlerin (örn., plutonyum ve uranyum) hareketini ve taşınımını artırmaları DOM’ların neden olduğu bazı problemler arasında sayılabilir. Ancak sağlık açısından belki de en önemli sorun klor gibi oksidanlar/dezenfektanlar ile reaksiyonları sonucu mutajenik ve karsinojenik olmalarından şüphelenilen dezenfeksiyon yan ürünlerini oluşturmalarıdır.

1.1.Katalitik Ozonlama Prosesleriyle DOM Giderimi

Ozon hemen hemen bütün organik maddelerle reaksiyona girecek kadar güçlü bir oksidandır. Ozonun sularda oksitleme gücü pH ve reaksiyon süresine bağlıdır. Ozon organik maddelerin karbon bağlarını kolayca parçalar hatta aromatik halkayı kırar. Bazı organik maddeleri ise kısmen oksitleyebilir ancak oksitlenen ara ürünler ve bazı dirençli organik

kirleticiler ozonla kolay olamazlar. Günümüzde, bu tür kirleticilerin giderimi için ileri oksidasyon proseslerinin (İOP) kullanımı artmaktadır. İleri oksidasyon proseslerinin etkinliği, reaksiyon ortamında üretilen ve girdikleri reaksiyonlarda seçici davranmayan oldukça reaktif hidroksil radikallerine (OH•)bağlanmakta ve su arıtımında yeterli miktarda hidroksil radikali üreten sistemler ileri oksidasyon prosesleri olarak tanımlanmaktadır (Glaze et al.. 1987). Serbest radikal reaksiyonlarına bağlı temel ileri oksidasyon proseslerinden bazıları şunlardır; O_3/H_2O_2, O_3/OH^-, H_2O_2/Metal iyonları (Fe^{+2} ile kullanımı Fenton reaktifi olarak adlandırılır), O_3/UV, H_2O_2/UV, O_3/ H_2O_2/UV, Foto-Fenton, Elektron ışınları, Ultrason, Vakum-UV, H_2O_2/Metal Oksitler, Elektro-Fenton**,** TiO_2/ O_2/UV (Kasprzyk-Hordern vd. 2003).

İleri oksidasyon yöntemleriverimli olmaları, seçici olmamaları ve geniş kullanıma sahip olmaları gibi nedenlerle ümit verici yöntemler olarak görülmektedir. Bu proseste, toksik ve biyolojik parçalanmaya dayanıklı organik maddelerin zararsız formlara dönüşmesi yoluyla giderilmesi sağlanmaktadır. Prosesin birçok organik kirleticinin (klorlu organikler, deterjanlar, pestisitler, boyalar, fenoller vb) giderimin de etkili olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, ileri oksidasyon yöntemleri bazı orgonometallerin giderimin de (örn. siyanür) de denenmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu çalışmada laboratuvar ortamında sentezlenendemir bazlı nanopartiküller katalizörlüğünde ozonlama prosesleri ile sudan DOM giderimi araştırılmıştır. Doğal organik maddeleri temsilen seyreltik sodyum hidroksit çözeltisi içerisinde hazırlanan hümik asit çözeltileri kullanılmıştır. DOM giderimi suyun UV absorbansı ve THM oluşum potansiyelindeki azalma ile izlenmiştir.

2.MATERYAL VE METOTLAR

2.1. Kimyasallar

Çalışmalarda model kirletici olarak Aldrich Hümik asit kullanılmıştır. pH ayarlamaları için 0.1 N NaOH ve kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda katalizör olarak demir bazlı nanopartikül (FeNP) kullanılmıştır.

2.2. Analiz Metotları

Çalışmalarda suda çözünmüş ozon analizleri JUMO Aquis 500 marka ozon analizörü ile sürekli olarak ölçülmüştür. Ozon ölçümleri SM 4500-O_3 B indigo metodu ile doğrulanmıştır. Arıtım öncesi ve sonrası suyun UV_{254} absorbans ölçümleri Standart Metotlar 5910 B'ye göre Shimadzu UV-1280 UV-VIS spektrofotometre cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Su

örneklerinde THM analizleri suyun kloroform oluşturma potansiyeli baz alınarak SM 5710 B'ye uygun olarak yapılmıştır.

2.3. Deneysel Metotlar

Deneysel çalışmalar Şekil 2.1'de verilen 1.0 L hacimli cam malzemeden yapılmış tam karışımlı kesikli reaktörde yürütülmüştür. Çalışmalarda, hava komprasörü vasıtasıyla çekilen ortam havası oksijen konsantratöründen geçirildikten sonra kontrollü akışlarla ozon jeneratörüne beslenmekte ve belirli konsantrasyonlarda ozon gazı üretilmektedir. Üretilen ozon gazı, difüzör vasıtası ile belirli akış hızlarında su ile doldurulmuş ozon reaktörüne verilmiştir. Reaktörde, ozon istenilen konsantrasyona ayarlandıktan sonra hızlı bir şekilde sentetik olarak hazırlanmış hümik asit çözeltisi ve çalışmalarda kullanılan katalizör reaktöre ilave edilmiştir. Hümik asit çözeltileri 0.1 N NaOH çözeltisi içerisinde hazırlanmış ve çözelti 2 saat süre ile karıştırıldıktan sonra 0.45 µm membran filtre kağıdından süzülerek kullanılmıştır. Reaktörde tam karışım mekanik bir karıştırıcı ile sağlanmıştır. Katalizör ilavesinden sonra reaktörden 0.5 L/dk akış hızında ozon hücresine sirküle edilen su içerisinde JUMO Aquis 500 marka ozon analizörü ile sürekli ozon konsantrasyonu takibi gerçekleştirilmiştir. Reaktörden belirli zaman aralıklarında şırınga ile alınan örnekler filtrelerden geçirildikten sonra ozonun reaksiyonlarını durdurmak için Na_2SO_3 çözeltisi kullanılmıştır. Daha sonra alınan örneklerin bir kısmında 254 nm de absorbans ölçümleri gerçekleştirilmiş diğer kısmı ise klorlandıktan sonra 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. Belirlen süre sonunda örneklerde THMOP tayin etmek amacı ile kloroform analizleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1. Deney Düzeneği

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1.Tekil AdsorpsiyonÇalışması

Katalizör yüzeyinde HA adsorpsiyonunun incelenmesi katalitik ozonlama reaksiyon mekanizmasının ortaya konulması için önemlidir. Katalitik ozonlama deneyleri sırasında katalizör yüzeyinde tutunan kirletici miktarının belirlenmesi amacıyla farklı katalizör dozları, 10 mg/L konsantrasyonundaki hümik asit çözeltisine eklenmiş ve 60 dk boyunca 600 rpm'de karıştırılmıştır. Zamana bağlı olarak alınan numunelerde UV_{254} ve THMOP parametrelerinin takibi gerçekleştirilmiştir. UV_{254} değerlerinin zamana bağlı değişimleri Şekil 3.1.1'de, THMOP'ndeki azalma verimleri ise Şekil 3.1.2'de verilmiştir.

Şekil 3.1.1. Hümik asit adsorpsiyonu ([FeNP] = 0,025gr/L, [HA] = 10mg/L, pH = 7)

Şekil 3.1.2. Hümik asit adsorpsiyonu ([HA] = 10mg/L, pH = 7)

3.2.Tekil Ozonlama Çalışması

Yüzeysel suları temsil eden hümik asitle hazırlanmış model çözeltiler üzerinde tekil ozonlamanın doğal organik madde giderim verimliliğine etkisi incelenmiştir.Hümik asit konsantrasyonu 10mg/L olan model çözeltilere kendi PH değerlerinde farklı ozon dozları uygulanmış, UV_{254} ve THMOP parametrelerinin zamana göre değişimleri incelenmiştir.Şekil 3.2.1'de görüldüğü gibi bireysel ozonlama ile suyun UV absorbansında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Şekil 3.2.2'de verilen sonuçlardan ise THMOP'inde % 63'e varan oranda bir azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.2.1. Tekil ozonlamanın doğal organik madde giderimine etkisi
([HA] = 10mg/L, $[O_3]$ = 10 mg/L, pH = 7)

Şekil 3.2.2. Tekil ozonlamanın doğal organik madde giderimine etkisi
([HA] = 10 mg/L, [O_3] = 10 mg/L, pH = 7)

3.3.Katalizör Dozu Çalışması

Katalizör dozu, katalitik ozonlamada önemli bir parametredir.Katalitik ozonlama deneylerinde ilk olarak 0,025 - 0,050, 0,075 ve 0,1gr/L katalizör dozlarının etkisi araştırılmış olup deneyler sırasında hümik asit konsantrasyonunu 10 mg/L ve pH 7 değerinde sabit tutulmuştur.1 litre hacimli kesikli reaktörde yapılan deneyler sucul ortamda çözünmüş ozon dozu sıfırlanana kadar devam ettirilmiş ve bakiye O_3,UV_{254} ve THMOP parametrelerinin zamana bağlı değişimleri incelenmiştir.

Şekil 3.3.1. Katalizör dozuna bağlı olarak ozonun dekompozisyonu
([O_3] = 10mg/l, [HA] = 10 mg/L, pH=7)

Şekil 3.3.2. Katalizör dozuna bağlı olarak THMOP giderimi
([O_3] = 10mg/L, [HA] = 10 mg/L, pH = 7)

Şekil 3.3.3:Katalizör dozuna bağlı olarak UV_{254} azalımı
([O_3] = 10mg/L, [HA] = 10 mg/L, pH = 7)

4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1.Tekil Adsorpsiyon Çalışması

Suyun UV_{254} değerlerinde yaklaşık % 14 civarında bir azalma gözlenirken THMOP'nde % 27'ye yakın bir azalma gözlenmiştir. Bu sonuçlar hümik asit demir bazlı nano partiküler üzerinde tutunduğunu göstermektedir.

3.2.Tekil Ozonlama Çalışması

Şekil 3.2.1'de görüldüğü gibi bireysel ozonlama ile suyun UV absorbansında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Şekil 3.2.2'de verilen sonuçlardan ise THMOP'inde % 63'e varan oranda bir azalma gözlenmiştir. Bu sonuçlar bireysel ozonlama ile hümik asitin okside olduğu ancak büyük molekül ağırlıklı fraksiyonların parçalanması ile oluşan küçük molekül ağırlıklı fraksiyonların da UV absorplama özelliklerinin olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

3.3.Katalizör Dozu Çalışması

Şekil 3.3.1'de verilen sonuçlardan katalizör dozunun artmasına bağlı olarak ozonun daha hızlı dekompoze olduğu ve dolayısıyla daha fazla radikal oluştuğu söylenebilir. Katalizör dozunun artmasıyla birlikte ozonun dekompoze olabileceği aktif siteler artmakta ve bu siteler daha fazla radikalin oluşmasına ve kirleticinin giderilmesine imkan sağlamaktadır. Bu siteler üzerinde oluşan radikallerin bir kısmı kirleticinin giderimi için harcanırken bir kısmı da ozonla tekrar reaksiyona girerek ozonun dekompoze olmasını sağlamaktadır. Katalitik ozonlamanın hümik asit giderimine olan etkisinin incelendiği çalışmaların sonuçları ise Şekil 3.3.2 ve Şekil 3.3.3'te verilmiştir. Katalizör dozlarının artması kirletici giderimine önemli bir katkı sağlamaktadır. Şekil 3.3.2'de farklı katalizör dozlarının suyun UV absorbansının değişimi üzerine olan etkisi, Şekil 3.3.3'te ise THMOP üzerine olan etkisi görülmektedir. Her iki çalışmanın sonucunda da demir bazlı nanopartiküllerin hümik asitin oksidasyonunu artırdığı görülmüştür. Kullanılan katalizör dozuna bağlı olarak bu artışın suyun UV absorbansında %67'ye, THMOP'nde ise % 70'e çıktığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Glaze, W.H.,Kang, J.-W. ve Chapin, D.H., 1987. The chemistry of water treatment processes involving ozone hydrogen peroxide and ultraviolet radiation.

Kasprzyk-Hordern, B.,Ziółek, M. ve Nawrocki, J., 2003. Catalytic ozonation and methods of enhancing molecular ozone reactions in water treatment. Applied Catalysis B: Environmental, 46, 4, 639-669.

JEOTERMAL ATIKSULAR

Merve Sıdıka GÜNDÜZ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
gmervesidika@gmail.com

ÖZET: Sular geçtikleri ortam boyunca kayaçlarla temas ederek bazı maddeleri çözer ve kendileri ile birlikte taşırlar. Sıcak su, buhar ve gazlardan oluşan jeotermal akışkan içerisindeki çözünmüş maddelerin derişimleri, su-kayaç ilişkisi, süresi ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişir. Bir jeotermal sahadaki jeotermal akışkanın doğadaki hareketi, türü, kökeni, yaşı, maksimum hazne kaya sıcaklığı, beslenme yüksekliği ve diğer sularla karışım oranları su kimyası ile açıklanabilir. Gaz-sıvı fazların çevreye verildiği durumlarda içerdikleri zararlı türlerin hava-su-toprakta oluşturacağı çevresel etkilerin araştırılması ve böylece kontrol edilebilmesi için de kimyasal analizler önemlidir. Jeotermal enerji üretim ve ısıtma sistemleri her ne kadar "temiz" olarak bilinse de doğaya verilen sıvı ve gaz, içerdiği maddeler yüzünden pek temiz değildir. Bu maddelerin zararlı etkilerinin belirlenmesi ve gerekirse kontrolü, doğru analiz yöntemlerine başvurulmasını gerektirmektedir.

Anahtar Kelimeler: *jeotermal su, reenjeksiyon, termal kirlilik*

1. GİRİŞ

İnsanlar tarafından üretilen veya başka bir forma dönüştürülen enerjinin çevresel etkilerinin olması kaçınılmazdır. Dolayısıyla elektrik üretimi veya diğer nedenlerle kullanılan derin jeotermal suların da çevreye geniş bir oranda etkisi vardır. Bu etkiler, yüzeyde oluşan çökmelerden (tasman) jeotermal akışkanın oluşturduğu doğal güzelliklerdeki (Pamukkale travertenleri) tahribatlara kadar değişebilmektedir. Bunların yanında jeotermal, lityum, karbondioksit, hidrojen sülfür ve tuz çevreyi olumsuz şekilde kirletmektedir. Fakat santralde kullanılan akışkanın tekrar rezervuara enjekte edilmesiyle çevreye verilen zarar minimuma indirilebilir.

1.1. Jeotermal Atıksu Nedir?

Yerkabuğunun iç kısımlarında biriken ısı konveksiyon yoluyla jeotermal akifer içerisindeki suya iletilir. Isınan su kuyular vasıtasıyla yüzeye taşınır. Yeraltından yüzeye taşınan su, elektrik üretimi, konut ve sera ısıtması, termal tedavi ve turizm gibi amaçlar için kullanılır. Enerjisinden faydalanılan jeotermal su atıksuya dönüşür.

1.2. Jeotermal Atıksuların Çevresel Etkileri

Jeotermal atıksular, genel olarak, metal içeriği bakımından zengin ve sıcaklığı yüksek sulardır.

Termal kirlilik → oksijen dengesinde bozulma, ekolojik bozulma

Kimyasal kirlilik → sağlık problemleri, ekolojik bozulma

Arsenik (As), bor (B), florür (F), silis (Si), jeotermal sularda sıklıkla rastlanan elementlerdir.

Dünya Sağlık Örgütü içme sularında As ve F için üst sınırı 0,01 ve 1,5 mg/L olarak belirlemiştir.

Bor için önerilen standart değer 2,4 mg/L'dir. Ancak, dünyanın büyük bir bölümünde B için belirlenen üst sınır 0,5 mg

1.3.Jeotermal Atıksuların Arıtım Ve Bertaraf Yöntemleri

Arsenik; Demir ile birlikte çökelme veya katalize edilmiş fotooksidasyon ile devam eden ozon oksidasyonu

Arsenik; İyon değiştirme

Arsenik; Sıfır değerlikli demir (adsorpsiyon, çökelme, birlikte çökelme, redoks reaksiyonları)

Bor; İyon değiştirme

Bor; Elektrokoagülasyon

Bor; Ultrafiltrasyon ve ters ozmozdan oluşan ikili hibrid sistem

Silis; Suyu sodyum karbonat veya kireç eklemek suretiyle soğutma havuzlarında 3 güne kadar bekletme

Silis; Yüksek pH'da çeşitli metal katyonları eklemek suretiyle metal silikat olarak çöktürme

Florür; Elektrodializ

<u>Geri Kazanım:</u>

Mineral açıdan zengin jeotermal su, eğer bu elementler yeniden kazanılabilirse değerli bir mineral kaynağıdır.

Silis, çinko, lityum gibi mineral ve metallerin jeotermal atıksulardan geri kazanımı konusunda çeşitli çalışmalar vardır.

California'daki Mammoth Lakes Jeotermal Enerji Santrali'nde ters ozmoz ile silis üretimi yapılmaktadır.

<u>Reenjeksiyon:</u>

Doğal yollarla beslenimi sınırlı olan jeotermal sahalara ek besleme sağlayarak sürdürülebilir kullanıma katkıda bulunur.

Jeotermal sahalarda gözlenen basınç düşümünü ve çökme riskini azaltır

Rezervuar kayasından daha fazla termal enerji elde edilmesini sağlamak suretiyle üretim kapasitesini artırır. .(Özgür GÜNHAN, 2013)

Şekil 1: Reenjeksiyon sistemi

1.4.Türkiye'de Jeotermal Kaynaklı Kirlilik

Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli açısından yüksek, kullanım açısından oldukça düşük seviyelerde olmasına rağmen, gün geçtikçe gözlemlenen kullanım artışları nedeniyle yenilenebilir enerji kullanım açısından oldukça umut verici düzeydedir. Ancak, kullanım artışına bağlı olarak jeotermal atık suların arsenik, bor ve ağır metaller gibi çevresel etkilerini sınırlayabilecek yeni teknoloji ve etkin uygulamaların geliştirilmesine de ihtiyaç vardır.

Özellikle, Batı Anadolu'da önemli havzalardaki jeotermal su potansiyelinin yüksek olması çevresel açıdan çok önemli soruları akıllara getirmektedir. Örneğin; havza içindeki alüvyon akiferlerin ne kadarı jeotermal sudan etkilenmemiş ve temiz kalmış durumdadır, karışım zonunun boyutu nedir? Gediz (Seferihisar, Balçova, Alaşehir ve Salihli), Kütahya (Simav) ve Büyük Menderes (Aydın ve Denizli) gibi birçok havzadaki bor ve arsenik kirliliğinin nedeni jeotermal kaynaklar ise, ne kadarı jeotermal üretim ve yeraltı suyu kullanımı gibi antropojenik etkilerle ortaya çıkmıştır? Jeotermal su üretim artışı mevcut temiz suları ve sıcak-soğuk su karışımlarını nasıl etkileyecektir, kirlilikler azalacak veya artacak mıdır?

Ülkemizde çıkarılan sıcak suyun kullanıldıktan sonra bertarafı konusunda değişen koşullara uygun farklı uygulamalar yasal mevzuat kapsamına alınmıştır. Ancak bu, çevresel açıdan sorunları sınırlayan veya çözen bir durum değildir. Üstelik ÇED açısından jeotermal atık suyun yaratabileceği sorunların çözümünü içeren bir çalışma ya da proje de bulunmamaktadır. Ancak, sorunun çözümü açısından sınırlı da olsa olumlu sayılabilecek gelişmeler de vardır.

Gelişen teknolojiye ve duyulan ihtiyaca göre dönüş jeotermal atık suyu içindeki bazı kimyasal maddeler üretilerek, akışkan bu yönden zararsız hale getirilebilmektedir. Ayrıca, dinlendirme havuzlarında bekletilerek bazı bileşenler havuzlarda çöktürülür jeotermal alanlarda, akışkan kimyasal yönden deniz suyu karakterindedir ve atık suyun denize gönderilmesi bir problem yaratmayacaktır. Atık suların tekrar yeraltına reenjeksiyonu hem çevre hem de rezervuar parametrelerinin korunması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle birçok jeotermal alanda bu yöntem kullanılmaktadır. Ayrıca, jeotermal sahayı ilave beslemek için dere, göl, kanalizasyon (arıtıldıktan sonra) ve nehir suları sahaya enjekte edilmektedir. Sıcaklık ve gürültü, jeotermal sahaların genellikle yerleşim alanlarından uzakta olmaları nedeniyle, bu konuda problemler yaratmamaktadır.

2.ARAŞTIRMA BULGULARI

2.1.Sıcak Suların Genel Özellikler ve Kirlilik

Batı Anadolu'daki sıcak sular uzun yıllardır çevre, makine, jeoloji, maden, kimya gibi disiplinlerden birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve halen kökeni, içeriği, döngüsü ve sorunlarını çözmeye yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Ancak, konu çevresel açıdan incelendiğinde yapılan araştırmalar oldukça sınırlıdır. Konuyu sınırlayan en önemli etken suyun kimyasal olarak çok yüksek oranda çözünmüş içerik ve kirleticiler barındırmasıdır.

Örneğin;

Gediz Havzası ve Balçova bölgesindeki jeotermal suların yeraltı suları üzerinde yarattığı arsenik ve bor kirlilikleri bulunmaktadır. Ayrıca, sıcak suların yüksek indirgen özellikleri, akiferler üzerinde oluşturduğu desorbsiyon şartlarına bağlı kirlilikleri nedeni ile ilave olumsuz etkiler de yapabilmektedir.

Balçova alanında sıcak atık su, alüvyon akiferdeki yeraltı suları üzerinde büyük bir kirletici etkiye sahip olan yüksek çözünmüş konsantrasyonlar (1637-2100 µS/cm), As (0.176-0.419 ppm) ve B (7.7-14.5 ppm) gibi toksik bileşenlere sahiptir. Jeotermal su kimyası, reenjeksiyon noktasından hidrolik akım yönünde denize kadarki akım yolunda önemli değişimlere uğramaktadır. Akım yolu başlangıcında pH ve elektriksel iletkenlik değerleri sırası ile 6.3 ve946 µS/cm iken akım yolu sonunda 7.45 ve 5720 µS/cm (deniz suyu girişimi) değerlerine kadar çıkmaktadır. As konsantrasyonu, jeotermal alana yakın birkaç örnek dışında alınan diğer tüm numunelerde kabul edilebilir limitlerin (10 ppb) altındadır. Ancak, bor konsantrasyonları ortalama 2.8 mg/L olarak yasal limitlerin üzerinde olmasına rağmen oldukça

azalmıştır. Tüm akifer dikkate alındığında derinlik artışı jeotermal suyun hakimiyetini sonuçlanmakta ve kirlilikleri arttırmaktadır. Yağış, temiz yeraltı ve yüzey sularının karışım zonu olan akiferin üst kısımları, kirliliklerin en az olduğu kısımlardır.

Ayrıca, jeotermal su akım yolu önünde deniz suyu girişimi yok iken akım yolunun etrafında deniz suyu girişimleri oluşmaktadır. Bu durum, ortamda yaratılan yüksek akım şartlarına bağlı deniz suyu girişimi ile ilişkili olabilir.

Gediz Havzası'nda, hem doğal hem de kullanıma bağlı etkileri kolayca gözlemleyebilmek mümkündür. Bozdağ temiz yüzey ve yeraltı sularının karışım yaparak havzadaki alüvyon akiferde kirlilikleri azaltması, havza önlerinde mevsimsel olarak sıcak suların kullanımına bağlı değişim göstermektedir. Ayrıca, sıcak suların fay zonlarına reenjeksiyon yapılsa bile (döngüye girmemesi nedeni ile) suyun tekrar yükselerek havzadaki yeraltı suyu seviyesi üzerinden yayılım göstermesi kuvvetle muhtemeldir. Bu alanlarda, sıcak suların hareketi ile ilgili ayrıntılı incelemelere gerek vardır. (Sevgi TOKGÖZ GÜNEŞ, Cihan GÜNEŞ ,2013)

Şekil 2: Sıcaklığına Göre Ülkemizdeki Jeotermal Alanların Dağılımı

Şekil 3: Kurulu güce göre jeotermal enerji

Şekil 4: Sıcaklığına Göre Ülkemizdeki Jeotermal Kaynakların Konumları

2.2.Ülkemizdeki Jeotermal Kaynaklı Kirlilik

- •Büyük Menderes Havzası
- •Küçük Menderes Havzası
- •Susurluk Havzası
- •Akarçay Havzası
- •Gediz Havzası

Büyük Menderes Havzası

Büyük Menderes Havzası Koruma Eylem Planı (2010)

•Termal kirlilik, tuzluluk, B kirliliği

•Jeotermal elektrik santralleri: Denizli- Sarayköy, Aydın-Köşk (Dora-1 ve Dora-2) ve Aydın-Germencik

•Reenjeksiyon yapılmaktadır. Ancak by-pass hatları mevcut olup arıza veya bakım zamanlarında alıcı ortama deşarj edilme ihtimali vardır.

•Denizli Pamukkale çevresindeki termal oteller Akköy Belediyesi AAT'ye bağlıdır.

•Aydın'da narenciye kalitesinde önemli düşüş

Küçük Menderes Havzası

Küçük Menderes Havzası Koruma Eylem Planı (2010)

•Jeotermal enerji 10 yılı aşkın süredir ısınma amaçlı kullanılmaktadır.

•Alaçatı, Ilıca ve Şifne'deki jeotermal tesislerden kaynaklanan atıksular Alaçatı Barajı'nda; Narlıdere ve Balçova'daki jeotermal tesislerden kaynaklanan atıksular ise Balçova Barajı'nda Bor konsantrasyonu açısında risk oluşturmaktadır.

Susurluk Havzası

Susurluk Havzası Koruma Eylem Planı (2010)

•Tavşanlı ve Emet'deki jeotermal tesislerden kaynaklanan atıksular Emet ve Orhaneli Çayı vasıtasıyla Uluabat Gölü'ndeki; Simav, Balıkesir-Merkez, Sındırgı ve Bigadiç'teki jeotermal tesislerden kaynaklanan atıksular ise Simav Çayı'ndaki Bor konsantrasyonunu arttırıcı unsurlar arasındadır.

Akarçay Havzası

Akarçay Havzası Koruma Eylem Planı (2008)

•Afyonkarahisar → termal turizm ve konut ısıtması

•Yüzey sularındaki etkisi → Kullanım sonrası veya verimsiz işletilen arıtma tesislerinden sonra Akarçay'a deşarj

•Yeraltı sularındaki etkisi → soğuk-sıcak su dengesinin bozulması ve sıcak suların soğuk su sistemine girişimi

Maksimum B konsantrasyonu → Ömer-Gecek termal sahasının çıkışında ve Afyonkarahisar Ovası'nın kuzeybatısındaki sıcak su kuyularında

• Arsenik (Ömer hamamı deşarjı) = 176,6 mg/L

• Arsenik (AFJET deşarjı) = 173,9 mg/L

• Arsenik (Heybeli kaplıcası) = 168,6 mg/L

•İçme sularında maksimum Arsenik = 0,01 mg/L

B ile Mg, Na ve K tuzlarının toprağa ve sulara karışması flora ve fauna dengesini bozmaktadır, toprağı bitkilerin yetişemeyeceği bir forma sokarak tarımsal üretimi düşürmektedir.

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Günümüzde, atık sıcak sudan kurtulmanın en uygun yöntemi alınan suyun yakın yeraltı rezervuarlarına tekrar geri gönderilmesidir. Bu durumda, hem kirlilik sorunlarının ortadan kaldırıldığı düşünülmekte hem de sıcak suyun tekrar rezervuarı beslemesi sağlanarak ısı kayıpları azaltılmaktadır. Ancak, bu durum pratikte birçok sahada geçerli olmadığı gibi ciddi kirlilik sorunları da yaratmaktadır. Dahası, giderek artan kullanım ve kapasite artışı yeni stratejiler geliştirmeyi zorunlu kılmaktadır.

Batı Anadolu jeotermal sahaları ve alüvyon akiferleri arasındaki etkileşimi anlamak, yeni strateji geliştirmede çok önemli öngörüler sağlayabilir. Saha ve havza özelinde deniz, göl, akarsu deşarjı, fiziksel ve kimyasal arıtma ya da atık suya eklenecek kimyasal bir reçete ile akım yolunda doğal arıtım performansının arttırılması gibi farklı seçenekler üzerinde çalışılması gereklidir. Eğer uygun ve ekonomik arıtma seçenekleri geliştirilemez ise, havza yönetimi açısından oldukça kirletici içerikteki jeotermal suların kullanımı sınırlanabilir. Yeni arıtma teknikleri geliştirilerek tarımsal açıdan en önemli kirletici olan bor sorunu çözülebilir ve hatta termal sular arıtıldıktan sonra sulama amaçlı kullanılabilir.

Jeotermal suların sürdürülebilir yönetimi, jeotermali ve ortamını anlamayı, doğru, hassas, geçerli, tam ve yeterli veriler üreterek ileriye dönük çevresel öngörüler sağlamayı gerektirmektedir. Mevcut çevresel koşullar ve bu koşulları lehimize nasıl çevirebileceğimiz jeotermal suların geleceği açısından çok önemlidir ve net bir şekilde anlaşılmalıdır.
(Sevgi TOKGÖZ GÜNEŞ, Cihan GÜNEŞ 2013)

KAYNAKLAR

BRIDGE (2013) Background cRiteria for the IDentification of Groundwater Thresholds.
http://nfp-at.eionet.europa.eu/irc/eionet-circle/bridge/info/data/en/index.htm Accessed 15 January 2013

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013, (güncelleme 12.08.2010)

http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=jeotermal&bn=234&hn=&nm=384&id=40697

T.C. Resmi Gazete, 2013

http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/09/2013b0924.pdf

Tokgöz Güneş, S., Güneş, C., 2009. Yeraltı Suyu ve Yüzeysel Sularda Jeotermal Kaynaklı Arsenik Hareketliliği. Dokuz Eylül Üniv. Müh. Fakültesi, Fen ve Müh. Dergisi, 3/2009.

http://www.jeotermal.com/dokumanlar/dosyalar /23/10/2013

REAKTİF RED 198 BOYASININ İLERİ OKSİDASYON YÖNTEMLERİNDEN UV/H_2O_2 VE US/FENTON PROSESİ İLE GİDERİMİ

Merve ŞEKER[1,a] Serenay SIRTBAŞ[1,b] Emine BAŞTÜRK[1] Mustafa KARATAŞ[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 68100, AKSARAY*
[a] *mrveskr@gmail.com*, [b] *serenaysirtbas@gmail.com*

ÖZET: İleri oksidasyon prosesleri boyar madde giderimi için kullanılan yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, ileri oksidasyon yöntemlerinden olan UV spektrofotometre ve US spektrofotometre ile boyarmadde giderimi incelenmiştir. UV spektrofotometrede katalizör olarak H_2O_2 farklı konsantrasyonlarda (10,50, 100,200 ve 500 mg/L), pH (3,5ve 7.23) ve boyar madde miktarları (25,50,100 ve 200 mg/L) incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda optimum giderim verimi 100mg/L boyar madde, pH=7.23, 100mg/L H_2O_2 kullanılarak sağlanmıştır. US spektrofotometrede katalizör olarak H_2O_2+Fe farklı konsantrasyonlarda (Fe:10,30 ve 50mg/L, H_2O_2:100,200 ve 250mg/L,), pH (3,5ve 7) ,boyar madde miktarları (50 mg/L) ve güç(%100,%75,%50) incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda optimum giderim verimi 50 mg/L boyar madde, pH=3, 200mg/L H_2O_2, 30 mg/L $FeSO_4$ ve %50 güç kullanılarak sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *ileri oksidasyon, ultraviyole, ultrases, hidrojen peroksit, fenton*

1.GİRİŞ

Son yıllarda endüstrileşmenin zamanla artış göstermesiyle birlikte artan üretimin çevre üzerindeki olumsuz baskıları temiz bir çevreyi tehdit eder duruma gelmiştir. Bunun yanı sıra günümüzde kuraklığın ortaya çıkardığı su sıkıntısının yaşandığı ülkemizde, temiz su kaynaklarının en uygun değer şekilde kullanılması gerekliliği, endüstrilerde alternatif su kullanım yollarının aranmasına neden olmuştur. Bu nedenle endüstriyel üretim sonucunda oluşan atıksuların çevreye zararsız hale getirilecek düzeyde arıtılması ve geri kazanılarak endüstride tekrar kullanılması konuları araştırmaların ana konusu olmuştur. (Uludağ Ünv,2008)Tekstil endüstrisinde kullanılan reaktif boyalar, proses işlemleri sonucunda meydana gelen yüksek miktarlarda organik kirlilik ve renklilik içeren atık sular oluşturmaktadır. Çevreye salınan bu sular içerisindeki reaktif boyarmaddeler bozunmadan uzun yıllar boyunca çevrede kalırlar. Bu atık suların çevreye ve sağlığa etkilerini en aza indirebilmek amacıyla ileri oksidasyon yöntemleri uygulanmaktadır.(Küni,Gül)

2.MATERYAL VE METOT

2.1Materyal

Çalışmada katalizör olarak $FeSO_4$ ve H_2O_2 görüntüleri sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Kullanılan stok boyar madde çözeltisi Şekil 3'de verilmiştir.

Şekil 1:$FeSO_4$

Şekil 2: H_2O_2

Şekil 3:1000mg/L stok çözelti

1000 mg Reaktif Red 198 boyar madde deiyonize su ile 1L'ye tamamlanarak 1000mg/L stok çözelti hazırlanmıştır. Deneysel çalışma için hazırlanan stok çözeltiden farklı derişimlerde örnek alarak seyreltik çözelti hazırlanmıştır. Ultrases prosesinde katalizör olarak kullandığımız $FeSO_4$ için stok çözelti hazırlanmıştır.0,632 gr $FeSO_4$ tartılarak deiyonize su ile 250 mL'ye tamamlanarak 500mg/L FeSO4 stok çözeltisi hazırlanmıştır.

2.2 Metot

pH analizleri; LABQUEST 2 Marka Vernier - LQ2-LE model cihaz ile anlık ölçümler şeklinde yapılmıştır. Çözeltilerin ortam pH'ları sodyum hidroksit (NaOH) ve hidroklorik asit (HCl) kullanılarak sağlanmıştır. Reaktif Red 198 için öncelikle bir dalga boyu taraması yapılmış (Shimadzu UV-1280) ve en yüksek absorbans değeri Reaktif Red 198 için 520 nm, olarak bulunmuştur. Sonraki çalışmalarda bu değer sabit tutularak ölçümler yapılmıştır. Ultra ses cihazında (KudosLHC_Heating) giderim çalışmaları 53 Khz de çalışılmıştır. Hazırlanan bu çözeltilerin absorbans değerlerinden kalibrasyon eğrisi elde edilmiş ve boya giderim deneylerinden elde edilen absorbans değerleri bu eğri kullanılarak konsantrasyon olarak ifade edilmiştir. Boyar madde analizleri UV/H_2O_2 ve US/FENTON (H_2O_2+FE^{+2}) kullanılarak yapılmıştır. Numulerin absorban değerleri ise dalga boyu dağılımlı spektrometre yöntemiyle yapılmıştır.

2.2.1 Deneysel Sistem

Çalışmada Reaktif Red 198 boyasının ileri oksidasyon yöntemlerinden olan ultraviyole H_2O_2 ve ultrases fenton prosesi kullanılarak giderimi sağlanmıştır. Deneysel sistemlerin görüntüsü sırasıyla şekil 4 ve şekil 5' te verilmiştir.

Şekil 4:UV düzeneği

Şekil 5:US düzeneği

Çalışmada boyar madde gideriminde UV spektrofotometrede H_2O_2 farklı konsantrasyonlarda (10,50, 100,200 ve 500 mg/L), pH (3,5ve 7.23) ve boyar madde miktarları (25,50,100 ve 200 mg/L) incelenmiştir. Her bir parametrenin etkisi incelenirken (1, 2.5,5,10,20dk)dakika sonunda örnek alınarak spektrofotometrede okutma yapılmıştır. Diğer çalışmamızda boyar madde gideriminde US spektrofotometrede katalizör olarak H_2O_2+Fe farklı konsantrasyonlarda (Fe:10,30 ve 50mg/L, H_2O_2:100,200 ve 250mg/L,), pH (3,5ve 7) ,boyar madde miktarları (50 mg/L) ve güç(%100,%75,%50) incelenmiştir. Aynı sürelerde örnek alınarak spektrofotometrede okutma yapılmıştır.

Deneysel sistemdeki boyar maddelerin adsorplama kapasitesi Eşitlik 1'de, yüzde (%) giderim verimleri Eşitlik 2'deki gibi hesaplanmıştır.

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} * V \quad (1)$$

$$\%\ Giderim\ verimi = \frac{C_0 - C_e}{C_0} * 100 \quad (2)$$

C_o: Başlangıç boyar madde konsantrasyonu (mg/L), C_e: Çıkış boyar madde konsantrasyonu (mg/L), q_e: Adsorplama kapasitesi (mg/g), V: Çözelti hacmi (L) ve m: boyar madde miktarı (g) 'dır.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 ULTRAVİYOLE İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1.1 Hidrojen Peroksit Konsantrasyonunun Giderim Verimine Etkisi

Hidrojen peroksitin giderime etkisi araştırılırken, 100 mg/L boya çözeltisi hazırlanmış ve 25, 50, 100, 200 mg/L Hidrojen peroksit (H_2O_2) dozları boya çözeltisine eklenerek hazırlanan çözelti UV reaktöre verilmiştir. Belirli aralıklarda örnekler alınmış ve örnekler 520 nm de spektrofotometrede okutulmuştur.En yüksek giderim veriminin ve en kısa sürenin olduğu doz optimum Hidrojen peroksit (H_2O_2) dozu (100mg/L)olarak belirlenmiştir.

Şekil 6: H_2O_2 Konsantrasyonun Giderim Verimine Etkisi

3.1.2 pH Değişiminin Giderim Verimine Etkisi

Boya çözeltisinin içine optimum Hidrojen peroksit (H_2O_2) eklemesi yapıldıktan sonra pH değerleri 3 ile 5 arasında olacak şekilde çözelti ayarlanmıştır. Hazırlanan çözelti UV reaktöre verilmiştir. Belirli sürelerde örnekler alınmış ve örneklerin 520 nm'de spektrofotometrede okuması yapılmıştır. En yüksek giderim veriminin ve en kısa sürenin olduğu pH (7.23) optimum pH değeri olarak belirlenmiştir.

Şekil 7: pH Değişiminin Giderim Verimine Etkisi

3.1.3 Boyar Madde Derişiminin Giderim Verimine Etkisi

Boya dozunun giderim verimine etkisi araştırılırken ilk olarak stok olarak hazırlanan boyar maddeden 25, 50, 100 ve 200 mg/L olacak şekilde çözelti hazırlanmıştır. Belirlenen optimum Hidrojen peroksit (H_2O_2) dozu (100mg/L) ve önceki çalışmada belirlenen optimum pH (7,23) değerini sağlayacak şekilde çözelti hazırlanmıştır ve UV reaktöre verilmiştir. Belirli aralıklarda örnekler alınmış, alınan örneklerin anında sıcaklık ve pH değerleri ölçülmüştür. Daha sonra örneklerin 520 nm de UV spektrofotometrede okuması yapılmıştır. En yüksek giderim veriminin ve en kısa sürenin olduğu doz (100mg/L) optimum boya dozu olarak belirlenmiştir.

Şekil 8: Boyar Madde Derişiminin Giderim Verimine Etkisi

3.2ULTRASES İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.2.1 Demir ve Hidrojen Peroksit Derişiminin Giderim Verimine Etkisi

Çalışmanın önceki aşamasında hidrojen peroksit dozlarının yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Tek başına yeterli olmayan katalizöre demir ekleyerek çalışılmıştır. İlk olarak 50 mg/L olacak şekilde boya çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra 10, 30, 50 mg/L demir derişimleri çözeltiye eklenmiş ve 100, 200, 250 mg/L olacak şekilde hidrojen peroksit eklemesi yapılmıştır. Her iki katalizör çözeltinin içine eklendikten sonra US reaktöre verilmiştir. Belirli zaman aralıklarında örnekler alınarak 520nm de spektrofotometrede okutulmuştur. En uygun giderim veriminin olduğu optimum süre, demir dozu (30mg/L) ve hidrojen peroksit dozu (200mg/L) belirlenmiştir.

Şekil 9: Fenton Derişiminin Giderim Verimine Etkisi

Şekil 10: H_2O_2 Konsantrasyonun Giderim Verimine Etkisi

3.2.2 pH Değişimini Giderim Verimine Etkisi

Boya çözeltisinin içine optimum H_2O_2 (200mg/L) ve optimum demir dozu (30mg/L) eklemesi yapıldıktan sonra pH değerleri 5 ile 7 olacak ayarlanıp çözeltiler US reaktöre verilmiştir. Belirli süre aralıklarında örnekler alınmış ve örneklerin 520 nm de spektrofotometrede okuması yapılmıştır. En yüksek giderim veriminin ve en kısa sürenin olduğu pH optimum pH değeri(3) olarak belirlenmiştir.

Şekil 11: pH Değişiminin Giderim Verimine Etkisi

3.2.3 Güç Değişimini Giderim Verimine Etkisi

50 mg/L olarak hazırladığımız boya çözeltisine optimum H_2O_2 (200 mg/L), optimum demir (30 mg/L) dozları ilave edilir ve optimum pH (3) sağlandığında çözleti Us reaktöre verilirken Us reaktör güç oranları %100, %75, %50 olacak şekilde ayarlanarak giderim yapılmıştır. Belirli aralıklarla alınan örnekler 520 nm de spektrofotometrede okutularak en iyi giderim veriminin olduğu güç oranı (%50) belirlenmiştir.

Şekil 12: Güç Oranının Giderim Verimine Etkisi

3.2.4 Frekansın Giderim Verimine Etkisi

50mg/L olarak hazırladığımız boya çözeltisine optimum H_2O_2 (200mg/l), optimum demir(30mg/l) dozları ilave edilir ve optimum ph (3) sağlandığında çözleti Us reaktöre verilirken Us reaktör frekans ayarları 35 hz ve 53 hz olacak şekilde ayarlanarak giderim yapılmıştır. Belirli aralıklarla alınan örnekler 520 nm de spektrofotometrede okutularak en iyi giderim veriminin frekans (53)belirlenmiştir.

Şekil 13: Frekans Değişiminin Giderim Verimine Etkisi

4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmalar sonucunda, UV/ H_2O_2 prosesi için kullanılan optimum deneysel şartlar, pH 7.23, H_2O_2 100mg/L, boyar madde derişimi 100 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında yapılan çalışmada elde edilen giderim verimi %93,95 olarak hesaplanmıştır. US/ H_2O_2 prosesi %1 lik gibi az bir giderim verimi verdiği için fenton prosesi kullanarak deneyler yapılmıştır. US/FENTON (H_2O_2+FE^{+3}) prosesi için kullanılan optimum deneysel şartlar, pH 3, H_2O_2 200mg/L, FE^{+3} 30mg/L, güç %50, frekans 53 hz olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında yapılan çalışmada elde edilen giderim verimi %100 olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışma laboratuvar ölçeğindedir, ancak daha sonra gerekli ön çalışmalar yapılarak boyar madde kirliliği oluşan bir atıksu üzerinde optimum dozlar ve maliyet göz önüne alınarak bu yöntemlerin uygulanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Baştürk, E,2012 Reaktif mavi 181 boyasının ileri oksidasyon yöntemlerinden UV/ H_2O_2 prosesi ile giderimi , Yüksek Lisans tezi ,Aksaray Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü , Aksaray

Birgül, A., 2006. Tekstil endüstrisi atıksu arıtımında ileri oksidasyon proseslerinin kullanımı, Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Büyükada. M, Yıldız.F , Öksüz.B Selen.V 2012, Ultrases destekli sistemlerde boyar madde giderimi Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 3-6 Eylül 2012, Koç Üniversitesi, İstanbul

Demirci, C., 2007. Pamuklu tekstil endüstrisindeki atıksularındaki rengin foto-fenton prosesi ile giderimi, Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ

D. D. Milenkovic, P. V. Dasic and V. B. Veljkovic, Ultrasound-assisted adsorption of copper(II) ions on hazelnut shell activated carbon, Ultrasonics Sonochemistry 16 (2009), 557-563.

Ghodbane, H., Hamdaoui, O., 2010. Decolorization of Antraquinonic Dye, C.I. Acid Blue 25, in Aqueous Solution by Direct UV İrradiation, UV/H2O2 and UV/Fe(II) Processes, Chemical Engineering Journal 160: 226-231

Gülhan KÜNİ, Şermin GÜL, Reaktif Kırmızı 195 Azo Boyar Maddesinin İleri Oksidasyon Yöntemleriyle Parçalanması, Yükses Lisans Tezi,Kimya Anabilim Dalı

Karataş, M., 2008. Tekstil boyalı atıksuların biyolojik arıtımı, Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 13, Sayı 1, 2008

NARLIGÖL'ÜN SU KALİTESİ AÇISINDAN İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Nurhayat KAYA[1], Samet ÖZCAN[1]
[1] *Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*
nurhaytkaya@gmail.com, sametozcan@hotmail.com

ÖZET: Günümüzde tüm su kaynaklarının kalitesinin izlenmesi su kaynaklarının kısıtlı olması nedeniyle daha önemlidir. Bu çalışmada; Niğde iline bağlı turizm açısından büyük bir önemi olan Narlıgöl'ün suların kalitesini gözlemlemek amacıyla 2 noktadan farklı zamanlarda 2 kez örnekleme yapılarak temel fizikokimyasal parametreler ve ağır metal analizleri yapılmıştır. 2 farklı istasyondan alınan numuneler sonucu su kalitesi ve sınıfı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Narlıgöl, İzleme, Değerlendirme, Su Kalitesi*

1. GİRİŞ

Günümüzde su, yaşamın ve ekosistemin vazgeçilmez bir parçası olarak önemini giderek arttırmaktadır. Su, insanın temel ihtiyaçlarını karşılamasının yanında; sürdürebilir tarım, endüstri, enerji üretimi, ulaşım ve turizm gibi birçok faaliyetin gelişmesinin kaynağıdır[8]. Kullanılabilir suyun doğada bulunuşu yer ve zamana göre büyük farklılıklar göstermektedir. Doğadaki su kaynakları miktarı sabit iken bu kaynakların doğadaki dağılımı düzensizdir. Suya ihtiyacın çeşitlenerek artması, kirlenme ve iklim değişikliği su kaynaklarını özellikle fakir bölgeler için önemli bir konuma taşımıştır[7].

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km³'tür. Bunun %97,5'u okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak bulunmaktadır. Ancak %2,5'i tatlı su formunda bulunmaktadır. Tatlı suyun %68,7'si buzullarda, %30,1'i yer altı sularında, %0,8'i donmuş topraklar içinde yer almaktadır. Tatlı suyun sadece %0,4'ü yeryüzünde ve atmosfer içindedir. Bu suyun da %67,4'ü göllerde, %12,2'si toprak nemi olarak,%9,5'i atmosferde, %8,5'i sulak alanlarda, %1,6'sı nehirlerde, %0,8'i bitki ve hayvan bünyesinde bulunmaktadır. Yeryüzünün dörtte üçünün sularla kaplı olmasıyla, dünyada su bolluğunun olduğu düşünülebilmektedir. Sadece içilebilir kalitedeki su oranı ise %0,74 civarlarındadır. Bu veriler, insanoğlunun ihtiyaçları doğrultusunda kullanabileceği tatlı su kaynaklarının son derece sınırlı olduğunu açık bir şekilde göstermektedir. Sanayi Devrimi başlangıcında 1 milyar olan dünya nüfusu, 1950 yılında 2,5 milyar, 2012 sonunda ise yaklaşık 7 milyara ulaşmıştır. Son yüzyılda dünya nüfusunun üç kat artmasına karşılık su kaynaklarının kullanımı altı kat artmıştır [9].

Dünyada az olan tatlı su kaynaklarının endüstriyel atıklar ile kirletilmesi, enerji üretiminde kullanılan suyun geri kazanımı ile insani tüketime uygun olmayışı, şehirleşme kaynaklı atıklar, kontrolsüz pestisit kullanımı ile yanlış tarım uygulamaları ve küresel ısınmaya

bağlı iklim değişiklikleri ile yaşanan kuraklıklar eklenince sorunun boyutları daha da çarpıcı hale gelmektedir. Küresel boyuttaki sorunlardan birisi de yeryüzündeki su kaynaklarının zamansal ve mekânsal olarak eşit dağılmamıştır. Bazı bölgeler su yönünden oldukça zengin kaynaklara sahip olurken bazı bölgeler su kıtlığı çekmektedir[2].

Doğada suya bağımlılık giderek artarken ve aynı zamanda doğadaki canlı miktarı artış gösterirken su kaynakları sabit kalmaktadır. İnsanlar yaşamsal ve diğer ihtiyaçları için gereken suyu hidrolojik döngü olarak adlandırılan bu döngüden alır ve tekrar aynı döngüye geri verirler. Ancak bu süreç içerisinde suya karışan maddeler suların fiziksel kimyasal ve biyolojik özelliklerinin değişmesine neden olur ve su kirliliği diye adlandırılan olgu gerçekleşir. Su kirliliği; sularda insan etkisiyle oluşan suyun kullanımını kısıtlayan veya tamamen engelleyen ve çevre dengesinin bozulmasına sebep olan değişimler şeklinde tanımlanabilir[6].

Narlıgöl termal kaynak suları ile sondaj kuyu sularının 1 litrede 1 gramın üzerinde katı mineral ve gaz ihtiva etmesi, sıcak oluşu, bir gramın üzerinde bor, lidyum, florür içermesi ve radyoaktif oluşu nedeniyle, uluslararası normlara uygun oluşunu sağlamakta ve endikasyon özelliğini belirlemektedir. Uluslararası kaplıcalar birliği sınıflamasına göre, Acıgöl termal suları sodyum, potasyum, magnezyum, klorür ve bikarbonatlı radyoaktif termal su olup, ayrıca B, F, I, CO_2 içermektedir. Bundan dolayı, bu suların romatizmal hastalıklara, deri, solunum yolu, kalp-kan dolaşım yolu, beslenme bozukluğu, böbrek ve idrar yolları hastalıklarına iyi gelmesi mümkün görülmektedir[3].

Bu çalışmada daha önceden su kalite parametreleri açısından incelenmediği tespit edilen pek çok aktiviteden dolayı tehdit altında olan Narlıgöl'ün su kalitesinin belirlenmesi ve bazı fizikokimyasal parametrelerin aylık değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçların bölge turizmi açısından büyük öneme sahip olan Narlıgöl'ün su kalitesinin korunmasına yönelik çalışmalara temel oluşturması hedeflenmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanının sınırları içerisinde yer aldığı Niğde ili, kuzeyden Nevşehir, doğu-güneydoğudan Kayseri ve Adana, güneyden İçel, kuzeybatı-batıdan Aksaray ve Konya illeriyle çevrilidir. Narlıgöl (Acıgöl) termal kaynağı, İç Anadolu Bölgesinde Niğde ilinin merkez ilçe köylerinden Narköy'ün 3 km kuzeydoğusunda bulunmaktadır. İç Anadolu'nun güneyinde kalan bu termal kaynak sahasının güneyinde Altunhisar ve Bor ilçeleri ile Niğde ili, doğusunda

Yeşilhisar ve Derinkuyu yerleşim birimleri, kuzeyinde Nevşehir ve batısında Aksaray'ın Gülağaç ve Güzelyurt ilçeleri yer almaktadır. Burası aynı zamanda Aksaray il sınırında bulunmaktadır (Şekil 1).

Şekil 1: Çalışma alanın Türkiye'deki Yeri ve Konumu

Suyu kükürtlü olduğundan önceleri "Acıgöl" olarak anılan daha sonraları ise Narlıgöl adını alan göl çeşitli kaynaklardan beslenmektedir. Sular gölün tabanından yer altı suyuna karışarak yaklaşık 3 km. batıdaki Bekârlar köyünde yeniden ortaya çıkmaktadır. Narlıgöl (Acıgöl) bir krater gölüdür. Etrafı dağlık olan Narlıgöl'ün derinliği yer yer 65-70 m olup, kuzeyinde Kalınbuz tepesi 1430 m, güneybatıda Kuşoturan tepe 1495m, güneyde Pisilik tepe 1620m, doğuda Kızıltepe 1614 m ile çevrilidir. Narlıgöl oldukça çukurda kaldığı için kışın ılık bir havanın hakim olduğu ve kar tutmadığı 1976 yılı Aralık alında yapılan incelemede ortaya çıkarılmıştır. Gölün takriben 25000 metrekarelik bir alanı kapladığı tahmin edilmektedir. Gölün kenarları çayır ve sazlıklarla kaplıdır. Narlıgöl termal kaynağı çevresinde Aksaray'a bağlı Sofular köyü, Niğde ilinin Narköy ve Gösterli köyleri bulunmaktadır (Şekil 2)[11].

3. MATERYAL ve METOD

Narlıgöl'ün bazı fizikokimyasal parametrelerini belirlemek amacıyla gölün iki uç noktasından örnekler alınmıştır. Bu su örnekleri Mart ve Nisan zamanlarda alınan örneklerin pH, Elektriksel İletkenlik, Renk, Bulanıklık, Toplam Sertlik, Alkalinite, Toplam Organik

Karbon, Toplam Azot, Toplam Çözünmüş Katı Madde, Anyon ve Ağır Metal analizleri yapılmıştır.

Arazide yerinde ölçülmesi gereken pH ve Elektriksel İletkenlik parametreleri numuneler alınırken arazide ölçülmüş ve diğer tüm parametreler Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuarı'nda standart metotlar kullanılarak analiz edilmiştir. Değerlendirme yapılırken "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Ek-5 Yüzeysel Su Kütlelerinde Bazı Parametreler İçin Çevresel Kalite Standartları ve Kullanım Maksatları Tablo 5: Kıtaiçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" belirlenen kalite parametreleri göz önüne alınarak karşılaştırma yapılmıştır.

Şekil 2: Narlıgöl'e ait bir fotoğraf

4. BULGULAR ve İNCELEMELER

Narlıgöl'ün su kalitesinin gözlemlemek amacıyla 2 noktadan 2 farklı zamanlarda örnekleme yapılarak temel fizikokimyasal parametreler ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları zamansal farklılıklara göre incelenmiş, farklılıklar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Zamansal Analiz Sonuçları

ÖRNEK GELİŞ TARİHİ	**11.03.2017**		**17.04.2017**	
ANALİZ TARİHİ	**11.03.2017**		**17.04.2017**	
	NARLIGÖL 1. NOKTA	**NARLIGÖL 2. NOKTA**	**NARLIGÖL 1. NOKTA**	**NARLIGÖL 2. NOKTA**
ÖZELLİKLER	**SONUÇ**	**SONUÇ**	**SONUÇ**	**SONUÇ**
Fe, Demir, µg/L	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**
Mn, Mangan, µg/L	**44,00**	**51,00**	**31,00**	**27,00**
Pb, Kurşun, µg/L	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**
Ni, Nikel, µg/L	**11,00**	**9,000**	**8,000**	**8,000**
Cd, Kadmiyum, µg/L	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**
As, Arsenik, µg/L	**5797**	**5909**	**4368**	**4265**
Hg, Civa, µg/L	**178,0**	**178,0**	**143,0**	**139,0**
Sb, Antimon, µg/L	**23,00**	**23,00**	**18,00**	**19,00**
Ti, Titanyum, µg/L	**98,00**	**98,00**	**86,00**	**84,00**
Cu, Bakır, µg/L	**115,0**	**115,0**	**93,00**	**92,00**
Al, Alüminyum, µg/L	**212,0**	**211,0**	**179,0**	**183,0**
Na, Sodyum, mg/L	**477,2**	**479,8**	**383,2**	**389,0**
B, Bor, µg/L	**8.458**	**8.565**	**7.148**	**7.164**
Florür, µg/L	**984,9**	**371,5**	**140,4**	**75,10**
Klorür, mg/L	**725,9**	**742,6**	**754,1**	**736,6**
Nitrat azotu (mg NO_3^--N/L)	**0,114**	**0,056**	**0,012**	**0,023**
Sülfat, mg/L	**179,9**	**178,9**	**196,6**	**192,3**
Toplam Org Karbon mg C/L	**24,16**	**22,25**	**24,45**	**22,58**
Toplam Azot mg N/L	**0,763**	**0,592**	**0,711**	**0,680**
Sıcaklık, ^{0}C	**11,26**	**11,33**	**13,28**	**13,54**
Renk mg/L Pt-Co Skalası	**4,480**	**4,560**	**5,510**	**5,330**
Bulanıklık, NTU	**1,830**	**1,770**	**2,370**	**1,390**
İletkenlik, µs/cm	**3420**	**3410**	**3570**	**3620**
pH	**7,40**	**7,67**	**7,61**	**7,89**
Çözünmüş Oksiken, mg O_2/L	**6,860**	**7,120**	**6,122**	**6,188**
Amonyum azotu (mg NH_4^+-N/L)	**0,677**	**0,523**	**0,681**	**0,672**
Toplam Sertlik mg $CaCO_3$/L	**720,0**	**720,0**	**690,0**	**670,0**
Alkanite mg $CaCO_3$/L	**140,0**	**140,0**	**470,0**	**490,0**

Tablo:2 Kıtaiçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (YSKYY Ek-5 Tablo 5)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Genel Şartlar				
Sıcaklık (ºC)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
İletkenlik (µS/cm)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
Renk	**RES 436 nm:** 1.5 **RES 525 nm:** 1.2 **RES 620 nm:** 0.8	**RES 436 nm:** 3 **RES 525 nm:** 2.4 **RES 620 nm:** 1.7	**RES 436 nm:** 4.3 **RES 525 nm:** 3.7 **RES 620 nm:** 2.5	**RES 436 nm:** 5 **RES 525 nm:** 4.2 **RES 620 nm:** 2.8
(A) Oksijenlendirme ***Parametreleri***				
Çözünmüş oksijen (mg O_2/L)[a]	> 8	6-8	3-6	< 3
Oksijen doygunluğu (%)[a]	90	70-90	40-70	< 40
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	25-50	50-70	> 70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ$_5$) (mg/L)	< 4	4-8	8-20	> 20
B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri				
Amonyum azotu (mg NH_4^+-N/L)	< 0,2[b]	0,2-1[b]	1-2[b]	> 2
Nitrit azotu (mg NO_2^--N/L)	< 0,002	0,002-0,01	0,01-0,05	> 0,05
Nitrat azotu (mg NO_3^--N/L)	< 5	5-10	10-20	> 20
Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,03	0,03-0,16	0,16-0,65	> 0,65
C) İz Elementler (Metaller)				
Cıva (µg Hg/L)	< 0,1	0,1-0,5	0,5-2	> 2
Kadmiyum (µg Cd/L)	≤ 2	2-5	5-7	> 7
Kurşun (µg Pb/L)	≤10	10-20	20-50	> 50
Bakır (µg Cu/L)	≤20	20-50	50-200	> 200
Nikel (µg Ni/L)	≤20	20-50	50-200	> 200
Çinko (µg Zn/L)	≤200	200-500	500-2000	> 2000
D) Bakteriyolojik Parametreler				
Fekal koliform (EMS/100 mL)	≤10	10-200	200-2000	> 2000
Toplam koliform (EMS/100 mL)	≤100	100-20000	20000-100000	> 100000
Tehlikeli maddeler	Tehlikeli maddeler ve bu tabloda verilmeyen diğer kirleticiler konuyla ilgili ülke envanteri (referans değerler) oluşturulduktan sonra, 1 Ocak 2015'den itibaren değerlendirilecektir.			

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.
(b) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH_3^-N/L değerini geçmemelidir.
(c) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

Sınıf I - Yüksek kaliteli su;

1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yüzeysel sular,
2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,
3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

Sınıf II - Az kirlenmiş su;

1) İçme suyu olma potansiyeli olan yüzeysel sular,
2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,
3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
4) Mer'i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

Sınıf III - Kirlenmiş su;

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,
Sınıf IV - Çok kirlenmiş su;
Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yüzeysel sular.

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Kıtaiçi Yüzeysel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine (YSKYY Ek-5 Tablo 5) göre yapılan araştırma sonucunda genel şartlar bakımından sıcaklık, iletkenlik, çözünmüş oksijen ve renk parametreleri ile değerlendirildiğinde III sınıf kalitede bir su olarak düşünülmektedir.

Oksijenlendirme Parametrelerinden yalnızca çözünmüş oksijen konsantrasyonu, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)'nı temsilende içme ve kullanma sularında daha net sonuçlar veren Toplam Organik Karbon(TOK) parametresi ölçülmüştür. Teorik olarak KOİ'nin TOK'un 2,64 katı olduğu düşünüldüğünde örneklerimizin yaklaşık KOİ değerinin 60-70 mg/L arasında olacağı tahmin edilmektir. Her iki parametrede dikkate alındığında çözünmüş oksijen bakımından II. Sınıf, KOİ bakımından III. Sınıf bir kaynak olarak değerlendirilebilir.

Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri açısından amonyum azotu, nitrit ve nitrat azotu ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında kaynağımızda nitrit azotu değeri tespit edilememiştir. Nitrat azotu değerinin I. Sınıf su kalite sınıfında, amonyum azotunun ise III. Sınıf kalite sınıfına uygun olduğu söylenebilir. Nitrit azotunun tespit edilememesi ve Nitrat azotununda oldukça düşük konsantrasyonda olması kaynağın fosseptik kaynaklı bir kirliliğin etkisinden uzak olduğu söylenebilir.

İz Elementler (Metaller) açısından Civa, Kadmiyum, Kurşun, Bakır ve Nikel parametreleri ölçülmüştür. Kadmiyum ve Kurşun değerlerin olamadı tespit edilen kaynağımızda civa konsantrasyonu sınır değerlerin oldukça üstünde çıkarak IV. Sınıf su kalitesinde yeralmaktadır. Bakır konsantrasyonu bakımından ise III. Sınıf sular kalitesinde yer alan kaynağımızın Nikel konsantrasyonu ise I. Sınıf sular kalitesinde görülmektedir.

Kaynağımızı diğer metaller açısından değerlendirdiğimizde içme ve kullanma sularında 10 µg/L konsantrasyon ve altına izin verilen Arsenik konsantrasyonun 5000 µg/L seviyelerinde olması krater gölü olması nedeniyle açıklanabilir. İçme suyu ile arseniğe maruz kalmanın etkileri arasında çeşitli deri lezyonları, nörolojik etkiler, hipertansiyon, kalp-damar hastalıkları, solunum rahatsızlıkları, şeker hastalığı, ödem, kangren, ülser, cilt ve başka kanser türleri, düşük,

ölü doğum, prematüre doğumlar, halsizlik, zayıflama, uyuşukluk, kansızlık, bağışıklık sistemine verilen zararlar sayılabilir[5].

Bor konsantrasyonumuzun 7-9 mg/L seviyelerinde çıkması borunda irdelenmesini gerektirmektedir. Öncelikli olarak, borat ve borosilikat içeren kayalar ve topraklardan süzülme gibi doğal yollarla yeraltı sularında görülebilmektedir. Bor, Doğu Avrupa'daki su kaynaklarında 20 mg/L konsantrasyonlara kadar görülebilmekte iken, dünya bor rezervleri açısından ilk sırada yer alan Türkiye'nin boraks madenlerinin yoğun olduğu bir bölgede (Kütahya, Hisarcık köyü civarı) bor konsantrasyonları 2-29 mg/L değerleri arasında ölçülmüştür[4]. Yerüstü sularında borat konsantrasyonu daha çok atıksu deşarjlarından kaynaklanmakta olup, ev temizlik ürünleri sebebiyle oluşan bu durum, kullanımın azalmasına bağlı olarak su kaynaklarında görülme oranlarını da düşürmektedir. İçme suyu kaynaklarındaki bor konsantrasyonları çevrenin jeolojisi ve atıksu deşarjlarına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, içme suyundaki konsantrasyonu genel olarak 0,5 mg/L'nin altındadır.

Civa, sınır değerlerin oldukça üzerinde belirlenmiştir. Doğada en az bulunan elementlerden biri olan civa serbest halde nadir olarak görülmekte olup, genellikle sülfürlü bileşikler halinde bulunur[10]. Organik civa bileşiklerinin kirletilmemiş içme suyu kaynaklarında bulunması beklenmemekle birlikte, inorganik civa ile kıyaslandığında toksik etkileri daha ciddidir. Metil civanın yağda çözünürlüğü inorganik civaya göre çok daha yüksek olması sebebiyle vücuttaki pek çok sisteme (beyin, omirilik, plesenta vb.) girebilmektedir[1]. Metil civa zehirlenmelerinin başlıca etkileri (Minamata hastalığı) ise çok ciddi ve kalıcı nörolojik bozukluklara ve zihinsel engellere sebep olabilmektedir.

Kaynağımız tüm bu parametreler ışığında değerlendirildiğinde III. Sınıf kalitedeki sular arasında değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışmanın geliştirilmesi ve Narlıgöl kaynağının su kalitesi hakkında daha detaylı bilgi verilebilmesi için çalışmanın 1 yıl süre ile devam ettirilerek mevsimsel döngülerinde su kalitesi üzerine etkilerinin tespit edilmesi önerilmektedir. Ayrıca gölün tabanından sızarak yaklaşık 3 km. batıdaki Bekârlar köyünde yeniden ortaya çıkan sudan örneklemeler yapılarak karşılaştırmalı sonuçlarının değerlendirilmesi çalışmanın zenginleşmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Australian Government- National Health and Medical Research Council. (2014). *Australian Drinking Water Guidelines 6-2011*. Canberra.

[2] Atalık, A. 2006. Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri.Bilim ve Ütopya 139: 18-21.

[3] Başcıl, S.,I., Özbek, T. (1998). Niğde Valiliği İl Özel İdare Müdürlüğü Nargöl Termal Turizm Merkezi Revizyon İmar Planı Değerlendirme Raporu, s.21, Niğde.
[4] Çöl, M., Çöl, C., (2003). "Environmental Boron Contamination in Waters of Hisarcik Area in the Kutahya Province of Turkey", Food and Chemical Toxicology, Cilt 41.
[5] Karagas v.d., 2002; Mukherje v.d., 2003; Ali ve Tarafdar, 2003; Mazumder, 2003; Shrestha v.d., 2003; Chakraborti v.d., 2003; Xia ve Liu, 2004; Mukherjee v.d., 2005; Ehrenstein v.d., 2005; Rahman v.d., 2005; Caceres v.d., 2005; Ahamed v.d., 2006; Kelepertsis v.d., 2006.
[6] Kocataş, A. 1994. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Ders Kitapları Serisi No:142, E.U. Basım Evi, Bornova- İzmir, 485s.
[7] Pamukçu, K., 2000. Su Politikası. Bağlam Yayınları. İstanbul.
[8] Yıldız, D., (Ed.). 2007. Su Raporu, Ulusal Su Politikası İhtiyacımız. USİAD Yayını, Ulusal Sanayici ve İşadamları Derneği, Ankara.
[9] WSSD 2002. İmplementation Report. World Summit on Sustainable Development, 26 Ağustos- 4 Eylül 2002, Johannesburg -GÜNEY AFRİKA
[10] World Health Organization-WHO. (2011). Guidelines for Drinking Water Quality. 4th edn. Geneva: World Health Organization
[11] URL-1 <https://nigdenarkoyu.tr.gg/Nark.oe.y-ve-Narlig.oe.l.htm, alındığı tarih: 24.04.2017.

VERMİKOMPOSTUN ÇEVRESEL ÖNEMİ VE VERMİKOMPOST UYGULAMA ÇALIŞMASI

Okan GÜVEN[1], Durdane YILMAZ[2], Şevket TULUN[3]
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
[1]okan_guven_01@hotmail.com, [2]dyılmaz@aksaray.edu.tr, [3]stulun@aksaray.edu.tr

ÖZET: Çeşitli organik çöplerin değerlendirilmesinde güvenilir, ekonomik ve sürdürülebilir bir yöntem olan vermikompost teknikleri, insan ve hayvanlarda besin güvenliğini temin eden, çevre sağlığı bakımından güvenilir ve yüksek ekonomik değere sahip olmasından dolayı vermikompost ürünleri çok büyük önem kazanmıştır

Anahtar Kelime: *Organik atık, Vermikompost,Çevre Sağlığı*

1. GİRİŞ

İngilizce kaynaklarda Vermicompost olarak geçen solucan gübresi; kimyasal içermeyen bitkisel atıkların (sebze, meyve, saman, çimen, hayan gübresi vb.) solucanlar tarafından işlenmesi (sindirilmesi) ile ortaya çıkan organik gübredir.

Eski çağlardan beri toprak altında yaşam mücadelesi veren solucanların geçmişi çok eskiye dayanır. Bu süreçte hayatta kalabilmek için onları tehdit eden patojenleri bağışıklık sistemlerinin geliştirdiği güçlü savunma sayesinde yenmişlerdir. Solucanların atıkları işlemesi ile ortaya çıkan vermikompost, bitkilerde ciddi verim artışı sağlamakla kalmaz, başta kök hastalıkları olmak üzere bitkileri zararlı patojenlere karşı daha dirençli yapar. Solucan gübresinin bu özelliği ticari tarımda patojenlere karşı verilecek olan kimyasal mücadeleyi azaltarak maliyeti düşürdüğü gibi çevre dostu verimli üretimi destekler.

Solucanlar, vücutlarını kaplayan ve sindirim sistemlerinde bulunan çeşitli enzimleri, mikroorganizmaları, sölom sıvısını ve antibiyotik etkisi olan doğal büyüme hormonlarını aynı zamanda yedikleri besinlere geçirir. Yedikleri besinler dışkı olarak atıldığında elde edilen solucan gübresi, tıpkı onları savunduğu gibi bitkileri de patojenlere karşı savunur. Ayrıca solucan dışkısı içinde bulunan mikroorganizmalar, amino asitler, enzimler ve diğer tüm bitki besin elementleri de toprağa geçtiği için bitkiyi besler.

1.1. Vermikültür Uygulama Alanları

Tüm dünyada tarımsal üretimde sürdürülebilirlik kavramına vurgu yapan ve organik üretim yöntemlerini teşvik eden yaklaşımların yaygınlaşması sürecinde yer solucanlarının, organik atık ve artıkları kısa zamanda yüksek kalitede değerli bir ürüne dönüştürebilme kapasitelerinin anlaşılması, Avrupa ülkeleri, Hindistan ve Amerika'da vermikültür (vermiculture) adı verilen yeni bir tarımsal üretim sektörünün doğmasını sağlamıştır.

Vermikültür değişik amaçlar için toprak solucanlarının kültürünün yapılması işlemidir. Vermiteknoloji terimi ise vermikültür faaliyetlerinde uygulanan teknik/yöntemlerin tümü için kullanılır. Vermikültür çalışmaları atık işleme, toprak detoksifikasyon ve rejenerasyonu ve sürdürülebilir tarım uygulamalarında yer almaktadır. Ticari amaç güden vermikültür faaliyetleri iki alanda yoğunlaşmıştır. Birincisi vermikompost işlemi, diğeri ise solucan biyo-kütle üretimidir (Edwards and Niederer, 1988). Solucan biyo-kütle üretimi protein kaynağı olarak tavukçuluk ve balık yetiştiriciliğinde solucanların kullanımı amacıyla yapılmaktadır. Diğer taraftan vermistabilizasyon, lağım, atık çamuru veya benzeri diğer atıkların vermikompost işleminden geçirilmesidir. Solucanlı kompost (vermicomposting) ise organik atık/artıkları kompostlaştırma işleminin solucanlara yaptırılmasıdır. Bu işlemde organik artık/atıklar ortamdaki mikroorganizmalarca fermentasyona uğratılır ve daha sonrasında yer solucanlarının sindirim sisteminden geçerken hızlandırılmış bir humifikasyon ve detoksifikasyon işlemine tabi tutulur.

Vermikompost terimi, solucanların kullanıldığı organik artık ve/veya atıkları kompostlaştırma işlemi sonucunda elde edilen ürün için kullanılmakla beraber, vermikompost ürünü genelde vermikest (solucan dışkısı; gübresi) veya kısaca kest olarak adlandırılmaktadır (Edwards and Bohlen,1996).

1.2. Vermikompost İşleminde Kullanılan Solucan Türleri

Vermikültür endüstrisi faaliyetlerinde kullanılan ve aerobik kompost veya sığır gübresi yığınlarında sıklıkla rastlanan kompost diğer adıyla gübre solucanı türleri şunlardır: Eisenia fetida (tiger worm), Eisenia andrei (red tiger worm), Dendrobaena veneta, Lumbricus rubellus (red worm), Perionyx excavatus (Indian blue worm), Eudrilus eugeniae (African nightcrawler), Fletcherodrilus spp, Heteroporodrilus spp, Pheretima excavatus. E. fetida, E. andrei, D. veneta türleri ılıman iklim kuşağındaki bölgelere iyi adapte olurken, L. rubellus and P. excavatus sıcak tropik iklim alanlarında daha fazla görülür. Bu beş tür, organik atık/artıkları indirgemek için yapılan vermikompost çalışmalarında en iyi sonuçları veren türlerdir (Edwards and Bohlen, 1996).

Yukarıda sayılan türler içinde, ticari amaçla kurulan vermikültür/ vermikompost işletmelerinde en fazla tercih edilen tür Eisenia spp ve ikinci olarak da Lumbricus rubellus'tur (Dickerson, 2004) . Eisenia spp'nin en fazla tercih edilen tür olmasında rol oynayan çok sayıda

sebep mevcuttur. Bunlar: 1) bu tür diğer türlerden daha hızlı besin tüketir ve daha yüksek üreme ve populasyon artış oranlarına sahiptir, 2) yeterli besin içeriğine sahip çevrelerde yaşama, mevcut besini tüketme ve çoğalma kapasitesi yüksektir, 3) çok farklı ilklim ve çevre koşullarına uyum sağlayabilir, 4) uygun çevre koşulları ve kolay ulaşılan yeterli miktarda besin kaynağı mevcut ise populasyon artışı çok hızlı olur (Edwards and Bohlen,1996).

1.3. Vermikompost İşleminde Kullanılan Organik Artık ve Atık Çeşitleri

Vermikompost işlemi, ulusların şehirleşme ve endüstrileşme seviyesiyle beraber büyüyen bir çevre sorunu olan "evsel ve endüstriyel artık/atık" sorununa "sürdürülebilir" bir yöntem olarak 1970'li yıllarda başlayan ve her geçen gün artan bir ilgi görmektedir. Vermikompost yöntemi ile vermikompost ürünü elde etmede kullanılan organik atık çeşidi çok fazladır. Bu organik artık/atık çeşidi grubunda kanalizasyon içeriği, kirli su atıklarındaki katı atıklar (Neuhauser et al., 1988), bira, mantar ve kağıt endüstrisi (Butt, 1993; Edwards, 1988a) gibi çeşitli endüstriyel işletme artık/atıkları, süpermarket ve restorant artıkları (Edwards et al.,1985), işlenmiş patates artıkları, tavuk, domuz, büyükbaş, koyun, keçi, at ve tavşan yetiştiriciliğinde (Edwards, 1988b) ortaya çıkan hayvansal artıklar, bahçecilikte ortaya çıkan ölü bitki ve çim artıkları yer almaktadır. Son yıllarda bu alanda yürütülen çalışmalar, Amerika'da kanalizasyon atıklarının stabilizasyonu (Neuhauser et al.,1988) ve İngiltere'de hayvan, sebze ve endüstriyel atıkların işlenmesi konularında yoğunlaşmıştır.

1.4. Vermikompostun Faydaları

Solucan gübresi suda çözülebilen besin maddelerince zengindir ve üst toprakta bulunan humusun %50'sini içermektedir. Hayvan gübresinden farklı olarak solucan gübresi bitkilerde hemen kullanılabilir. Solucan dışkısı nitrojen, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi bitkisel büyüme için gerekli mineralleri içerir. Ayrıca manganez, bakır, çinko, kobalt, borat ve demir içeren solucan gübresinin en yararlı özelliği bitkiler tarafından emilime hazır olmasıdır.

Solucan dışkısındaki humus, topraktaki toksinleri, zararlı mantar ve bakterileri ortadan kaldırabilir. Sonuç olarak, solucan dışkısı ürünler üzerindeki zararlı etkileri sınırlayabilir. Organik atıklardaki ağır metalleri tutarak bitkilerin ihtiyaç duyduklarından daha fazla mineral kompleksi emilimi yapmalarını önlemeye yardımcı olurlar. Solucan gübresi pH dengeleyici faktör olarak işlev görerek bitkilerin çok yüksek veya çok düşük pH derecesine sahip

topraklarda büyümesine yardımcı olur. Solucan gübresindeki humik asit düşük yoğunlukta bile bitki büyümesini tetikler. Humik asit solucan gübresi içinde bitkilerin en kolay biçimde alabileceği şekilde yer alır. Humik asit aynı zamanda topraktaki bakteriyel büyümeye de yardımcı olur ve ayrıca toprağın su tutma kapasitesini artırarak uzun bir süre gevşek, yumuşak ve nemli olmasını sağlar.(solucan gübresi web.tr./temel bilgiler)

1.5. Vermikompostun klasik komposttan farkı

Başlıca fark fermantasyon olmamasıdır. Klasik kompostlamada kalıntıları taze kompost haline getiren önemli bir aşama bulunmaktadır: organik maddenin 50 ila 70 derece gibi yüksek bir ısıda bakteriler sayesinde çözülmesidir. Oysa vermikompost uygulamasında atıkların dönüşümü solucanların bakterilerin ve başka organik öğütücülerin faaliyeti sayesinde normal sıcaklıkta gerçekleşmektedir. Klasik kompost uygulaması bir tarladan ya da büyük bir bahçeden toplanan atıklara gereksinim duyarken vermikompost uygulaması için daha az atık gerekmektedir; bu sayede gerek bir apartman dairesinde yaşayanlar gerekse küçük bir bahçesi olanlar için daha uygun bir yöntemdir. Farklı olsalar da bu iki sistem birbirlerini tamamlayabilmektedir. Klasik kompost büyük miktardaki atıklar için uygunken vermikompost mutfak atıklarında ya da klasik kompostonun elverişsiz hava şartlarında ulaşması zor olduğu günlerde kullanılabilmektedir. (www. Organi koop.com/solucan gubresi)

1.5.1. Avantajları

Vermikompostun birçok avantajı vardır. Atıkları dönüştürmenin dışında atıkların kişi başına yılda yaklaşık 100 kg azalmasını sağlar. Bu da sonuç olarak şunları meydana getirir. Birincisi mutfaktan çıkması gereken naylon torba sayısı azalır, ikincisi mutfakta daha az fermantasyon kokusu oluşur. Ayrıca neredeyse hiçbir koku oluşmaz (yalnızca hafif bir humus kokusu) ve bu da bize şehir ortamında kompost uygulamasını mümkün kılar. Çünkü solucanlar kötü kokuların kaynağı olan anaerobik bakterilerin oluşumunu engeller. Daha geniş bir açıdan değerlendirilecek olursa atıkların dönüştürülmesi şu sebeplerden dolayı da iyidir. Ortama daha az çöp torbası çıkar, çöp taşıması azalır ki bu da karbon salınımının azalması demektir ve çöp denilen atık azalınca atık yakılmasında

da bir azalma gerçekleşir. Bu da atık yakılmasıyla ortaya çıkan ve çevreyi kirleten organik kirletici gazların azalması demektir. (www. Organi koop.com/solucan gubresi)

1.6. Vermikompost İşleminde Uygulanan Yöntemler

Vermikompost faaliyetlerinde, farklı organik atıklar farklı işlemlerden geçirilerek işlenir (Edwards and Burrows, 1988). Domuz ve büyük baş hayvan gübresi samanla karıştırılarak veya üre düzeyini azaltmak için sıvı kısımdan ayrılarak kullanılabilir. Domuz gübresi toplandıktan en az 2 hafta sonra sığır gübresi ise 3-4 gün sonra solucanlara besin olarak sunulabilir. Ördek, hindi ve tavuk gübreleri yüksek seviyede amonyak içerdikleri ve amonyak solucanlar üzerindeki zehir etkisi yaptığıiçin, bu değer 0.5 mg/g seviyesine düşene dek, bu dışkı artıkları samanla karıştırılmış dahi olsa solucanlar bu gübre yığınlarına bırakılmamalıdır. Öte yandan endüstriyel atık/atıklar; kağıt ve bira sanayi artıkları, işlenmiş patates, restorant ve bahçe artıkları vermistabilizasyon sürecinde solucanlar tarafından kolaylıkla kabul görürler (Edwards, 1998).

Vermiteknoloji alanında uygulanan yöntemler; basit açık alan yığın sıralarından (windrow), kompleks kapalı sistem (continuous) reaktörlere kadar uzanan geniş bir çeşitliliğe sahiptir (Price, 1987). Toprak üzerinde açık sıra-yığınlar şeklinde yapılan sıra metodunda süreç çok dikkatli takip edilmelidir. Solucan üretiminin, 50 cm'lik derinliğe sahip yataklarda, organik artık/atıkların düzenli aralıklarla ve ince katmanlar şeklinde yapıldığı sistemler fazla işçilik gerektirmez ve uygulaması kolaydır. Soğuk iklimlerde bu sistemin bir örtüyle dış ortamdan izole edilmesi gerekir. Kasa, sandık/kutu şeklindeki basit kaplardaki (batch) üretim kullanışlıdır ve bu sisteme istenildiğinde besin ilavesi ve artık dışarı atımı otomatik yapan sistemler de monte edilebilir. Hem solucan hem de kompost (kest) üretimini maksimize etme amaçlı yeni tasarımlar geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Vermiteknoloji alanındaki teknik gelişim, ileri teknoloji ile insan gücü gereksinimini azaltarak minimum zamanda maksimum solucan biokütle üretimini ve maksimum miktarda organik artık veya atıkları işlemeyi sağlamayı hedeflemektedir (Edwards, 1998).

Vermiteknoloji alanındaki yöntemler genel olarak üç kategoriye ayrılabilir. Kurması kolay ve teknolojisi basit olanlar, teknolojisi ve fiyatı yüksek olan sistemlerden daha fazla iş gücü gerektirir ve bu gruptaki yöntemlerin vermikompost üretiminde verim düzeyleri ikinci gruptakilere göre daha düşüktür. Çünkü ikinci gruptaki teknolojiler atıkları çok hızlı işler. Bu

sebeple, bir vermikültür işletmesinde veya çalışmasında hangi seviyede teknolojinin kullanılacağı alan büyüklüğüne, iş gücü kaynaklarına ve işlenecek artık veya atık tipine göre belirlenir (Edwards,1998).

1.7. Vermikest Özellikleri

Solucanın sindirim sistemindeki özel mikrofloranın, organik maddenin hızlı bir şekilde humusa benzer son döküntü materyali olan vermikesti oluşturmada bilhassa sorumlu olduğu ifade edilmiştir. Bu dışkı materyali; granülümsü ama homojen, kokusuz ve mikrobiyolojik açıdan solucanın beslendiği materyalden daha aktiftir (Doube and Brown, 1998). Daha da önemlisi, solucan dışkısı içindeki önemli bitki besin elementlerinin suda çözünürlükleri, solucanın besin olarak içine aldığı materyalin çözünürlüğünden daha fazladır ve düşük hızla bu besinleri ortama bıraktıkları için daha uzun süre bitkiyi besleyebilirler (Buchanan et al., 1988). Bu kestler, sahip oldukları çok küçük organik kalıntıları ve mikroorganizmaları bulundukları topraklara veya organik maddelere bulaştırırlar. Daha sonra, kest içindeki bu mikroorganizmalar toprakta temas ettikleri; bulaştıkları organik maddenin ayrışma hızını arttırır ve bulundukları organik maddenin solucan tarafından sindirilmesini kolaylaştırırlar. Bu kestlerin bitki büyüme düzenleyicileri gibi biyolojik bakımdan aktif maddeler içerdikleri de bildirilmiştir (Edwards and Bohlen, 1996).

Vermikompost son ürünü olan solucan dışkısı (vermikest) bitkiye yarayışlı (ileri parçalanma gerekmeden bitkinin alabildiği formda) besin elementleri açısından zengindir (Buchanan et al.,1988). Örneğin; vermikest zengin 10-15 cm lik üst topraktan 5 kat daha fazla mineral Azot, 7 kat alınabilir potasyum, 3 kat fazla kalsiyum içerir (Barley,1961). Vermikompostun içindeki bitki besin elementlerinin %97'si özellikle N, P ve K bitki tarafından büyüme sırasında doğrudan alınabilir formdadır (Barley, 1961). Vermikestin içindeki bitkiye yarayışlı bazı besin elementleri konsantrasyonu, termofilik kompost ile elde edilen ürünlerin içerdiği konsantrasyon seviyelerinden daha yüksektir. 1970'li yıllarda vermikompost çalışmalarına İngiltere'de başlamış olan Prof. Clive Edwards şöyle diyor: "Vermikest piyasada bulunan tüm organik gübreler içinde en üstünüdür. Vermikestin mikrobiyal aktivite seviyesi topraktan 10 ila 20 kat daha fazladır. Bu yüksek mikrobiyal çeşitlilik, bitki gelişimini teşvik eden kimyasalların (hormon ve diğer bileşikler) ve zararlı bitki patojenlerinin gelişimini baskılayan enzim ve çeşitli bileşiklerin üretilmesini sağlar" (Logsdon, 1994).

Vermikestin içerdiği, solucan mukusu ile çevrelenmiş besin elementleri yavaş salınır ve bitki tarafından hemen kullanılabilecek formdadır. Bu besinler yavaş çözündüğü için sızıntı sonucu besin elementlerinin kaybı söz konusu olmaz. Ayrıca vermikestin gözenekli, yüksek havalanma ve su tutma kapasitesi bu maddeyi mükemmel bir toprak "düzenleyicisi" yapmaktadır. Bu özelliklere ilaveten bu materyal bitki köklerini aşırı sıcaklıklardan korur, erozyonu ve yabancı ot gelişimini azaltır. Vermikest kokusuzdur, insan sağlığına zarar verebilecek patojenler veya kimyasal madde içermez ve %100 tekrar kullanılabilir maddeler içermektedir. Vermikest sera ve saksı toprağı olarak hayal edilebilecek en mükemmel karışım materyalidir. Hem bahçe hem de tarla bitkilerinde söz konusu pozitif etkiler gözlenmiştir. En hassas bitkilerde dahi yanma etkisi görülmez ve tüm besin elementleri suda çözünebilir özelliktedir. Malç olarak kullanıldığında sulama ile besin elementleri doğrudan bitki köküne ulaşır (Anonymous, 1992). Çoğu zenginleştirici saksı karışım materyaleri 2-3 gün içinde besinlerini kaybederler. Vermikest ise saksı içinde besin kaynağı olarak fonksiyonunu söz konusu materyalerden 6 kat daha uzun süre muhafaza ederler.Bu sebeple, aynı miktar saksı toprağı için diğer karışımlardan 5 kat daha az miktarda vermikest yeterli olacaktır. Ayrıca, vermikest diğer ticari saksı karışımlarından daha ucuzdur ve daha iyi sonuç verir. Vermikest ağırlığının 2-3 katı suyu tutabildiği için daha az sulama masrafı söz konusudur. Bitki köklerini kimyasal gübreler gibi yakmazlar (Anonymous, 1992).

2.MATERYAL VE METOT

Yaklaşık 300 kırmızı Kaliforniya solucanı ile mutfak atıklarını kullanarak yaptığım çalışmalarda ilk aşamada yaklaşık 3 kg çay posası ve 250 gr yumurta kabuğu kullanılmıştır.7 kez nemlendirme amacıyla sulama yapılmıştır. Her sulama da yaklaşık olarak 140 Ml su kullanılmıştır. Hazırlanan mama solucanlara 3 aşamada verilmiştir. 4 haftalık süreç sonunda elde edilen numune alınarak kurutulmaya bırakılmıştır. Birinci aşamadan sonra soluncanlar ayıklanarak farklı bir kaba alınmıştır. İkinci aşamada mama olarak 60 gr domates kabuğu, 372 gr patates kabuğu, 108 gr ıspanak, 928 gr çay posası, 40gr yumurta kabuğundan hazırlanan mama 2 aşamada solucanlara verilmiştir. 7 kez nemlendirme amacıyla sulama yapılmıştır. Her sulamada yaklaşık 140 ml su kullanılmıştır. 4 haftalık süreç sonunda elde edilen numune alınarak kurutulmaya bırakılmıştır. Elde edilen numunelere ek olarak ticari amaç için yanmış hayvan gübresi kullanılarak elde edilen vermikompost gübreleri ve yanmış hayvan gübresi suda

çözünen elementler metoduyla her numuneden 3 gr alarak 30 ml su ile 24 saat boyunca elektronik karıştırıcıda bekletilmiştir. Elde edilen örneklerden süzülerek 5 ml alınıp 10 kat seyreltilmiştir. Numuneleri ICS-1000 cihazında florür, klorür, nitrit, bromür, nitrat, fosfat ve sülfat analizleri yapılmıştır. TOC-V_{CPN} cihazı ile TOC, TC, IC, TN analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 1 de verilmiştir.

2.1. Tablolar

Tablo1.

	1	2	3	4
TOC	169,2 mg/l	435,9 mg/l	500,7 mg/l	156,6 mg/l
TC	193,8 mg/l	493,7 mg/l	581,5 mg/l	185,9 mg/l
IC	24,58 mg/l	57,87 mg/l	80,81 mg/l	29,28 mg/l
TN	40,98 mg/l	9,738mg/l	8,781 mg/l	3,693 mg/l
Florür	0,185mg/l	0,238 mg/l	0,353 mg/l	0,078 mg/l
Klorür	40,082 mg/l	71,55 mg/l	16,159 mg/l	21,754 mg/l
Nitrit	1,967 mg/l	0,447 mg/l	0,014 mg/l	0,371 mg/l
Bromür	0,004 mg/l	0,005 mg/l	-	0,001 mg/l
Nitrat	138,791 mg/l	4,628 mg/l	0,106 mg/l	1,461 mg/l
Fosfat	5,47 mg/l	9,816 mg/l	13,069 mg/l	12,597 mg/l
Sülfat	46,88 mg/l	15,149 mg/l	1,701 mg/l	6,655 mg/l

1:Ticari amaçlı yanmış hayvan gübresi kullanımından elde edilen numune,2:Yanmış hayvan gübresi 3:İkinci aşamada elde edilen numune (Karışık organik atık),4 : Birinci aşamada elde edilen numune (Çay posası ve yumurta kabuğu karışımı)

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çevre dostu, ek gelir ve kaynak kazanımını sağlayan vermiteknoloji uygulamaları, özellikle küçük ve orta ölçekli tarımsal işletmeler için düşük girdili tarımsal üretim faaliyetini mümkün kılar. Vermikompost teknikleri çok düşük maliyet gerektiren kolay uygulanabilir yöntemlerdir. Doğru uygulanmış ve iyi takip edilmiş bir vermikompost süreci sonunda, biyo-gübre ve biyo-pestisit olarak etkili, ticari değeri çok yüksek bir ürün elde edilebilir. Fakat kestlerin veya kest çaylarının sahip oldukları ticari potansiyellerinin yaygın ve tekrarlanabilir olarak kullanılabilmesi için, bu ürünlerin besin içeriklerinin uygun seviyede olması, pH değerinin uygun seviyeye getirilmesi ve kanalizasyon benzeri atıkların kullanımında muhtemel insan patojenlerinin bertaraf edilmesi gibi konularda standardizasyona dikkat edilmelidir.

KAYNAKLAR

Anonymous, 1992. "Vermigro" Premium Earthworm Soil Product, sold by Canyon Recycling, San Diego, Ca. Worm watch, Education Department of South Australia.

Anonymous, 2001. Pesticides spread and their toxic reach. Agrochemicals Report.http://www.fadinaporg/nib/nib2002_3/index.html

Edwards, C.A. 1988a. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms

Scheurell, S. and Mahaffee, W. 2002. Compost tea : Principles amd prospects for plant disease control. Compost Science and Utilization, 10(4), 313-338.

Hoitink, H.J. 1993. Compost can suppress soil-borne diseases in container media. American Nurseryman. September, 15, 91-94.

Price, J.S. 1987. Development of vermicomposting system. Proceedings of the 4'the

www. Organi koop.com/solucan gübresi

ziraat.gop.edu.tr/dergiyayinlar/DERGI-2007-2/YErsahin.doc

ziraatdergi.gop.edu.tr/DergiPdfDetay.aspx?ID=231

YERALTI SULARINDA ÖNEMLİ BİR PROBLEM OLAN ARSENİK TUZLARIN GİDERİMİNDE, POLYETHYLENEİMİNE DESTEKLİ ÇOKLU ŞELAT OLUŞTURUCU KOMPOSİTLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şahin AKPINAR[1] Samet ÖZCAN[1] Fatma GÜRBÜZ[1] Mehmet ODABAŞI[2]
[1]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
[2]*Aksaray Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyokimya ABD*

ÖZET: Özellikle yeraltı suyu açısından ülkemiz de pek çok bölgede olduğu gibi Aksaray ilinde de e arsenik kirliliği önemli bir problemdir. Sağlık açısından arseniğin içme sularındaki miktarı, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 10 µg/L olarak belirlenmiştir. Fakat bazı durumlarda, arsenik kirliliğinin yeraltı suları dahil su kaynaklarında belirlenen limitin çok üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Bu çalışma ile Aksaray bölgesinde yeraltı sularında Arsenat tuzlarının Uzaklaştırılmasına Yönelik geliştirdiğimiz Polietilemin destekli **(Pei)-p**oly(HEMA-GMA) kriyojelkomposit kolonların kullanılması ile mevcut yöntemlere alternatif olarak daha ekonomik ve daha etkili arıtım planlanmıştır. Bu çalışmada pHın etkisi sentetik olarak çalışılmıştır. Alınan örnekler de standart su kalite değerleri de çalışılmış ve sonuçlar ICP-QES de değerlendirilmiştir Adsorbentlerin yeniden kullanım potansiyeli veregenerasyonları 15 kez yapılmış sadece %5 lik bir kayıp oluşmuştur.

Anahtar kelimeler: *Arsenit, Borat, PHEMA Kriyojel, Geri kullanım*

1.GİRİŞ

Çevrede yaygın olarak bulunan arseniğin insan sağlığı üzerindeki kronik toksikolojik etkilerinin olması arseniği önemli çevre problemlerinin arasına sokmuştur. Arseniğin yüksek toksisitesinin bir sonucu olarak, Türkiye'de dahil olmak üzere birçok ülke sıkı yasal düzenlemeler yapılarak içme sularında izin verilebilir toplam arsenik konsantrasyonu 10 µg/L gibi düşük seviyeye düşürmüştür. Arsenik doğada en bol bulunan elementlerden biridir. Arseniğe doğal sularda, toprakta ve kayalarda, atmosferde ve organizmalarda yaygın olarak rastlanmaktadır. Doğal yollarla arseniğin, kayaçlardan, minerallerden ve maden filizlerinden çözünmesi ile su ortamına geçmesi mümkündür. Doğal süreçlerin yanı sıra Antropojenik olarak (lastik üretimi, metal sanayi, tekstil sanayi, petrol rafinasyonu, vb) arsenik içeren atıklar, arsenik kirliliğine neden olabilirler (Bissen ve Frimmel, 2003). Ayrıca deterjanlar ve içinde çeşitli arsenik bileşikleri tarımsal mücadele ilaçlarının kullanılması da sulardaki arseniğin diğer kaynaklarıdır (Viraraghavan vd., 1999). İçme sularından arseniğin giderilmesinde başlıca arıtma yöntemleri, kireç, alüm veya demir ile pıhtılaşma, kimyasal oksidasyon adsorpsiyon, ters osmoz, membranfiltrasyon ve iyon değişimini kapsamaktadır (Jekel ve Amy, 2006). Ülkemizdeki içme suyu arıtma tesislerinin %97'si konvansiyonel proseslere sahiptir. Konvansiyonel sistemlerin mevcut üniteleriyle arsenik giderimi oldukça güçtür. Dolayısı ile arsenik gideriminde son yıllarda membranproseslerin kullanımının arttığı görülmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda yüksek basınçlarla işletilen ters osmoz (RO) ve nanofiltrasyon (NF)

membranları ile arseniğin standartları sağlayacak derecede giderildiği belirtilmektedir. Yüksek basınçlarda işletilen RO ve NF membran sistemlerinin yüksek enerji tüketimi sebebiyle işletme maliyetleri de artmaktadır (Başkan ve Pala 2009). Bu nedenlerden dolayı alternatif uygulamalar daha ekonomik uygulamalar artan bir şekilde çalışılmaktadır.

2.MATERYAL VE METOD

2.1.Arsenik Tayini, Hidrür metoduna göre yapılacaktır (EPA)

İndirgeme Çözeltisi

- 5 gram Askorbik Asit
- 5 gram Potasyum İyodür (KI)
- 100 ml ultra saf suda Askorbik Asit ve Potasyum İyodür çözülür.

- **Redüktan Solüsyon**
  - % 0,05 Sodyum Hidroksit (NaOH) ve % 0,2 lik Sodyum Borohidrür ($NaBH_4$) karıştırılarak 1L'ye tamamlanır.(0,5 g NaOH ve 2 g $NaBH_4$ hassas terazide tartılarak son hacim 1000ml ye tamamlanır).
- **Örnek Hazırlama**
  - 5 ml örnek
  - 1ml Hidroklorik Asit (HCI) (ultra saf)
  - 1 ml indirgeme çözeltisi eklenerek karışım 30-40 dakika karanlıkta bekletildikten sonra son hacim 10ml olacak şekilde üzeri ultra saf suyla tamamlanır.

2.3. PHEMA-ko-GMA MonolitikKriyojelKolonların Hazırlanması

Çapraz bağlayıcı 40 mg *N,N'*-metilen-bisakrilamid (MBAAm) 2 mLdeiyonize suda çözülmüş, üzerine monomer olarak 0,350 mLHEMA (2-hidroksietil metakrilat ve ko-monomer olarak da 0,04 mL GMA (glisidilmetakrilat) ilave edildikten sonra son hacim 2,5 mL'ye tamamlanmıştır. Çözünmüş oksijeni elimine etmek için bu karışım 5 dakika vakumda bırakılmıştır. Serbest radikal polimerleşmesi amonyumpersülfat (APS)-TEMED çifti ile oluşturulmuştur. APS (100 µL) (%10 (w/v)) eklendikten sonra çözelti bir buz banyosunda 4-5 dakika soğutulmuştur. TEMED (20 µL) eklenip reaksiyon karışımı 1 dakika daha karıştırılmış ve hemen sonra altı kapalı plastik şırıngalara (2,5 mL hacimli) doldurulmuştur. Polimerleşme çözeltisi 24 saat -12 ºC' de dondurulup sonra oda sıcaklığına getirilmiştir.

2.4. PHEMA-ko-GMA MonolitikKriyojelKolonlara PEI Bağlanması

Polietilenimin (PEI), yoğun viskoz bir ortam olduğundan, öncelikle 30 mL'lik (10%, w/w, pH:10,6) bir PEI çözeltisi hazırlanmıştır. Daha önce hazırlanan monolitikkriyojel kolonlar, PEI çözeltisine daldırılmış ve imin gruplarının, monolitikkriyojel kolonlar üzerindeki epoksi grupları üzerinden bağlanması için reaksiyon, 60°C'da, 100 rpm'de 4 saat süreyle sürdürülmüştür. Monolitikkriyojel kolonlara ikincil kuvvetler ile özgül olmayan etkileşimler ile tutunan PEI molekülleri, saf su ile yıkanarak uzaklaştırılmıştır.

2.5. PEIbağlı PHEMA-ko-GMA MonolitikKriyojelKolonlara Fe^{2+}Takılması

PEI bağlı PHEMA-ko-GMA monolitikkriyojelkolonlar, pH 4-4,5 aralığında olan 50 mg/mLlik $Fe_2(NO_3)_2$ çözeltisi ile muamele edilerek Fe^{2+} bağlanması sağlanmış ve fazla demirin uzaklaştırılması için, kriyojel kolon spektrofotometrik olarak takip edilerek defalarca yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra monolitikkriyojeller % 0,02 sodyum azid içeren çözelti içerisinde +4 ºC'de saklanmıştır

2.6. Arsenik giderimi

Arsenik giderimi, kriyojel ile etkileşmeden önce ve sonraki derişimleri, belirlenerek, kriyojeleadsoplanan As, Bor adsorpsiyon miktarı hesaplanacaktır (**Eşitlik 1**).

$$Q=[(CO-C)V]/m \qquad \textbf{(E1)}$$

Burada, *Q* kriyojel birim ağırlığı üzerine adsorplanan As, Bor iyonu miktarını (µg/g); *CO* ve *C* sırasıyla başlangıç ve son As derişimlerini (µg); *V* çözelti hacmini (mL) ve m ise As-IIP, Bor-IIP ve NIP kriyojelin ağırlığını (g) olarak ifade etmektedir.

Giderim öncesi ve çalışma sonrası Toplam arsenik miktarı Laboratuvarımızda mevcut ICP-QES (Perkin Elmer) ölçülecektir.

3.BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1.Arsenik Gideriminde Ph Etkisi

Hazırladığımız kompozit kolondan toplam Arseniğin optimum pH aralığını belirlemek için pH 5 -9 çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre pH 7 de maksimum adsorpsiyon gerçekleşmiştir (Şekil 1).

3.2. Kuyu Örnekleri ile Çalışma

Aksaray ili civarında bulunan 4 kuyudan alınan su numuneleri ile yapılan çalışma sonrasında elde edilen sonuçlar Tablo 1-4 verilmiştir.

Tablo 1. ÖRNEKLEME BÖLGESİ 1 Nolu Kuyu Su Kalite Parametreleri

Parametre	Birim	Yöntem	İlk Ölçüm Değeri	Kolon Çıkış Değ.	% Giderimi
Civa	mg/L	SM 3120 B	0,177	0,177	0
Nikel	mg/L	SM 3120 B	0,004	ölçülemedi	-
Baryum	mg/L	SM 3120 B	0,067	0,062	7,46
Demir	mg/L	SM 3120 B	0,010	0,005	50
Silisyum	mg/L	SM 3120 B	38,64	6,676	82,72
Krom	mg/L	SM 3120 B	0,015	0,014	6,67
Molibden	mg/L	SM 3120 B	0,147	0,147	0
Vanadiyum	mg/L	SM 3120 B	0,124	0,102	17,74
Bakır	mg/L	SM 3120 B	0,112	0,112	0
Gümüş	mg/L	SM 3120 B	0,108	0,108	0
Alüminyum	mg/L	SM 3120 B	0,198	0,197	0,5
Arsenik	µg/L	SM 3120 B	34,17	5,589	83,64
Lityum	mg/L	SM 3120 B	0,488	0,404	17,21
Çinko	mg/L	SM 3120 B	1,368	0,259	81,06

Tablo 2. ÖRNEKLEME BÖLGESİ 2 Nolu Kuyu Su Kalite Parametreleri

Parametre	**Birim**	**Yöntem**	**İlk Ölçüm Değeri**	**Kolon Çıkış Değ.**	**% Giderimi**
Civa	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,177**	**0,177**	**0**
Nikel	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0**	**0**	**0**
Baryum	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,050**	**ölçülemedi**	**-**
Demir	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,012**	**0,008**	**33,33**
Silisyum	**mg/L**	**SM 3120 B**	**23,23**	**8,120**	**65,04**
Krom	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,014**	**0,014**	**0**
Molibden	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,150**	**0,151**	**0**
Vanadiyum	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,127**	**0,115**	**9,45**
Bakır	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,112**	**0,112**	0
Gümüş	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,109**	**0,109**	**0**
Alüminyum	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,200**	**0,195**	**2,5**
Arsenik	**µg/L**	**SM 3120 B**	**37,23**	**16,87**	**54,68**
Lityum	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,384**	**0,375**	**2,34**
Çinko	**mg/L**	**SM 3120 B**	**0,130**	**ölçülemedi**	**-**

Parametre	Birim	Yöntem	İlk Ölçüm Değeri	Kolon Çıkış Değ.	% Giderimi
Civa	mg/L	SM 3120 B	0,177	0,177	0
Nikel	mg/L	SM 3120 B	0,004	ölçülemedi	--
Baryum	mg/L	SM 3120 B	0,067	0,051	23,88
Demir	mg/L	SM 3120 B	0,010	0,007	30
Silisyum	mg/L	SM 3120 B	38,64	12,32	68,11
Krom	mg/L	SM 3120 B	0,015	0,014	6,67
Molibden	mg/L	SM 3120 B	0,147	0,147	0
Vanadiyum	mg/L	SM 3120 B	0,124	0,121	2,42
Bakır	mg/L	SM 3120 B	0,111	0,111	0
Gümüş	mg/L	SM 3120 B	0,108	0,108	0
Alüminyum	mg/L	SM 3120 B	0,198	0,197	0,5
Arsenik	µg/L	SM 3120 B	144,3	37,60	73,94
Lityum	mg/L	SM 3120 B	0,488	0,375	23,16
Çinko	mg/L	SM 3120 B	1,368	ölçülemedi	-

Tablo 3. ÖRNEKLEME BÖLGESİ 3 Nolu Kuyu Su Kalite Parametreleri

Tablo 4. ÖRNEKLEME BÖLGESİ 4 Nolu Kuyu Su Kalite Parametreleri

Parametre	Birim	Yöntem	İlk Ölçüm Değeri	Kolon Çıkış Değ.	% Giderimi
Civa	mg/L	SM 3120 B	0,178	0,178	0
Nikel	mg/L	SM 3120 B	0	0	0
Baryum	mg/L	SM 3120 B	0,117	0,048	58,97
Demir	mg/L	SM 3120 B	0,007	0,006	14,29
Silisyum	mg/L	SM 3120 B	24,48	7,509	69,33
Krom	mg/L	SM 3120 B	0,015	0,014	6,67
Molibden	mg/L	SM 3120 B	0,145	0,145	0
Vanadiyum	mg/L	SM 3120 B	0,115	0,079	31,30
Bakır	mg/L	SM 3120 B	0,111	0,111	0
Gümüş	mg/L	SM 3120 B	0,109	0,109	0
Alüminyum	mg/L	SM 3120 B	0,203	0,197	2,96
Arsenik	µg/L	SM 3120 B	54,58	4,084	92,52
Lityum	mg/L	SM 3120 B	0,386	0,375	2,85
Çinko	mg/L	SM 3120 B	0,332	0,029	78,31

Arseniğin kanserojen etkisi nedeniyle, içme sularında izin verilebilecek maksimum arsenik konsantrasyonu 10µg/L, olarak Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından düzenlenmiş ve Ülkemizde de bu değer yasal olarak kabul edilmiştir. Dört kuyudan örnek alınarak yapılan çalışmada % 54,68 -92,52 oranında arsenikte giderim sağlanmıştır. Bunun yanı sıra Demir(% 14-50 aralığında) ,Baryum(%23-30), Silisyum (% 65-82),Çinko (%78-81) da önemli oranda giderim sağlanmıştır. İçme ve sulama sularında arsenik sorunu olan yerleşimlerde bu çalışma ile Fe^{2+}-takılı Polietilimin destekli **PHEMA komposit kolonlar** ile oldukça başarılı arsenik giderimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kolonlar 15 kez tekrarlı kullanılmış adsobsiyon kapasitesinde sadece yüzde beşlik bir kayıp gerçekleşmiştir. Bu da uygulamayı daha ekonomik hale getirir

4.KAYNAKLAR

Başkan, M.B., Pala, A., *İçme Sularında Arsenik Kirliliği : Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme,* Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt, 15, Sayı, 1, Sayfa, 69-79, 2009.

Bissen, M. ve Frimmel, H.F., (2003). "Arsenic – a ReviewPart I: Occurrence, Toxicity, Speciation, Mobility", Actahydrochim. hydrobiol., 31 (1): 918.

Jekel, M. ve Amy, G.L., (2006). Interface Science in Drinking WaterTreatment; Chapter 11: Arsenic removal during drinking watertreatment, 978088386, Elsevier Ltd.,Netherlands.

WHO, Guidelines for Drinking-Water Quality, fourth ed., World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2011.

BİTKİSEL ATIK YAĞLARDAN BİYOZDİZEL ÜRETİMİ

Gökhan ÜRESİN, Çağıl KAYA, Kemal CEYLAN, Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya
gokhanursn@gmail.com, cagilkaya42@hotmail.com, sdursun@selcuk.edu.tr

ÖZET: Günümüzde bitkisel atık yağlar bilinçsiz bir şekilde değerlendirilmeden lavabolara dökülmekte veya bertaraf edilmektedir. Lavaboya dökülen 1 litre atık yağ yaklaşık olarak 1 milyon litre içme suyunu kirletmekte ve 5 milyon litre suyu kullanılmaz hale getirmektedir. Gelecekte içme suyunun fosil yakıtlardan daha değerli olacağını düşünürsek bu yapılan bilinçsizlik hem kıymetli sularımızı kirletmekte hem de değerlendirilmesi mümkün atık yağların kullanılmasını engellemektedir. Bitkisel ya da hayvansal atık yağların geri dönüşümü sonucu elde edilecek olan kıymetli birkaç ürün oluşmaktadır. Bunlar biyodizel ve gliserindir. Biyodizel normal dizele göre daha çevreci olup karbondioksit emisyonu %80 daha azdır. Gliserin ise ilaç sanayinde ve kozmetik sektöründe hammadde olarak kullanılmaktadır. Avrupa da ve Amerika da biyodizelin inceltilmesi ile uçak yakıtı olarak bile kullanılırken Türkiye de biyodizel üretimi 2000li yıllarda rağbet görmüş fakat değerini gerektiği gibi bulamamıştır. Son yıllarda ise ülkemizde öncü firmalar bu çöpe giden değerli yakıta sahip çıkıp gerekli yatırımlar yaparak biyodizel üretimine hız vermişlerdir. Bu çalışmamızda laboratuvar ortamında biyodizel üretiminin nasıl yapıldığından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bitkisel atık yağlar, biyodizel üretimi, atık yağ geri dönüşümü.*

1. GİRİŞ

1.1. Kullanılmış Bitkisel Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi

Biyodizel; yağlardan üretilen, monoalkil esterlerinin karışımı olan alternatif Dizel motoru yakıtıdır. Ülkemizde Diesel motoru yakıtları için motorin TSE adı mevcuttur; bu nedenle bitkisel yağ asitleri metil esterleri karışımı biyodizel için "Biyomotorin" adlandırılmasının da kullanımı uygundur. Oksijene zincir yapısı biyodizeli, petrol kökenli motorinden ayırır.

Biyodizel, kolza–kanola, ayçiçeği, soya gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir.

Dizel motorunun mucidi Rudolf Diesel (1858-1913) ilk kez, 10 Ağustos 1893'te Ausburg-Almanya'da motorunun denemesini gerçekleştirmiş ve ardından 1898 yılında Paris Dünya Fuarında yer fıstığı yağım yakıt olarak kullanan motorunu sergilemiştir. İlk biyodizel üretimi 1988 yılında, 500 ton/yıl kapasite ile bir çiftçi kooperatifince, ilk endüstriyel ölçekteki biyodizel üretimi de 10 000 ton/yıl kapasite ile Avusturya'da gerçekleştirildi. 199O'lı yıllardan itibaren biyodizel dünya üretimi artarak ilerlemektedir.

Günümüzde benzin ve dizel yakıtına alternatif yakıtlar etanol ve biyodizeldir. Tarım ülkesi olan ülkemizde, biyodizel öncelikli bir seçenektir. Kırsal kesimin ekonomik yapısının güçlenmesi ve iş imkânlarının yanı sıra yan sanayinin de gelişmesine katkıda bulunacaktır.

Biyodizelin stratejik konumu da göz ardı edilemez bir durumdur. Ancak biyodizelin bitkisel yağlardan üretiliyor olması dizel yakıtına nazaran daha pahalı olmasına neden olmaktadır.

Biyodizelin atık yağlardan da üretilmesi maliyeti düşüren etkenlerdendir. Türkiye'de her yıl 300 bin ton atık yağ oluşmaktadır. Bu atık yağlar biyodizel üretiminde kullanıldığında yılda 480 milyon YTL kazanç sağlanacaktır. Ayrıca, oluşan bu atık yağlar biyodizel üretiminde kullanıldığında, motorine göre atmosfere atılan sera gazı CO miktarı 900 bin ton azalacaktır.

Biyodizel kaynaklarının ortak noktası hepsinde çeşitli formlarda yağ bulunmasıdır. Bitkisel yağlar oda sıcaklığında sıvı haldeki yağlardır. Bu yağlar trigliseridler olarakta isimlendirilirler. Karbon, hidrojen ve oksijen atomlarının birbirine bağlanıp kendilerine has bir dizilime sahip olmasından oluşmaktadırlar. Trigliseroller oldukça yaygındır. Evde kullanılan bitkisel yağların yanında tereyağı ve domuz yağında da bulunmaktadır.

Trigliseroller “E” harfiyle görselleştirilebilir. E’ nin yatay şekli gliserol molekülü olarak bilinir. Gliserol sabun, kozmetik urunler ve ilac yapımında sıkca kullanılan bir bileşiktir. Bu gliserol omurgasına karbon, oksijen ve hidrojenden oluşan 3 uzun zincir eklenirse oluşan yapıya trigliserit denir.

Trigliseroller araçlarda çalışacak duruma nasıl gelirler? Biyodizeller saf bitkisel yağlar değildir. Daha once saf bitkisel yağ kullanımı denendiyse de bu motorlarda problemlere yol açmıştır. Saf bitkisel yağ yakıt haline gelmesi icin bir takım kimyasal reaksiyonlara sokulur. Biyodizel yapımı için bir kaç farklı yol olmasına rağmen birçok üretim tesisi trans-esterleşme denilen bir işlem uygularlar. Bu işlemde yağ öncelikle arındırılır ve sonra alkolle reaksiyona sokulur. Alkol olarak genellikle metanol (CH_3OH) veya etanol (CH_3CH_2OH) , katalizor olarakta potasyum hidroksit (KOH) veya sodyum hidroksit (NaOH) kullanılır. Bu işlemden sonra trigliserol esterler ve gliserol ve metil veya etil esterlerine dönüşür. Esterler viskozitesi düşük, iyi yanabilen maddeler olduklarından biyodizel olarak kullanılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

Bitkisel atık yağların biyodizele dönüşüm aşaması **Şekil:1**’de gösterilmiştir.

Şekil: 1. Bitkisel Atık Yağların Yakıt Özelliklerinin İyileştirilmesi

Çalışmamızda en çok kullanılan yöntem olan Transesterifikasyon Yöntemi kullanılmıştır. Transesterifikasyon, bir trigliserit molekülünün bir alkol ve katalizör eşliğinde reaksiyona girerek, gliserin ve yağ esterleri üretmesi sürecidir. Biyodizel olarak adlandırılan monoesterler, bitkisel veya hayvansal yağların transesterifikasyonu ile üretilir.
Kullanılan malzeme ve materyaller **Tablo:1**'de gösterilmiştir.

Tablo: 1. Kullanılan Malzeme Tablosu

Kullanılan Malzeme	**Kullanılan Malzeme Miktarı**
Bitkisel Atık Yağ (Ayçiçek Yağı)	5 LİTRE (5000ML)
Alkol (Metil Alkol-Metanol ($3CH_3OH$))	1 LİTRE (1000ML)
Katalizör (Sodyum Hidroksit (NaOH))	30 GRAM
Cam Termometre	1 ADET
Elektrikli Isıtıcı	1 ADET
Cam Kap	1 ADET 6 LİTRELİK

2.1. Deneyin Yapılışı

Gerekli güvenlik önlemleri alınıp 5 litrelik bitkisel atık yağ 55-60 dereceye gelinceye kadar ısınmaya bırakıldı. Bu işlem gerçekleşirken 1 litrelik metanole önceden hazırlanmış olan katalizör olarak kullandığımız 30 gram sodyum hidroksit ilave edildi. Homojen bir şekilde karışması sağlandı. Oluşan sodyum metoksit 58 dereceye kadar ısınan bitkisel atık yağın içine boşaltıldı ve tepkimeye girme işlemini hızlandırmak için karıştırıldı. Oluşan karışımın ağzı sıkıca kapatıldı ve beklemeye alındı. Bu deney sonucunda oluşması beklenilen ürünler

biyodizel ve gliserindir. Gliserin dibe çöküp tortu oluşturacak ve biyodizel üst kısımda kalacaktır.

Yapılan işlemin tam olarak gerçekleşmesi için yaklaşık 5-12 gün arası bir bekleme süresi gerekmektedir. Yapılan çalışmanın ilk gün görseli **Şekil:2**' de gösterilmiştir. İkinci gün **Şekil:3**'de üçüncü gün **Şekil:4**'de dördüncü ise **Şekil:5**'de gösterilmiştir.

Şekil: 2. Birinci Gün Çökelme miktarı

Şekil: 3. İkinci Gün Çökelme Miktarı

Şekil: 4. Üçüncü Gün Çökelme Miktarı

Şekil: 5. Dördüncü Gün Çökelme Miktarı

Yapılan çalışma sonucu ilk gün 20 mm lik bir çökelme gözlenmiştir.Yapılan hesaplamaya göre ilk gün 476,19 ml biyodizel oluşmuştur. İkinci gün 30 mm lik bir çökelme üçüncü gün 40 mm ve 4. Gün 50 mm lik bir çökelme gözlenmiştir.

$$\frac{2}{21} * 5000ml = 476{,}19ml$$

$$\frac{3}{21} * 5000ml = 714{,}29ml$$

$$\frac{4}{21} * 5000ml = 952{,}38ml$$

$$\frac{5}{21} * 5000ml = 1190{,}48ml$$

Yapılan hesaplamaya göre ilk gün 476,19 ml. biyodizel oluşmuştur. İkinci gün 714,29 ml. üçüncü gün 952,38 ml. ve dördüncü gün 1190,48 ml. biyodizel elde edilmiştir.

Dördüncü günden sonra oluşan çökelme homojen bir şekilde olup ölçümü gerçekleştirilememiştir. Altıncı günün sonunda çekilen resimler **Şekil:6** ve **Şekil:7** de gösterilmiştir. Altıncı günün sonunda oluşan biyodizel miktarı;

$$\frac{18{,}5}{21} \times 5000ml = 4404{,}76ml$$

Şekil: 6. Altıncı Gün Dip Çökeltisi

Şekil: 7. Altıncı Gün Çökelme Miktarı

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Oluşan Biyodizelin Günlere Göre Dağılımı

Oluşan biyodizelin günlere göre dağılımı **Şekil:8**'de gösterilmiştir.

Şekil: 8. Biyodizel Oluşum Eğrisi

3.2. Maliyet Hesabı

Kullanılan malzemeler 5 litre bitkisel atık ayçiçek yağ, 1 litre metil alkol, 50 gram sodyum hidroksit, ısıtıcı, ısı ölçer ve cam kavanoz.

5 litre atık yağ toplam 10 TL

1 litre metil alkol 12 TL

50 gram sodyum hidroksit 1 TL

Isıtıcı 15 TL

Isı ölçer 2 TL

Cam kavanoz 3 TL

$$Toplam = 10 + 12 + 1 + 15 + 2 + 3 = 43$$

$$\frac{43TL}{4404{,}76ml} \times 1000ml = 9{,}76TL$$

Bizim yürüttüğümüz çalışmada alınan malzeme ve kimyasallar perakende satış olduğu için fiyat 9,76 TL gibi yüksek bir rakama denk gelmektedir. Endüstriyel olarak 1 litresi yaklaşık olarak 2,65 TL gibi bir rakama mal edilmektedir.

3.3. Dizel ve Biyodizelin Kıyaslanması

Yapılan karşılaştırma **Şekil: 9** de belirtilmiştir.

YAKIT ÖZELLİKLERİ	BİRİM	STANDART DEĞER	DİZEL	BİYODİZEL
MOLEKÜL AĞIRLIĞI	g/mol		120 - 320	296
ISIL DEĞERİ	MJ/kg		42.7	37,1
YOĞUNLUK (15°C)	kg/L	0,875 - 0,90	0,82 - 0,86	0,87-0,88
VİSKOZİTE (40°C)	mm^2/s	2 - 4,5	2,5 - 3,5	4,3
PARLAMA NOKTASI	°C	> 55	> 55	>120
KÜKÜRT İÇERİĞİ	% kütlesel	< 0,01	< 0,05	<0,01
SETAN SAYISI		> 49	49 - 55	>55
KÜL MİKTARI	% kütlesel	< 0,01	< 0,01	<0,01
SU MİKTARI	mg/kg	< 200	< 200	<300

Şekil: 9. Dizel ve Biyodizel Kıyaslama Tablosu

3.4. Biyodizelin Kullanım Alanları

Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Biyodizel bu nedenle, "Acil Durum Yakıtı" ve "Askeri Stratejik Yakıt" şeklinde adlandırılabilir.

Biyodizel:

- Jeneratör yakıtı olarak
- Kalorifer yakıtı olarak
- Soba, fener ve diğer ısıtıcılarda
- Model uçaklarda
- Yapışkan kimyasal sprey boyaların ve otomobillerdeki istenmeyen boyaların temizlenmesinde çözücü (solvent) olarak
- Motor parçalarındaki yağ ve kurumun temizlenmesinde
- Çok amaçlı makine yağlayıcı olarak
- Tuğla üretiminde ve çömlekçilikte
- Araziye ya da suya kazaen dökülen petrolün temizlenmesinde
- İnşaat kalıplarının sıvanmasında
- Hidrolik sıvısı olarak
- Demiryolu yağlayıcısı olarak
- Ayrıca gıda kurutulmasında başarı ile kullanılabilir
- Kükürt içermeyen biyodizel seralar için mükemmel bir yakıt olabilir.

3.5. Biyodizelin Avantajları

Biyodizelin birçok önemli avantajı bulunmaktadır.

- Çevre dostudur.
- Dış kaynaklı petrol bağımlılığını azaltır
- Motorun kendini yağlamasını sağlar, böylece aşınmayı azaltır.
- Hiçbir değişiklik yapmadan veya çok ufak değişikliklere her dizel motorda kullanılabilir.
- Geleneksel dizelden daha güvenlidir.

Biyodizelin tercih edilmesindeki en önemli etken çevre dostu olmasıdır. Biyodizel standart dizel yakıttan daha az atığı olmaktadır. Ayrıca biyodizel yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Emisyonlar biyodizele geçiş tartışmalarının merkezini oluşturmaktadır. Bilim adamları, kanun koyucular ve müşteriler tarafından özellikle dikkat edilen bazı zararlı emisyonlar vardır. Sülfür ve buna bağlı bazı atıklar asit yağmurlarına neden olmaktadır. Karbonmonoksit kuvvetli bir zehir olarak bilinmektedir. Karbondioksit sera etkisi yaratmaktadır. Bunların dışında az bilinen başka bazı zararlı atıklar da vardır. Polisilik Aromatik Hidrokarbonlar (PAHs), kansere neden olmaktadır. Parçacık halinde dolaşan atıklar sağlık üzerinde negatif etki oluşturmaktadır. Yanmamış hidrokarbonlar ise dumanlı sise ve ozon tabakasının delinmesine yol açmaktadırlar. Biyodizel tehlikeli emisyonları azaltır. İlave olarak söylemek gerekirse B100 karbondioksit emisyonunu %78 ve dizel yakıtların neden olduğu kanserojen etkileri %94 oranında azaltır. Biyodizelin diğer bir özelliği geri dönüşümlü olmasıdır. Bakteri gibi doğal etkilerle ayrıştırılabilir.

Biyodizel geleneksel dizel yakıta gore 4 kat daha hızlı bir şekilde ayrıştırılabilir. Biyodizel ülkemizin petrol ihtiyacının arttığı ancak dunyadaki petrol uretiminin azaldığı bir donemde büyük önem arz etmektedir. Biyodizel ayrıca motorun yağlanmasını da sağlayacaktır. Böylece motor daha rahat hareket edebilir. Biyodizel bir çözücü gibi davranıp motor içinde tıkanmaya sebep olabilecek tortuları da süpürür. Sadece %1'lik biyodizel karışımı bile yakıtın yağlanma seviyesini %65 arttırır. Biyodizel ayrıca daha güvenlidir. Biyodizel zehirli değildir. Yanma noktası klasik dizele gore daha yüksektir. Yüksek yanma noktası kazara meydana gelen yanmaları azaltır. Buda motorun stabilitesini ve hareketini kolaylaştırır.

3.6. Biyodizelin Dezavantajları

Hiçbir şey kusursuz olmadığı için biyodizelinde zayıf yanları vardır. Problemlerden biri biyodizel emisyonlarında artan nitrojen oksittir. Dizel yakıt üretiminde genellikle emisyondaki katı parçacıklar azaltıldığında buna bağlı olarak nitrojen oksit miktarında artış olur. Nitrojen oksit oranını azaltmak için çalışmalar hala sürdürülmektedir.

Diğer bir problem ise biyodizelin bir çözücü olarak davranmasıdır. Bu özellik iki tarafı keskin kılıç gibidir. Bazı eski model dizel araçlarda (1992′ den önceki) yüksek konsantrasyonlu biyodizel kullanımı motorda tıkanmaya yol açabilir. Biyodizel üreticileri yüksek konsantrasyonlu biyodizel kullanımına geçildikten sonra yakıt pompasının değiştirilmesini önermektedirler.

Ayrıca bazı motorlarda hem yakıt ekonomisini hem de elde edilen gücü çok küçük bir miktar düşürür. Güçte ortalama olarak %10 bir düşüş yaşanır. Diğer bir değişle 1.1 galon biyodizel, 1 litre standart dizele eşittir. Biyodizelin şu anki en büyük dezavantajı ise fiyatıdır. Örneğin B20 standart dizelden galon başına 30-40 sent daha maliyetlidir. Diğer bir önemli dezavantaj ise ulaşılabilirliktir. Biyodizel yakıt, standart dizel yakıtlar gibi her yerde bulunamamaktadırlar.

3.7. Gliserin Kullanım Alanları

Gliserinin geçmişine baktığımızda 1889 yılına kadar yoğunlukla mum yapımında kullanıldığını görüyoruz ancak bu yıldan sonra yapılan keşiflerle birlikte sabun üretiminin de vazgeçilmezleri arasına giriyor.

Gliserinin günümüzde bilinen yaklaşık 1500 farklı kullanımı bulunmaktadır.

- Gıda sektöründe kullanılır. Gıda maddelerinin ve içeceklerin içerisine katılır, nem tutucu, tatlandırıcı ve çözücü olarak görev yapar.
- Şeker kullanılan ürünlerde şeker yerine de kullanılmaktadır. Gliserinin tatlılık oranı sukrozun yaklaşık %60'ına denk gelmektedir. Bakıldığında kalorisi sofra şekeriyle aynı orandadır ancak kandaki şeker seviyesini yükseltmez.
- Dondurmalarda kıvam sağlayıcı olarak kullanılır, yapılarını düzeltir.
- Tatlı bir alkol türü olan likörlerde kıvam arttırıcı (kalınlaştırıcı) olarak kullanılır.
- Düşük yağ oranına sahip gıda ürünlerinden dolgunlaştırıcı olarak kullanılır.
- Öksürük şuruplarının içerisinde tatlandırıcı olarak kullanılır.

- Kabızlık şikâyetlerinde tedavi amaçlı kullanılır. Özellikle fitil olarak kullanımı görülmektedir.
- Şeker hastalarının kullandığı, harici olarak uygulanan merhemlerin içeriğinde de bulunur.
- Diş macunu, cilt bakım ürünleri, ağız gargaraları, saç bakım ürünleri ve traş kremleri gibi kişisel bakım ürünlerinde bulunur. Bu ürünlerde bulunmasının sebebi gliserinin nemlendirme özelliğinin kuvvetli olmasıdır.
- Mum üretiminde kullanılır.
- Sabun üretiminde kullanılır.
- Nargile tütünlerinin içerisinde bulunur, nem tutucu özelliğiyle görev yapar.
- Dinamit üretiminde kullanılır. Gliserin Trinigliserin ve Nitrik asitle birleştirilerek dinamit yapımında kullanılır.
- Donmayı geciktirici özelliğe sahiptir.
- Mürekkep ya da küf lekesi benzeri çıkması zor olan lekelerin üzerine tatbik edildiğinde lekenin kuruyup kumaşa işlemesini geciktirir ve leke çıkarmayı kolaylaştırır.
- Sığırlarda görünen bir iç hastalık türü olan ketoziste tedavi amaçlı kullanılır. Bu hastalık yüksek miktarda süt verme kapasitesi olan hayvanların doğumdan sonra ilk bir iki ay içerisinde karbonhidrat ve lipid metabolizmalarının bozulmasına yol açar.
- Orta ve dış kulak enfeksiyonlarının sebep olduğu şiddetli kulak ağrısı şikayetlerinde kulak içerisine birkaç damla gliserin damlatılmasının faydası vardır. Elbette doktor kontrolünde ve onayında kullanılmalıdır. Ayrıca kulak temizliği için de kullanılabilir.

KAYNAKLAR

ITU Enerji Enstitüsü Enkus İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Çalıştayı ve Sergisi 22 - 23 Haziran 2006 Enerji Enstitüsü Yayınları, NO:2016/1

ALİBAŞ A., V. EYÜBOĞLU,S.KAYIK,.Bitkisel Yağların Motor Yakıtı Olarak Kullanılabilme Olanakları Mühendis ve Makine Dergisi.Cilt:34 SAYI:398 s.19-27,1993

ERDOĞAN D.Bitkisel Yağların Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılması.T.Mek.13.Ulusal Kongresi.,Konya,s.30-37. 1991.

Şanlı H., “Farklı Alkol ve Katalizör Kullanımının Biyodizel Üretimindeki Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli (2005).

IŞIĞIGÜRTUNA A., F. KARAOSMANOĞLU, H.A. AKSOY, Bitkisel Yağların Dizel Yakıt Alternatifi Olarak Kullanımı .Isı Bilimi ve TEKNİĞİ 7. ULUSAL Kongresi. Ege Üniv.İzmir.s.191-196. 1989.

Ulusoy, Y., ve Alibaþ, K., “Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Teknik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi”, Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 16, 37-50 (2002).

Atılgan, İ., “Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış”, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15 (1), 31 47 (2000).

URL-1 http://biyokure.org/biyodizelin-kullanim-alanlari/5484/

URL-2 https://www.makaleler.com/gliserin-nedir-ne-ise-yarar
URL-3 http://www.turksan.com/biyodizel-nedir-nasil-calisir.html
URL-4 http://www.betoser.com/BİYODİZEL.html
URL-5 http://www.cevreorman.com.tr, "Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağdan Biyodizel Üretimi" (01.05.2006).

ATIKSUDAN SU MERCİMEĞİ İLE FOSFOR GİDERİMİ

İbrahim SARIKAYA, Aylin IŞIK, Zübeyde ÖZENÇ, Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya
sdursun@selcuk.edu.tr

ÖZET: Fosfor doğal sularda ve atıksularda fosfat şeklinde (PO4) bulunan bir elementtir. Suda fosforun fazla olması durumunda alg patlaması gibi problemlerle karşılaşılmaktadır. Bu çalışmada, laboratuvar şartlarında su mercimeği (*Lemna minör*) kullanılarak reaktif fosfor giderimi incelenmiştir, Çalışma 23°C sıcaklıkta,15'er gün süreyle, 1200ml'lik kesikli reaktörlerde 2 set-deney halinde gerçekleştirilmiştir.1.Sette su buharlaşması ihmal edilerek, kesikli-havasız reaktörler içerisinde farklı fosfor konsantrasyonlarındaki giderim verimi ve su mercimeğindeki biokütle artışı incelenmiştir.2. Sette ise yine farklı fosfor konsantrasyonlarına sahip kesikli reaktör içerisinde, günlük buharlaşan su miktarı kadar saf su, tekrardan sisteme dahil edilerek, havalı ve havasız şartlar altındaki giderim verimi ve su mercimeğindeki biokütle artışı incelenmiştir. Ölçümler Vanadomolibdo fosforik asit ile kolorimetri metodu ile yapılmıştır. Sonuç olarak havalı-havasız sistem fark etmeksizin fosfor konsantrasyonu arttıkça giderim verimlerinin arttığı gözlenmiştir. Aynı konsantrasyona sahip havalı ve havasız reaktörlerde karıştırıldığında ise havalandırma sağlanmış olan reaktörün giderim veriminin daha fazla olduğu bulunmuştur. Deney sonunda su mercimeklerinin ıslak ağırlıkları ise başlangıç ağırlıklarına göre 1,5-3 kat arasında artış göstermiştir. Bu verilere göre fosfor yükü fazla olan su kütlelerinde, iklim şartlarının uygun olması kaydı ile su mercimeği kullanarak başarılı bir şekilde fosfor giderimi yapılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Su mercimeği, Vanadomolibdofosforik asit, Fosfor giderimi.*

1. GİRİŞ

Su mercimekleri uygun şartlarda kolay çoğalabilmeleri ve temin edilebilmeleri, iyi birer nutrient giderici olmaları, adaptasyon yeteneklerinin iyi olması gibi sebeplerden dolayı atıksu arıtımı için kullanılabilecek sucul bitkilerdir. Su mercimekleri en küçük ve en basit çiçekli bitkiler olup en hızlı çoğalma özelliğine sahiptirler. Yapraktaki küçük bir hücre bölünerek yeni yaprak üretir. Her bir yaprak yaşam süresi boyunca 10-20 kez üretim yapabilir (Tchobanoglaus ve Burton 1991). Doğal sularda sucul bitkilerin büyümesi ve gelişimi için karbon (C), azot (N) ve fosfor (P) gibi bitki besin maddelerine (nutrientlere) ihtiyaç vardır. Ancak bu besinlerin sularda kabul edilebilir sınır değerlerin üzerinde olması ciddi çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir(Topal M.-2011) Su bitkileriyle arıtma işleminde çökelme, adsorpsiyon, bakteriyel ayrışma ve bitkisel kullanım gibi arıtma mekanizmaları etkindir (Karagöz, 1998). AKM giderimi esas olarak; çökelme, organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından tüketilmesi, küçük fraksiyonların su mercimeği kökleri tarafından adsorpsiyonu ve alg büyümesinin engellenmesiyle gerçekleşmektedir. Organik madde giderimi, su mercimeği tarafından hem oksijen hem de bakteriyel büyüme için yüzey alanı sağlamak suretiyle artmaktadır (Körner ve diğ., 1998). Çevresel sorunların en başında, arıtılmamış atıksuların doğrudan yüzeysel sulara verilmesi gelir. Atıksularda nutrientler; N, P ve C'un formları şeklinde bulunur ve girdiği sularda aşırı olması sucul ekosistemi olumsuz yönde etkiler. Su

mercimeğinin kullanımı; hızlı büyüme oranıyla yüksek seviyede nutrient giderimi elde edildiğinden ve düşük lif ve yüksek protein içeriğinden dolayı tercih edilir (Landolt, 1986; Körner ve diğ., 1998). Su mercimeğinin büyümesi amonyum ve fosfat formlarında nütrientlerden yararlanabilmesine bağlıdır.(Cheng ve diğ.,2001)

Su mercimeği ile doğal arıtım sistemlerinin yapım ve işletim maliyetlerinin düşük olması, herhangi bir kimyasal madde veya mekanik teçhizata gerek olmayışı tamamen doğal bir mekanizma ile çalışması ve buna ilave olarak evsel atıksu gibi besi maddesince zengin bir ortamda organik yükün proteince zengin bitki biokütlelerine dönüştürülmesi, bu sistemleri cazip hale getirmektedir. Atıksu arıtımının yanı sıra, protein içeriği yüksek biokütlelerden hayvan yemi yapımında veya biyogaz üretiminde faydalanabilmektedir.(Uysal 1998)

2. MATERYAL VE METOT

2.1.Ölçüm metodu

Vanadamolibdofosforik asit ile spektrofotometrik metod.

2.2. Yöntemin prensibi;

Asidik koşullar altında fosfor amonyum molibdat ile reaksiyona girerek molibda fosforik asit oluşturur. Oluşan asit vanadyum ile artan konsantrasyonlarda sarı renk verir. Bu rengin absorbans ölçümü 430 nm'de spektrofotometrede yapılır.

2.3.Reaktifler;

Vanadomolibdat reaktifi (renk değiştirici)

(A çözeltisi + B çözeltisi + 70 ml saf su)

A çözeltisi; 25 gram amonyum molibdat, 300 ml saf suda çözülür.

B çözeltisi; 1,25 gram amonyum metavanadat 300 ml suda ısıtılarak çözülür, soğuduktan sonra 330 ml derişik HCl eklenir.

Stok fosfat çözeltisi; 219,5 mg susuz KH_2PO_4 1 litre saf suda çözülür. Bu çözelti 5mg/L PO_4-P'ye eşittir.

2.4. Standart çözeltisi ve kalibrasyon eğrisinin hazırlanması; Stok çözeltiden 10 ml'lik tüplere, 1 mg/L , 2 mg/L, 3 mg/L, 4 mg/L, 5 mg/L, 6 mg/L ,7 mg/L, 8 mg/L , 9mg/L, 10

mg/L, 12 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L olacak şekilde seyreltmeler yapılıp üzerine 2 ml renk geliştirici eklenir. Geri kalan kısım saf su ile tamamlandı ve analizleri yapılarak kalibrasyon eğrisi elde edildi.

Grafik:1 Kalibrasyon Grafiği

2.5. Örneklerin analizi; 7 ml numune alınarak 2 ml renk geliştirici eklenir. 1 ml saf su eklenip 430 nm dalga boyunda ölçüm yapılır. Kalibrasyon eğrisinden bulunan sonuç 10/7 ile çarpılıp asıl değer elde edilir.

Tablo:1 Konsantrasyon-Absorbans Tablosu

Konsantrasyon	ABS
1 mg/L	0.052
2 mg/L	0.102
3 mg/L	0.167
4 mg/L	0.203
5 mg/L	0.251
6 mg/L	0.318
7 mg/L	0.364
8 mg/L	0.399
9 mg/L	0.456
10 mg/L	0.501
12 mg/L	0.684
15 mg/L	0.728
20 mg/L	0.869
25 mg/L	1.045
50 mg/L	1.519

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Deney Düzeneği; Eser elementler ve Azot gibi sınırlayıcı diğer biyo-kimyasal parametrelerin tüm reaktörlerde aynı olması amacıyla 1 L torf ve 50 ml sıvı bitki besini 5 litre sıcak suda çözüldükten sonra filtre edildi ve 20,4 litreye tamamlandı. Çözeltinin ortofosfat analizi yapıldı ve 6,5mg/L ölçüldü. Sonrasında fosfor giderimi çalışması için 2 ayrı deney düzeneği kuruldu.

Su buharlaşmasının ihmal edildiği 1.Deney düzeneğinde 5 farklı reaktöre 6,5 mg/L PO_4 içeren çözeltiden 1200'er ml eklendi. Daha sonra farklı konsantrasyonlar elde etmek amacıyla 2.,3.,4. ve 5. kaplara sırasıyla 26,5 mg, 52,8 mg, 79,2 mg, 105,6 mg KH_2PO_4 eklendi .Başlangıç konsantrasyonları sırasıyla 6.5 mg/L ,11.3 mg/L ,14.3 mg/L ,21.0 mg/L ve 28.10 mg/L olarak ölçüldü. Ardından her bir reaktöre 5'er gram su mercimeği eklenip deneye başlandı.1.,2.,5.,7.,9.,12.,13.,14. ve 15. günde reaktörlerden numune alınarak Ortofosfat analizi yapıldı. Tablodaki değerler elde edildi.

Grafik:2 1.Set Konsantrasyon-Zaman Grafiği

15 gün sonunda her bir reaktörde kalan su miktarı 682 ml olarak ölçüldü, dokuz ölçümde 63 ml suyun numuneler için kullanıldığı göz önünde bulundurularak her bir reaktörden 455 ml su buharlaştığı bulundu.

Tablo:2 1.Set Konsantrasyon-Zaman Tablosu

	1.Gün	2.Gün	5.Gün	7..Gün	9.Gün	12.Gün	13.Gün	14.gün	15.Gün
1.Reaktör	6.50 mg/L	6.25 mg/L	3.70 mg/L	3.60 mg/L	3.50 mg/L	3.40 mg/L	3.10 mg/L	2.90 mg/L	2.80 mg/L
2.Reaktör	11.30 mg/L	8.16 mg/L	7.16 mg/L	6.07 mg/L	4.94 mg/L	3.70 mg/L	3.40 mg/L	3.29 mg/L	3.10 mg/L
3.Reaktör	14.30 mg/L	11.90 mg/L	8.16 mg/L	6.50 mg/L	6.25 mg/L	4.56 mg/L	4.40 mg/L	4.30 mg/L	4.00 mg/L
4.Reaktör	21.00 mg/L	16.04 mg/L	10.45 mg/L	8.95 mg/L	8.45 mg/L	7.48 mg/L	6.25 mg/L	5.86 mg/L	5.70 mg/L
5.Reaktör	28.10 mg/L	20.47 mg/L	13.70 mg/L	10.60 mg/L	10.40 mg/L	8.30 mg/L	8.20 mg/L	8.10 mg/L	7.90 mg/L

1.Sette reaktörlerdeki su mercimeklerinin son ağırlıkları tablodaki gibi bulunmuştur.

Tablo:3 1.Set Biyokütle Tablosu

1.Reaktör	12.9gr
2.Reaktör	7,8 gr
3.Reaktör	9,6 gr
4.Reaktör	13,8gr
5.Reaktör	9,4 gr

İkinci sette ise yine 6,5 mg/L PO_4 konsantrasyonuna sahip çözelti kullanılarak 4 farklı grupta 12 reaktör hazırlandı. 2. Gruptaki her bir reaktöre 26,5 mg, 3. gruptakilere 79,2 mg ve 4. gruptakilere 105,6 mg KH_2PO_4 eklendi. Başlangıç konsantrasyonları sırasıyla 1.Gruptakilerde 6.5 mg/L, 2.Gruptakilerde 14.3 mg/L, 3.Gruptakilerde 21.0 mg/L ve 4.Gruptakilerde 28.10 mg/L olarak ölçüldü. Reaktörlere 3'er gram ıslak su mercimeği bırakıldı. Her grubun A serisine hava motoru ile havalandırma sağlandı.1.setten farklı olarak havalı ve havasız reaktördeki günlük buharlaşan su miktarı,su seviyesi çizgisi ile belirlenerek hesaplandı. Buharlaşma miktarı havalı reaktörlerde 90 ml/gün, havasız reaktörlerde ise 30 ml/gün olarak bulundu. Buharlaşan su her gün saf su olarak reaktörlere eklendi.1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günlerde her bir reaktörden 7 ml numune alınarak analiz yapıldı ve tablodaki değerler elde edildi.

Tablo:4 2.Set Konsantrasyon-Zaman Tablosu

		1.Gün	3.Gün	6.Gün	9.Gün	12.Gün	15.gün
1.Grup	A	6.50 mg/L	5.80 mg/L	4.56 mg/L	3.56 mg/L	3.35 mg/L	2.65 mg/L
	B	6.50 mg/L	6.25 mg/L	5.65 mg/L	4.35 mg/L	3.62 mg/L	2.80 mg/L
	C	6.50 mg/L	6.25 mg/L	5.65 mg/L	4.35 mg/L	3.62 mg/L	2.80 mg/L
2.Grup	A	11.30 mg/L	7.15 mg/L	4.95 mg/L	3.70 mg/L	3.40 mg/L	2.91 mg/L
	B	11.30 mg/L	7.93 mg/L	5.87 mg/L	4.56 mg/L	4.11 mg/L	3.45 mg/L
	C	11.30 mg/L	7.93 mg/L	5.87 mg/L	4.56 mg/L	4.11 mg/L	3.45 mg/L
	A	21.00 mg/L	13.50 mg/L	10.60 mg/L	8.15 mg/L	7.25 mg/L	5.81 mg/L

3.Grup	B	21.00 mg/L	14.35 mg/L	12.30 mg/L	10.47 mg/L	8.15 mg/L	6.30 mg/L
	C	21.00 mg/L	14.35 mg/L	12.30 mg/L	10.47 mg/L	8.15 mg/L	6.30 mg/L
4.Grup	A	28.10 mg/L	14.65 mg/L	11.45 mg/L	9.56 mg/L	7.55 mg/L	5.95 mg/L
	B	28.10 mg/L	17.54 mg/L	14.35 mg/L	11.46 mg/L	9.13 mg/L	7.86 mg/L
	C	28.10 mg/L	17.54 mg/L	14.35 mg/L	11.46 mg/L	9.13 mg/L	7.86 mg/L

Grafik:3 2.Set-1.Deney Grubu Konsantrasyon-Zaman Grafiği

Grafik:4 2.Set 2. Deney Grubu Konsantrasyon-Zaman Grafiği

Grafik:5 2.Set 3.Deney Grubu Konsantrasyon-Zaman Grafiği

Grafik:6 4 2. Set 4. Deney Grubu Konsantrasyon-Zaman Grafiği

Grafik:7 2.Set Gruplar Konsantrasyon-Zaman Grafiği

2.Sette reaktörlerdeki su mercimeklerinin son ağırlıkları tablodaki gibi bulunmuştur.

Tablo:5 2.Set Biyokütle Tablosu

1.Grup	A	7.6 gr
	B	8.0 gr
	C	8.0 gr
2.Grup	A	9.7 gr
	B	10.5 gr
	C	10.5gr
3.Grup	A	8.7 gr
	B	9.7 gr
	C	9.7 gr
4.Grup	A	9.1 gr
	B	10.0 gr
	C	10.0 gr

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Havalı ve havasız sistemlerde fosfor konsantrasyonu arttıkça gideriminde arttığı belirlenmiştir. 2. Sette, havalı reaktörler kendi gruplarındaki havasız reaktörlere göre daha fazla fosfor giderimi sağlamıştır. Buharlaşmanın ihmal edildiği 1.sette elde edilen sonuçlar buharlaşan su miktarının saf su olarak eklendiği 2. sette elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermiştir. Deney grubu fark etmeksizin giderimin en hızlı olduğu aralık 0-4 gün aralığıdır. Havalı sistemdeki reaktörlerde, havasız sistemdeki reaktörlere göre daha az su mercimeği oluşumu gözlenmiştir. Muhtemelen bunun sebebi havalandırmadan kaynaklanan türbülans sonucunda su yüzeyinin sürekli hareket halinde olması durumudur. Elde edilen bulgular sonucunda fosfor yükü yüksek olan su kütlelerinin, su mercimeği kullanılarak başarılı bir şekilde arıtılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1 Topal M, Karagözoğlu B, Öbek E, E.Işıl, Topal A, Bazı Su Mercimeklerinin Nutrient Gideriminde Kullanımı Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Makufebed (2011) 4: 12-28
2. Chens ve diğerleri, 2001-Nutrient recovery from swine lagoon water by spirodela punctate, bloresource technol sf. 81-85
3. Selçuk Üniversitesi, Çevre mühendisliği Bölümü "Fosfat Tayini " Çevre Kimyası Lab. deney föyü 2004
4. Karagöz, S., 1998, Çöp Sızıntı Sularının Su Bitkileriyle Oluşturulan Sistemlerle Arıtılması, Yüksek LisansTezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 84s.
5. Körner, S., Lyatuu, G.B., Vermaad, J.E., 1998, The influence of Lemna gibba L. on the degradation of organic material in duckweed-covered domestic wastewater, Water Res., 32, 10, 3092-3098.
6. Körner, S. and Vermaat, J.E., 1998, The relative importance of Lemna gibba L., bacteria and algae for the nitrogen and phosphorus removal in duckweed-covered domestic wastewater, Water Res., 32,
7. Landolt, E. (1986). The family of Lemnaceae- a monographic study, Vol. 1, 566p. Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der ETH Zuerich, Stiftung Ruebel, 71
8. Landolt, E. and Kandeler, R. (1987). The family of Lemnaceae- a monographic study. Veroe. entlichugen des Geobotanisches ınstitutes der Edg. Tech. Hochschule, Stiftung Ruebel, Zuerich, p638.
9. Standart Methods 1989, 4500 PC, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Copyright

1999 by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation SLETTEN, O. & C.M. BACH. 1961, 2nd ed. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.
10. Tchobanoglous ve Burton 1991, Wastewater engineering - treatment, disposal and reuse – 1991
11. Uysal 1998-Atıksu arıtım sistemlerinde yüzen su bitkilerinden lemna minörün besi maddesi giderimindeki etkinliğinin araştırılması Yüksek Lisans tezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü sf. 91

POLİALÜMİNYUM KLORÜR (PACl) ÇÖKTÜRMESİ İLE KOİ GİDERİMİ

Dudu Gamze ÖZKUL, Gizem SARISU, Havva ATEŞ, Mehmet Emin ARGUN[1]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA*
gamze34_42@hotmail.com, gzm.srs.12.94@hotmail.com

ÖZET: Bu çalışmada kimyasal çöktürme yöntemi kullanılarak sızıntı suyunun arıtımı amaçlanmıştır. Sızıntı suları, kompleks yapıları ve yüksek kirletici konsantrasyonları içermesinden dolayı arıtımı zor atıksulardır. Bu nedenle, suların arıtılmasında sıkça kullanılan polialüminyum klorür kimyasalı kullanılarak sızıntı suyunun kimyasal çöktürme prosesiyle arıtılabilirliği incelenmiştir. Konya ili düzenli depolama alanından sızıntı suyu numuneleri alınmıştır. Alınan numunelere, farklı dozda, poli-alüminyum klorür (PACl) uygulanmıştır. Yapılan kimyasal çöktürme deneylerinde başlangıç pH'sının ve koagülant madde miktarının, KOİ giderimindeki etkisi araştırılmıştır. Bunlara bağlı olarak optimum koşullar belirlenmiştir. En iyi giderimin pH 7 de, 646,87 mg/L PACl dozunda gerçekleştiği görülmüştür. Yapılan deneyler sonucunda % 38,33 oranında KOİ giderimi olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Kimyasal çöktürme, sızıntı suyu, KOİ giderimi, PACl*

ARITMA ÇAMURLARI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN KIYASLANMASI

Süheyp ECEVİT, Kübra ARICI
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Arıtma tesisleri için çamur kurutulması ve bertarafı büyük önem teşkil etmektedir. Bu sistemlere büyük alan, maliyet ve zaman harcanmaktadır. Aynı zamanda Katı Atıkların Kontrol Yönetmeliği'nde arıtma çamurlarının katı atık depolama sahalarında bertarafı için katı madde muhtevasının özel durumlar dışında %35 sınırının altında kalmaması gerekmektedir. Bu nedenle arıtma çamurlarının kurutulması oldukça önemlidir. Bu çalışmada farklı kurutma yöntemlerinin verim, maliyet, uygulanabilirlik açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma sonucunda güneş kurutma yöntemlerinin düşük maliyetli ve yüksek verimli olduğu ve kurutma yöntemleri arasında önemli bir alternatif olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Arıtma Çamurları, Kurutma, Atıksu Arıtımı.*

1. GİRİŞ

Atıksu arıtma tesislerinin toplam maliyetinin yaklaşık olarak %50'sini arıtma çamurlarının biyolojik arıtımı ve bertaraf edilmesi kapsamaktadır (Yasui ve Shibata, 1994). Çamur miktarlarının arıtma tesisi içerisinde azaltılması taşınma ve depolama maliyetlerinin önemli ölçüde azalmasına katkı sağlamaktadır (Filibeli ve Erden, 2006). Artan nüfus ve şehirleşmenin etkisiyle her geçen gün arıtma çamurlarının miktarı artmakta bunun sonucunda yoğunlaştırma, stabilizasyon ve susuzlaştırma gibi maliyetlerde artış göstermektedir. Her yıl büyük miktarda atıksu çamuru üretilmekte olup Avrupa Birliği'nde bu miktarların 2020 yılına kadar 13 milyon ton kuru çamura ulaşması beklenmektedir (Collard vd, 2015). Özellikle büyük ölçekli arıtma tesislerinde çamurun bertarafı ve arıtımı giderek zorlaşmaktadır. Dünyada yapılan araştırmalarla bu maliyetlerin azaltılması ve çamur katı madde içeriklerini arttıracak teknolojilerin geliştirilmesi amaçlanmaktadır (Filibeli ve Erden, 2006). Bu sebeple çamur kurutma yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Çamur kurutma ve susuzlaştırma işlemleri çamur yatakları, lagünler, mekanik susuzlaştırma (santrifüj, vakum filtre, pres filtre, yatay bant filtre, burgu pres), termal kurutma olarak sayılabilir (Öztürk vd, 2005.) Tablo 1'de bazı susuzlaştırma yöntemlerinin giriş ve çıkış katı madde oranları verilmiştir. Kurutma yöntemleri çamur içindeki suyun doğal yollarla alınması ya da mekanik bir işlem sonucu muhteva ettiği suyun alınması işlemleridir (Zorlu ve Pehlivan, 2015). Bu yöntemlerden yaygın olarak düşük nüfuslu ya da küçük endüstriyel arıtma tesislerinde kurutma yatakları ve lagünler tercih edilir. Büyük ve orta çaplı tesislerde mekanik susuzlaştırıcılar yaygındır. Ancak artan çalışmalar ve teknolojik gelişmeler gelecekte termal kurutma yöntemlerinin de arıtma çamurlarının kurutulmasında önemli potansiyele sahip bir alternatif olduğunu ortaya koymaktadır (Horttanainen vd, 2017). Termal yöntemler basitçe ısı ile çamurun bünyesindeki nemin

buharlaştırılması sonucu katı madde muhtevasının arttırılması olarak tarif edilebilir(Zhang vd, 2016). Çamur içerisindeki suyun doğal buharlaşmayla uzaklaştırıldığı havayla kurutma süreçleri daha az karmaşıktır, işletimi daha kolaydırve az enerjiile işletilebilmektedir (USEPA, 1987). Fizikselısıl proseslerinin ise yüksek ilk yatırım, işletme veenerji maliyetleri gerektirdiği belirlenmiştir (Salihoğlu ve Pınarlı, 2007).

Tablo 4: Mekaniksusuzlaştırma yöntemlerinin katı madde oranları (Koyuncu vd, 2013)

Mekanik Susuzlaştırma Yöntemi	**Giriş KM (%)**	**Çıkış KM (%)**
Döner Vakum Filtre	3-7	16-27
Pres Filtre	4-14	40-60
Yatay Bant Filtre	3-10	20-40
Burgu Pres	0,5-3	14-30
Santrifüj	4-8	20-25

2. MEKANİK SUSUZLAŞTIRMA

Mekanik susuzlaştırıcılar yaygın olarak günümüzde kullanılan çamur susuzlaştırma yöntemleridir. Bu yöntemler sıkıştırma, savurma gibi işlemler ile çamurun suyunu bırakmasını sağlamaktadır. Bu sistemlerin genel dezavantajları zamanla yıpranma sorunları yaşamaları ve genelde ön işlem olarak kimyasal şartlandırma yapılmasının gerekli olması denilebilir. Buna karşılık kısa zamanda sonuç veren verimi yüksek susuzlaştırma yöntemlerini bünyesinde barındırmaktadır. Ayrıca bu sistemlerin katı madde geri kazanım oranı % 90-95 aralığındadır. Küçük alan ihtiyaçları, kısa zamanda susuzlaştırma yapmaları ve yüksek debilerde kullanışlı olmaları avantaj olarak görülse bile enerji sarfiyatları, kimyasal şartlandırma gereksinimi ve bakım onarım maliyetleri göz önüne alındığında bazı dezavantajları olduğu görülmektedir. En çok kullanılan mekanik susuzlaştırıcı sistemleri santrifüjler, belt presler, yatay bant presler, vakum filtreler ve burgu preslerdir.

Santrifüj

Kireçle yumuşatma çamurlarının suyunun alınmasında sıklıkla kullanılır. Çoğu tesiste katı madde oranını %10-15 aralığına çıkaran yer çekimli yoğunlaştırıcı kullanılır. Bunun ardından kullanılan santrifüj katı madde muhtevasını %20-25 seviyelerine çıkarabilmektedir (Sutherland,1969). En yaygın kullanılan santrifüj çeşitleri sürekli zıt akımlı katı teknesi

santrifüj ve sepet tipi santrifüjlerdir. Temel olarak bir motor yardımıyla dönen bir mil ve bu milin dönme hareketi ile arıtma çamurlarının merkezkaç kuvveti ile susuzlaştırılması amaçlanır. Diğer mekanik sistemlere göre avantajı ise katı madde geri kazanım oranının yüksek olmasıdır. Öncesinde polimer ilavesi yapıldığı takdirde bu geri kazanım oranı %90-95 seviyelerine ulaşabilmektedir (Reynolds ve Richards, 2011).

Vakumlu Döner Filtre

Filtrelerin bant tipli, yay tipli ve tambur tipli olmak üzere üç çeşidi vardır. En çok kullanılan mekanik susuzlaştırma ekipmanlarından bir tanesidir. Kumaş, kafes tel ya da yaylardan oluşabilen bir filtre ortamına sahip silindirik bir tambur şeklindedir. Temel prensibi vakum basıncı ile çamurun içerisindeki suyun süzülerek alınmasını sağlamaktır. Bu esnada döner tambur kısım sayesinde çamur keki oluşumu sağlanmış olur. Vakum pompası, süzüntü toplayıcısı ve pompası, çamur besleme pompası gibi destek araçlar gerektirir. Vakumlu filtreler için verim $m^2(ft^2)$ başına saatte süzülen kg (lb) kuru katı miktarı ve filtre kekindeki % KM ile ölçülür. Genelde birincil çamurların ve birincil ve ikincil çamurların karışımlarının süzülmesinde iyi sonuçlar vermektedir. Ancak gerektirdiği mekanik araçlar nedeniyle yüksek maliyetli bir mekanik susuzlaştırma elemanıdır (Reynolds ve Richards, 2011).

Basınçlı Filtre

Yatay bir mile tutturulmuş çok sayıda düşey filtre plakalardan oluşan kesikli işletilen bir filtredir. Filtre plakaları filtre kumaşı ile kaplanmış delikler ve süzüntü boşaltım kanallarına sahiptir. Düşey plakalar filtreden çıkarılabilir. Sıkıştırma işlemi mekanik bir vida veya hidrolik tipte bir mengene yardımıyla yapılır. Süzme döngüsünde kullanılan basınç genellikle 690-1700 kPa (100-250 psi) arasındadır. Tam bir süzme döngüsü 1,5-2,5 saattir. Atık aktif çamurun susuzlaştırılmasında en başarılı susuzlaştırma araçlarından bir tanesidir. Katı madde oranları farklı çamur tipleri için değişiklik gösterse bile yaklaşık olarak %45-50 aralığındadır(Vesilind, 1988). Basınçlı filtreler özellikle alum çamurları ve aktif çamur çamurlarının susuzlaştırılmasında diğer sistemlere göre yüksek verimlidir (Reynolds ve Richards, 2011).

Bant Filtre

Aslında bir çeşit basınçlı filtredir. Yaygın kullanılan tiplerinden bir tanesi de basınçlı bant filtredir. Bu sistemlerde filtre, makaralara tutturulmuş iki banttan oluşur. Alttaki bant ince tel kafesten yapılır ve geçirimliliği yüksektir. Şartlandırılmış çamur banttan geçtikçe taşınan suyun bir kısmı yerçekimiyle süzülür. Çamur, bitişik bantların arasında ve makaralar tarafından oluşturulan basınçlı bölgeden geçerken su uzaklaştırılır. Sonunda, kesme bölgesinde çamur değişen yönlerde zigzag yaparak daha fazla giderilir. Farklı arıtma çamur tipleri için farklı verimlerde olsalarda ortalama olarak çamur keki katı madde oranları %12-44 arasındadır. Basınçlı filtreler genelde atık aktif çamur arıtma çamurunda çok verimli değildir. Ancak birincil arıtma çamurlarının susuzlaştırılmasında yüksek verimli bir susuzlaştırıcı olarak sayılabilir (Reynolds ve Richards, 2011).

3. DOĞAL KURUTMA

Doğal kurutma, herhangi bir mekanik ve kimyasal süreç olmaksızın zaman ile çamurun iklim, hava gibi etmenler ile kurutulmasına verilen addır. Bunlar büyük alan kaplayan, işletimi kolay ilk yatırım ve işletim maliyetleri düşük sistemlerdir. Küçük nüfuslu ve arazinin ucuz olduğu yerlerde uygulanabilir. Bunlara örnek olarak; çamur kurutma yatakları ve lagünler verilebilir. Kurutma yatakları açık kurutma yatakları ve kapalı kurutma yatakları olarak ikiye ayrılır. Kapalı kurutma yataklarında güneş enerjisi kullanılması üzerine bazı çalışmalar yapılmış ve bu sistemlerin fekal koliform giderimi ve kurutma verimi açısından açık kurutma yataklarına göre daha verimli oldukları ortaya konmuştur (Salihoğlu ve Pınarlı, 2007).

i.Çamur Kurutma Yatakları

Küçük ve orta boyuttaki arıtma tesislerinde en çok kullanılan su giderme yöntemidir. Bu yöntemde susuzlaştırma işlemi yatağa serilen arıtma çamurunun zaman ile süzülme ve buharlaşma sonucu içerisindeki suyun azaltılması prensibine dayanır. Yaklaşık olarak 20-30 cm derinliğinde çamur uygulanır. Kurutma yatakları 6,9-9,1 m(20-30 ft) genişliğinde, 7,6-38,1 m(25-125 ft) uzunluktadır. Ve 15-30 cm(6-10 in)'lik çakıl katmanı üzerine 15-25 cm(6-12 in) kum katmanından oluşur. Süzülen su tesisin başına geri devredilir. Kuru havalarda, çamur 2-4 hafta arasında susuzlaştırılarak KM içeriği %30-40 seviyelerine ulaşır. Ancak iklim şartlarına bağlı olarak alan ihtiyacı ve verimi değişiklik gösterebilir (Reynolds ve Richards, 2011).

ii.Lagün Sistemleri

Özellikle iklim nedeniyle kurutma yatağı yapılamayan bölgelerde kullanılabilen bir susuzlaştırma yöntemidir. Havalı ve ya havasız çürütmeye tabi tutulmuş çamurun suyunun alınması sağlanır. Çamur lagünleri çamur deşarjı öncesinde biriktirme amacıyla kullanılan lagünlerden farklıdır. Çamur lagünleri,sıkışan çamur içerisinde organik maddenin azaldığı ve gelen debiye göre daha az miktarda suyun dışarıya çıktığı sistemlerdir.Katı madde lagünün dip kısmında birikir (Öztürk, vd, 2005).

4. TERMAL KURUTMA

Termal Kurutma yönteminin kullanılma amacı genellikle %10-30 aralığında katı madde oranına sahip susuzlaştırılmış arıtma çamuru katı madde miktarının %90 ve üzerine çıkarılmasıdır. Yüksek yatırım ve işletim maliyeti içermeleri, dezavantajları olarak görülse bile yüksek verimli kurutma tipleri olmaları nedeniyle yüksek katı madde oranları istenen arıtma çamurlarının susuzlaştırılması için oldukça verimli kurutma yöntemlerindendir. Termal kurutma, çamurda% 90'dan fazla kuru katı içeriğine ulaşmak için yaygın bir yöntemdir.(Kurt vd, 2015) Farklı termal kurutma yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar;

1. Temaslı kurutucular,
2. Konveksiyon tipli kurutucular,
3. Güneşle kurutma olarak sayılabilir (Koyuncu vd, 2013)

Temaslı Kurutucular

i.Disk Tipi Kurutucu

Bu tip kurutucular çamuru kısmi veya ön kısmına karıştırıcı konularak tam olarak kurutabilmektedir.Kurutma ünitesinde stator ve ara rotor bulunmaktadır. İçi boş disklerden oluşan bir şaft rotoru oluşturur.10 bar civarında doygun buhar ya da sıcak yağ şeklinde bir ısıl ortam sistem içerisinden akarak suyu alınmış çamura ısıyı geçirmektedir.

1. Tam kurutma için 7 ila 10 kg $H_2O/(m^2\text{-saat})$,
2. Kısmi kurutma için 11 kg $H_2O/(m^2\text{-saat})$'den büyük (Koyuncu vd, 2013).

ii.İnce Filmli Kurutucu

Bu tip kurutucular, çift cidarlı silindir, yatay stator ve iç rotordan oluşur. Doygun buhar veya sıcak yağ şeklindeki ısı enerjisi silindir cidarından kurutucuya verilir. Sıcak yağ kullanılarak ısıtılacaksa, silindirde enerji transferini dengelemek amacıyla kılavuz spiral kullanılır(Koyuncu vd, 2013).

iii.Dönen Borulu Kurutucu

Bu tip kurutucularda, doymuş buhar ile içerisindeki borular ısıtılır. Çamur durmadan dönen ceket ile karıştırılarak boru takımının üstüneaktarılır. Ayrımdan sonra çıkan ürün %90 ila %95 katı madde içeren tozsuz bir granül şeklindedir. Borulu kurutucuların boyutlandırılması 100-8000 kg (H_2O)/sa arasında buharlaşma performanslarına göre değişir. Diğer temaslı kurutuculardaki olduğu gibi bir miktar egzoz su buharı açığa çıkar (Koyuncu vd, 2013).

Konveksiyon Tipli Kurutma

iv.Tambur Tipli Kurutucu

Bu tip kurutucular genel olarak tam kurutma amacıyla kullanılmaktadır. Çamur sisteme kurumuş ve ham çamur karıştırılarak verilmektedir. Kurutma işlemi döner tamburlar ile sağlanır. Tamburlar içerisine çamur beslenmesi doluluğuna bağlı olarak yönlendirici plakalar, sıcak gaz akımı ve ya eğimli yapılar yardımı ile sağlanır. Kurutma işleminde ısı iki yolla tambura verilebilir. Bu yollar yakıcı gazın direkt olarak tambur içerisine verilmesi(doğrudan kurutma) ve ya sıcak gazın 400° C ila 450° C ısıtılarak sistem içerisine verilmesidir (dolaylı kurutma).

Sabit çamurun sistem girişinde, katı oran ile hava/egzoz su buharı karışımı sıcaklığının değişimi doğru orantılıdır. Bu sistemlerde katı madde oranı %88 ve üzerine çıkarılabilir. Tambur tipli kurutucuda çamur geçiş süresi uzun olduğu için sıcaklıkta dalgalanmalar görülebilir. İşletimi ve sistemin kontrolü zordur (Koyuncuvd, 2013).

v.Akışkan Yataklı Kurutucu

Bu tip kurutucular aslında hem temaslı hem de konveksiyon kurutmanın birleşmiş halidir. Akışkanlaştırma blower yardımıyla sağlanır. Bu sayede partiküller askıda kalır ve etkili

bir karıştırma gerçekleştirilir. Sabit bir akışkan yatağı oluşturularak sistemin fiziksel bazı özellikleri değiştirilebilmektedir. Akışkan yataklı sistemler tam kurutma için kullanılır.

1. Yatağın üzerinde sabit ve yüksek sıcaklık oluşturulur.
2. Akışkan yatakta çamur partikülleri sıvı gibi hareket eder.
3. Değişken hava debilerinde düzenli basınç kayıpları gözlenebilir.
4. Akışkan yatakta bulunan buhar boruları ile temaslı, ısınmış hava/gaz ile konveksiyonbirleşimi sonucu oluşan yüksek madde ve ısı iletimi meydana gelir (Koyuncu vd, 2013).

vi.CENTRIDRY Prosesi

CENTRIDRY prosesinde tek ünitede susuzlaştırma ve kurutma birlikte meydana gelir. Bu sistem susuzlaştırılmamış çamuru, katı madde içeriği %50-95 olacak şekilde kurutabilir. Ancak bu sistem, ham çamurun katı madde içeriğindeki değişimlere karşı fazlasıyla hassastır. Bu yüzden çamur besleme hattı içerisine homojenleştirme tankı yerleştirilmesi gerekir. Ham çamur önce kurutucu içindeki santrifüj yardımıyla susuzlaştırılır. Santrifüj çıkış suları atıksu buharı ile birlikte atıksu arıtma tesisi başına geri devredilir. Santrifüj sonrası susuzlaştırılan çamur, ısıtılan gaz akımı ve çarpışma plakaları ile ince taneli bir forma dönüştürülür. Kurumuş çamurlar beslemenin yapıldığı yönden, hava ve santrifüjün iletim yönünün ters kısmına doğru emilir vesistemin dışına atılır. Kurutma zamanı birkaç saniyedir. Isıl ihtiyacı genelde mazot/gaz ile karşılanır (Koyuncu vd, 2013).

vii.Bantlı Kurutucu

Bantlı kurutucu susuzlaştırılan çamurların katı madde muhtevasını %90'ın üzerine çıkarabilen kurutuculardır. Kurutulacak çamurların önce pelet haline getirilmeleri gerekmektedir. Bu yüzden çamur öncelikle delikli plakalardan basınçlı bir biçimdegeçirilir. Sonra bant yüzeyine boşaltılır. Bant, delikli bir çelikten yapılmıştır. Böylelikle alt kısmından da ısı transferi yapabilmektedir. Bu tip sistemlerde kurutma kısmına mekanik bir yükleme yoktur. Bu sayede çamurların pişme riski ortadan kalkar. Bu sistemle istenilen dane çapında (yaklaşık olarak 3-5 mm) çamur elde edilebilir. Sıcak gazla beraber meydana gelen su buharları da tankın altındaki blowerla verilebilmektedir. Kurutma sıcaklıkları yaklaşık olarak 120-

130ºC'dir. Çamurun beslenme miktarı, bandın hızı ve ısı enerjisi ile sistem kontrol edilebilmektedir(Koyuncu vd, 2013).

Infrared Solar Kurutma

Çamur hacimlerini azaltmak için en önemli işlem adımlarından biri, çamurun doğal veya mekanik olarak kurutulması sırasında çamur suyunun azaltılmasıdır. Bu konuda başka bir alternatif, stabilizeedilmiş kanalizasyon çamurunun güneşle kurutulmasıdır. Uygulanması ve işletiminispeten kolaydır. Elektrik ve ısı için işletme maliyetleri düşüktür. Buna ek olarak, çamur katıları içindeki patojenlerin miktarı, güneş UV radyasyonu ve su içeriğinin azalması ile azaltılabilir. Bu nedenle bu kurutma teknolojisi ile tarımsal yeniden kullanım için nitelikli çamur katıları üretilebilir. Dünya çapında çok sayıda güneşle çamur kurutma tesisleri çalıştırılmaktadır. Bu tesislerin inşası ve işletilmesiyle ilgili deneyimler mevcuttur (Dellbrüggevd, 2015). Güneş kurutma sistemleri için kurutma performansları tipik olarak% 70 katı madde oranına sahiptir. Bu verim ek ısı verilerek %90 oranınaarttırılabilir(Kurt vd, 2015). Güneşle kurutma, konveksiyon ve radyasyon kurutma işlemlerinin bir kombinasyonudur. Arıtılmış kanalizasyon çamuru, şeffaf materyalden (geleneksel seralarla karşılaştırılabilir) yapılmış bir kurutma odasının beton zeminine yayılır. Böylece, güneş kurutması, atmosferik hava etkileri olmaksızın açık havada kurutma yataklarının geliştirilmiş halidir. Çamur yatağı yağmurdan korunduğundan kurutma alanı ve kuruma süresi açık hava kurutma yataklarından daha düşüktür. Dıştan ısı girişi, taban plakasına entegre yerden ısıtma veya hava dolaşımı ile kurutma işlemini artırabilir. Kurutma odası konstrüksiyonunun duvarları ve çatısı, cam, pleksiglas, polikarbonat veya polietilen levhalar gibi şeffaf malzemeden yapılır ve sera etkisi yaratır. Burada, görünür güneş ışığı ve kısa dalga kızıl ötesi radyasyon şeffaf çatıdan geçip sera içerisine girer. Çamur yüzeyine ulaşan radyasyon, sera tekrar terk edemeyen uzun dalga termal radyasyon olarak yansır. Dolayısıyla enerji kuruma salonunun içinde kalır ve daha yüksek nem miktarlarını emen iç havayı ısıtır. Soğuk hava kurutucuya girdiğinde ısıtılır ve çamurdan ilave su alabilir. Böylece buharlaşma oranı önemli derecede artar ve kurutma işlemi hızlandırılır. Düzenli çırpıntı, çamurun kurutulmuş yüzeyini parçalayıp alttan buharlaşmaya yol açar. Bu nedenle anaerobik bölgelerden kaçınmak için çamur sık karıştırılır ve çevrilir. Güneş kurutucuları kesikli ve kesintisiz olarak çalışabilir. Günümüzde Avrupa'da yaklaşık 300 tesis ve dünyanın dört bir yanında birçok tesis bulunmaktadır. Bu güneş kurutma tesisleri,

kanalizasyon çamurunu 1.000 ila 600.000 nüfus eşdeğerinde kurutmaktadır(Dellbrügge,2015). Güneş kurutma sistemleri güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan alanlarda kullanıma uygundur. Sistemden çıkan kurutulmuş çamurun tarımsal amaçlarla kullanıma uygun olduğu yapılan araştırmalar ile ispatlanmıştır. Doğal ve çevreci bir yöntemdir. Enerji maliyeti yoktur.

Bu gerekçeler ışığında ekvatoral iklimlerde, kurak bölgelerde kullanıma uygun bir yöntemdir. Çamurun kuruması esnasında buharlaşan su dışında herhangi bir atık oluşturmaz. Avrupa da kullanımda olan güneş kurutma tesisleri vardır. İçerisine mekanik ekipman ve ya ısı enerjisi ilave edilerek çamur katı madde oranı arttırılabilir. Kış aylarında az güneşe maruz kalınan bölgelerde bu şekilde bir çözüm üretilebileceği gibi alıkonulma süresi arttırılarak ve ya ek bir güneş kurutma alanı yapılarak da yeterli verime ulaşılması sağlanabilir. Bu yöntemin gelecekte çamur kurutma yataklarının kullanımına son vermesi beklenmektedir Türkiye' de İzmir, Çanakkale gibi illerde uygulamalarını görmek mümkündür (URL-1).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan araştırmalar sonucunda arıtma çamurlarının kurutulması için doğal kurutma yöntemleri ve termal kurutma yöntemleri ile ilgili akademik çalışmalar ve teknik esaslar incelenmiştir. Gerekli bilgiler toplanarak bu yöntemler kendi içlerinde ve birbirleri ile işletim, ilk yatırım maliyetleri, teknik prensipleri ve katı madde (%) verimleri gibi alanlarda kıyaslamalara tabi tutulmuş, en ekonomik ve en verimli yöntem tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda Türkiye gibi çevre yatırımlarına yeni yeni önem vermekte olan ve atıksu arıtımında gelişmekte olan bir ülke için termal kurutma yöntemlerinin birçoğunun yüksek verimli olmasına karşılık işletim zorluğu ve yüksek ilk yatırım, işletim maliyetleri içerdikleri belirlenmiştir. Atıksu arıtma çamurlarında oluşan çamurların KM oranları yükseltildikten sonra tarımsal gübre olarak kullanıldığı ve ya katı atık depolama tesislerine gönderildiği göz önüne alındığında yöntemler bugünün şartlarına göre değerlendirilmelidir. Katı Atıkların Kontrol Yönetmeliği'nde arıtma çamurlarının katı atık depolama sahalarında bertarafı için katı madde muhtevasının %35 sınırının altında kalmaması gerekmektedir. Bu nedenle seçilen kurutma yöntemi depolama tesislerine gönderilme kriteri olan %35 KM içeriğini sağlamalıdır. Bir diğer yaygın yöntem de tarımsal gübre kullanımıdır. Arıtma çamurlarının tarımsal gübre olarak kullanılabilmesi için de belli şartlar vardır. Patojen mikroorganizma, ağır metal içeriği gibi

parametrelerde seçilecek kurutma metodu için önemlidir. Aynı zamanda Türkiye'deki iklim, arazi koşulları gibi ölçütler de göz önüne alınarak kurutma metodu seçilmelidir.

6. KAYNAKLAR

T.C. Resmi Gazete, 2872 Sayılı Çevre Kanunu, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. (20814), 14.03.1991.

Yasui H.VeShibataM,1994. An innovativeapproach to reduceexcesssludgeproduction in theactivatedsludgeprocess, WaterScienceandTechnology,30,9,11-20

Filibeli A., Erden Kaynak G., 2006.Arıtma çamuru miktarının azaltılması ve özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan ön işlemler, itüdergisi,16,1-3

Collard, M. vd. ,2015. Comparison of three different Wastewater sludgeandtheirrespectivedryingprocesses: Solar, thermaland reedbeds, Impact on organicmattercharacteristics, Journal of Environmental Management,1,8

Öztürk İ. vd, 2005. Atıksu Arıtımının Esasları, Türkiye

Zorlu H. ve Pehlivan H., 2015.Arıtma çamurunun alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği,Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,20, 2.

Horttanainen M. vd., 2017. Nitrogen release from mechanically dewatered sewage sludge during thermal drying and potential for recover, Journal of CleanerProduction, 142, 4,1819–1826.

U.S. EnvironmentalProtection Agency,1987. Washington, USA.

Salihoğlu N., 2007.Solar drying in sludgemanagement in Turkey,Renewable Energy,32,10,1661–1675.

Koyuncu İ. vd, 2013. Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi, Türkiye.

Reynolds T. ve Richards P., 2011. Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler ve Süreçler, Çeviren, Ülker Bakır Öğütveren,EfilYayınevi, Ankara.

Kurt M. vd, 2015.Evaluation of solar sludge drying alternatives by costsandare are quirements, ScienceDirect, 8,2,47-57.

Dellbrügge R., 2015.Technology transfer-oriented research and development in the Wastewater sector – validation at industrial-scaleplants' (EXPOVAL) – Subgroup 6: solar sewage sludge drying: first results from in vestigations with a pilot plant,WaterPractice&Technology, 12,1,1-11.

URL-1 <http://www.izsu.gov.tr>, alındığı tarih: 09.04.2017.

ARITMA ÇAMURLARININ FARKLI FRAKSİYONLARININ ANAEROBİK AYRIŞABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatmanur SARIKAYA[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
fatmanursarikaya.94@gmail.com

ÖZET: Çalışmada, kentsel atıksu arıtma tesislerinde (AAT) üreyen arıtma çamurlarının primer ve sekonder fraksiyonlarının anaerobik mezofilik çamur çürütme çalışması, ardışık kesikli reaktörlerde (AKR) ön çöktürme çamuru (ÖÇÇ), fazla aktif çamur (FAÇ) ve karışık çamur (KÇ) için sırasıyla 0.64-2.8, 0.1-0.45 ve 0.32-1.35 kg UKM/m^3.gün yükleme hızlarında yürütülmüştür. Elde edilen gaz üretim ve uçucu katı madde (UKM) giderim değerleri her çamur fraksiyonu için belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamurları, mezofilik, anaerobik çamur çürütme, biyogaz, UKM.

1. GİRİŞ

Günümüzde kentsel atıksu arıtma tesislerinde (AAT) çeşitli yöntemlerle atıksudaki organik madde giderimi ile elde edilen çamurlar, arıtma prosesinin önemli yan ürünleridir. Atıksu arıtımı sonucunda meydana gelen, kokulu, sıvı ya da yarı katı halde bulunan, arıtma işlemine bağlı olarak ağırlıkça % 0,25 ile % 12 oranında KM içeren atıklar "arıtma çamuru" olarak adlandırılmaktadır. Mevcut sistem incelendiğinde, tesise giren kentsel atıksu, ızgara ve kum tutucu ünitelerinden geçer, dağıtma odası vasıtasıyla ön çökeltme tanklarına gönderilir. Ham atık sudaki katı maddeler ile birlikte askıda katı madde ve $BOİ_5$'nin bir kısmı bu ünitede giderilir. Böylece biyolojik arıtma ünitesinde arıtılacak organik yük azaltılır. Böylece biyolojik arıtma ünitesinde sisteme verilmesi gerekli oksijen miktarının azalmasına, dolayısıyla enerji ihtiyacının ve oluşması muhtemel fazla aktif çamur (FAÇ) miktarının azalmasına neden olur. Ön çöktürme tankına kimyasal madde ilave edilerek ilave besi maddesi (genelde fosfor), $BOİ_5$ ve askıda katı madde giderimi sağlanabilir. Ön çöktürme, durgun şartlarda özel olarak tasarımlanmış çöktürme tanklarında, çökebilen ve yüzebilen katı maddelerin ayrılmasını sağlar. Ön çöktürme ünitesinden çıkan atıksu, havalandırma tankına gönderilir ve burada biyolojik arıtım gerçekleştirildikten sonra son çöktürme tankına iletilir. (www.suvecevre.com/?pid=23785) Burada ön çökeltme (ÖÇÇ) ile son çökeltme çamurlarının (FAÇ) birleştirilerek stabilizasyona tabi tutulmaktadır. Son olarak da UV ile dezenfeksiyon gerçekleştirilmektedir (Şekil 1).

1.1. Anaerobik Çamur Çürütme Prosesi

Havasız çürütme, çamur stabilizasyonu için kullanılan en eski proseslerden biri olup, moleküler oksijen yokluğunda organik ve inorganik maddelerin parçalanması işlemi olarak tanımlanabilir. Atıksu arıtma tesislerinde ortaya çıkan ÖÇÇ (birincil) ve FAÇ (ikincil) çamurlar havasız ortamda çürütülürler. Havasız çürüme süreci anaerobik bakterilerce gerçekleştirilir. Organik çamurların havasız ayrışma süreci başlıca üç safhada gerçekleştirilir. İlk olarak hidroliz safhasında, çözünmemiş yapıdaki kompleks organik maddeler hücre dışı enzimler vasıtası ile karbonhidrat, yağlar ve proteinler daha basit yapıda organik maddelere dönüştürülür. İkinci safhada, asit bakterilerince uçucu yağ asitlerine dönüştürülürler. Metan üretimi safhasında metan arkelerince ikinci safhanın son ürünü olan asetik asidin parçalanması ve CO_2 ile H_2'in sentezi yoluyla metan ve karbondioksit üretilir. Oluşan biyogazın yaklaşık %30-40'lık bölümü CO_2, %60-70'lik kısmı ise CH_4 den oluşur (Filibeli, 1998). Havasız çürütme işleminden geçen evsel arıtma tesisi çamurları kararlı, kokusuz, patojen organizma konsantrasyonu düşük ve araziye serilebilecek özelliktedir. İyi işletilen çamur çürütücülerde pH=6.7-7.4, uçucu asit konsantrasyonu 1000 mg HAc/L'den ve CO_2 yüzdesi %35'ten azdır. Metan arkeleri mezofilik (27-43°C) ve termofilik (45-65°C) sıcaklık kademelerinde oldukça aktiftirler. Havasız çürütücüler genellikle mezofilik sıcaklık aralığında (35-40˚C) işletilirler. Ancak son yıllarda termofilik çürütme sonucu oluşan çamurların daha iyi süzülebildiği ve çürütme ve gaz üretme veriminin de daha yüksek olduğu yolunda uygulamalar da gözlenmektedir.(Öztürk,2012)

Şekil 1: Tipik bir kentsel Atıksu Arıtma Tesisi Proses Akım Şeması

1.2. Primer ve Sekonder Arıtma Çamurlarının Karakteristikleri

Atıksu içindeki katıların ilk çöktürme havuzlarında herhangi bir işlem görmeden toplanmasıyla ÖÇÇ (birincil/primer) çamur ve aktif çamur prosesi ile üreyen ve her gün bir kısmı atılması gereken FAÇ (ikincil/sekonder) çamur oluşur. Primer (ÖÇÇ) çökeltimden çıkan çamur gri ve yapışkan olup, çoğu zaman yoğun kokuludur. Bu çamur kolaylıkla çürütülebilir. Sekonder (FAÇ) çamur kahverengi ve flok ağırlıklıdır. İyi şartlardaki çamur toprak kokusundadır. Çamur kolaylıkla septikleşmeye meyillidir, çürük yumurta kokusu yayabilir. Tek başına veya birincil çamurla karışmış ikincil çamur kolayca çürüyebilir.

Anaerobik olarak çürütülmüş çamur, koyu kahverengi ile siyah arası bir renktedir, büyük miktarlarda gaz içerir ve bertaraf edilmeden önce susuzlaştırma işlemine tabi tutulur ve çöp depolama sahasına gönderilmeden önce %50 katı madde içeriğine ulaşması gerekir. Daha düşük konsantrasyonlarda ise araziye serilerek kurutması gerçekleştirilir. İnce katmanlar halinde, gözenekli yataklar üzerine serildiğinde, katılar önce, sürüklenen gazlar tarafından yüzeye taşınır ve altlarında, hızla zemine süzülen ve katıların, yavaşça yatak üzerine çökmesine olanak veren, nispeten berrak bir su tabakası bırakır. Çamur kurudukça, gazlar açığa çıkar ve geride, kokusu bahçe toprağınınkine benzeyen, çatlaklarla dolu bir yüzey kalır. (Metcalf&Eddy, 1991) Arıtma çamurlarının bertarafı, bir kentsel AAT işletim masrafının %60'ına kadar çıkabilmektedir. Çamurlar farklı ayrışma özellikleri gösterebilmektedir; ÖÇÇ yapısında ham organik maddeyi (protein, lipid ve karbonhidratlar) içerirken, FAÇ canlı bakteri biyokütlesi içermektedir. ÖÇÇ yüksek yoğunlukta oluşurken (%3.5-4.0 katı madde) FAÇ'nin düşük yoğunlukta (% 1.0-1.2 katı madde) gerçekleşmesi çamur yoğunlaşma prosesini olumsuz etkilemekte, anaerobik çürütücü hacim ihtiyacını artırmakta, dolayısıyla çamur çürütme süresini kısaltarak biyogaz oluşumu ve çamur stabilizasyonunu azaltmaktadır. Mevcut atıksu arıtma tesislerinde karışık çamurun stabilizasyonu gerçekleştirilmekte ve anaerobik çamur çürütücülerin tasarımı karışık çamurun ayrışma özelliğine göre yapılmaktadır. Bu sebeple anaerobik ayrışabilirlik açısından ÖÇÇ ve FAÇ'nin farklılıklarının ortaya konması önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Konya kentsel atıksu arıtma tesisinde oluşan ön çöktürme çamuru (ÖÇÇ), fazla aktif çamur (FAÇ) ve karışık çamurun (KÇ) anaerobik çürütme çalışması gerçekleştirilmiştir. Çamur fraksiyonlarının ayrı stabilizasyonu kapsamında laboratuvar ölçekli anaerobik ardışık kesikli reaktörlerde ÖÇÇ, FAÇ ve karışık çamurun anaerobik çürütme

reaksiyonları farklı yükleme şartlarında gerçekleştirilmiş, biyogaz oluşumu, uçucu katı madde giderimi ve hidroliz özelliği belirlenerek her çamur fraksiyonu için optimum reaksiyon/ stabilizasyon süresi belirlenmiştir.

2. MATERYEL VE METOD

Anaerobik çalışma 250 mL'lik kesikli reaktörlerde 100 mL anaerobik çamur, 30-50 mL ham çamur ile mezofilik şartlarda ardışık kesikli modda gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de yükleme hızları özetlenmiştir. Ön çöktürme çamuru (ÖÇÇ) ve fazla aktif çamur (FAÇ) için 3 paralel reaktör, karışık çamur için 2 paralel reaktör olmak üzere toplamda 8 reaktör ile çalışılmıştır.

Tablo 1: Her çamur tipi için yükleme hızı değerleri

	Yükleme Hızı (kg UKM/m^3.gün)									
	1-2. Hafta	**3. Hafta**	**4. Hafta**	**5. Hafta**	**6. Hafta**	**7. Hafta**	**8. Hafta**	**9. Hafta**	**10. Hafta-1**	**10. Hafta-2**
ÖÇÇ	0.64	1.28	1.93	1.93	1.93	2.80	2.80	2.80	2.31	2.31
FAÇ	0.10	0.20	0.26	0.36	0.36	0.45	0.45	0.45	2.12	2.12
KÇ	0.32	0.65	0.87	0.87	1.08	1.35	1.35	1.35	3.14	3.14

Reaktörler etüvde 35^{0}C'de oksijensiz ortamda ısıtılmıştır. Beslemelerin ardından günlük olarak gaz oluşumu ve haftalık olarak pH değerleri ile uçucu katı madde miktarı izlenmiştir. Gaz ölçümü reaktörlerde gaz şırıngası kullanılarak belirlenmiştir. pH değerleri pH metre ile, uçucu katı madde miktarları da gravimetrik analiz metodu kullanılarak belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Reaktörlerde çamur beslemesini takiben gaz oluşumu günlük izlenmiştir (Şekil 2). Çalışmada her bir çamur tipi için farklı kümülatif gaz oluşumu elde edilmiştir. Beslemeyi takiben gaz oluşması, çamurların içinde metan arkelerinin yüksek aktivitesini göstermiştir. Paralel beslenen reaktörler gaz oluşumunun sağlıklı değerlendirmesine olanak sağlamıştır.

Kümülatif gaz oluşumu, FAÇ ile beslenen reaktörlerde en düşük seviyede, ÖÇÇ ile beslenen reaktörlerde ise en yüksek seviyede gerçekleşmiştir. UKM içeriklerine bağlı olarak ÖÇÇ için yüksek yükleme hızı, FAÇ için ise düşük yükleme hızlarının gerçekleştiği

görülmektedir. Besleme sayısı ilerledikçe, yükleme hızının artması ile oluşan biyogaz miktarlarında birim üretim bazında azalma gözlenmiştir. Azalmanın özellikle ÖÇÇ beslenen reaktörlerde gerçekleşmesi, çamur kaynaklı bir toksisitenin varlığını göstermiştir. Gaz ölçümleri sırasında hissedilen yoğun hidrojen sülfür kokusu muhtemel toksik H_2S gazının yüksek seviyede üretildiğini göstermiştir. FAÇ reaktörleri yeniden kurulum ihtiyacı göstermiştir ve sonrasında aynı yükleme hızında gaz üretimi iki katına çıkmıştır. Tablo 2'de giderilen uçucu katı madde (UKM) ye karşılık oluşan gaz değerleri sonucu arıtma performans değerleri verilmiştir. Artan yükleme hızı ve UKM giderimine karşılık ÖÇÇ için azalan gaz üretimi dikkate değerdir. KÇ'un daha yüksek performansı, FAÇ ile seyreltmenin yüksek yükleme değerlerinde anaerobik çürütme performansını arttırdığını göstermektedir. Giderilen UKM değerleri, ÖÇÇ, FAÇ ve KÇ için haftalık besleme sürelerinde sırasıyla 4300-6809, 644-1202 ve 2156-2842 mg UKM/L aralıklarında gerçekleşmiştir (Şekil 3).

Şekil 2: Artan UKM yükleme hızlarında (kg UKM/m^3.gün)(a) ve (b) elde edilen kümülatif gaz oluşumu değerleri

Tablo 2: Her çamur için arıtım performans değerleri

	Arıtım Performansı (L gaz/g UKM$_{giderilen}$)
ÖÇÇ	0.10-0.11
FAÇ	0.07-0.08
KÇ	0.11-0.14

Şekil 3: Reaktörlerde UKM değişimi

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Üç farklı arıtma çamuru için anaerobik ayrışabilirliğinin araştırılması çalışmaları sonucunda;

- FAÇ'dan gaz oluşumu diğerlerine göre her yükleme seviyesinde en düşük seviyede gerçekleşmiş ve canlılık seviyesinde azalma gerççekleşmiştir. Beslemelerin ardından iki günlük süreçte gaz oluşumunun sonlandığı gözlemlenmiştir.
- ÖÇÇ beslemesinde düşük yükleme değerlerinde en yüksek biyogaz oluşumu gözlemlenmiştir.
- KÇ ise yüksek besleme seviyelerinde en iyi birim biyogaz üretim değerlerine ulaşmıştır.

FAÇ ve ÖÇÇ'nin ayrı çürütülmeleri durumunda FAÇ için 0.10-0.36 kg UKM/m^3.g yükleme değerlerinde 3 g ve ÖÇÇ için 0.63-1.94 kg UKM/m^3.g değerlerinde 10 g'lük hidrolik bekletme sürelerinin uygulanması ile maksimum biyogaz eldesinin mümkün olabileceği gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

Filibeli, A. 1998. Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, D.E.Ü. Müh.Fak.Basım Ünitesi, 1998.

Metcalf & Eddy.Wastewater Enginering: Treatment Disposal and Reuse, New York, 1991.

Öztürk, İ. Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2012.

url_1<www.suvecevre.com/?pid=23785>, alındığı tarih: 20.04.2017

GÜNEŞ ENERJİSİYLE CİHANBEYLİ İLÇESİ İÇİNANAEROBİK EVSEL ATIK SU ARITIM SİSTEMİ TASARIMI

Sayeed Kabir SADAT, Sayed Mohammad Osman SADAT, Sohrab RAHMANYAR
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
sayeedkabirsadat@yahoo.com

ÖZET: Konya'nın Cihanbeyli ilçesi atık suyu için iklim ve güneş enerjisi uygulaması için coğrafik ve topografik şartlar göz önüne alınarak anaerobik arıtım sistemi ve gerekli panel alanı tasarlanmıştır. Cihanbeyli nüfusunu 2037 ve 2052 atık su oluşumuna göre sistem için gerekli hacim, sıcaklık ve enerji ihtiyacı, oluşacak metan gazı hesaba katılarak yapılmıştır. Evsel atıksıların anaerobik arıtımı için gerekli enerjinin sadece % 5'i oluşacak metan gazından karşılanabilecektir. Sistemin geri kalan enerji ihtiyacı için (% 95) panel sayı ve alanı hesaplanmıştır. Çıkış suyunun kalitesinin yükseltmek için ardışık aktif çamur sistemi uygun görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Evsel atıksu, anaerobik arıtım, güneş enerjisi.*

1. GİRİŞ

Evsel atık suyun anaerobik arıtım metodu sıcaklık gerektiren bir uygulamadır. Ve daha çok sıcak iklime sahip olan yerlerde seçilir en büyük avantajı havalandırmalı sistemlere göre daha az enerjiye ihtiyaç duyulmasıdır. Atık suların anaerobik arıtımı sırasından sistemin içinde metan gazı oluşmaktadır, miktarı sisteme gereken sıcaklık ve ısıyı sağlayamamaktadır. Bu yüzden bu ısıyı sağlayabilmek için farklı yöntemlere başvurulur. Bu projede bu enerji gereksinimi güneş panel sistemlerinden karşılanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Cihanbeyli'nin doğusunda Tuz Gölü ve Aksaray ili, batısında Sarayönü ve Yunak ilçeleri vardır. Güneyi Altınekin İlçesi, Kuzeyi Kulu ve Ankara'nın Haymana ilçeleriyle çevrilmiştir. Yüzölçümü ölçümü bakımından Türkiye'nin en büyük ilçesidir. Yaklaşık 4.109 km²'dir.

Tablo:1 Cihanbeyli'nin İklim Tablosu

month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
mm	94	80	98	74	47	6	2	2	6	23	53	97
°C	0.0	1.4	5.6	10.4	14.6	18.7	21.6	21.3	17.5	11.8	6.4	2.3
°C (min)	-3.8	-3.3	-0.1	3.9	7.7	11.3	14.0	13.5	9.8	4.9	0.7	-1.6
°C (max)	3.8	6.2	11.3	16.9	21.5	26.1	29.2	29.2	25.3	18.7	12.2	6.2
°F	32.0	34.5	42.1	50.7	58.3	65.7	70.9	70.3	63.5	53.2	43.5	36.1
°F (min)	25.2	26.1	31.8	39.0	45.9	52.3	57.2	56.3	49.6	40.8	33.3	29.1
°F (max)	38.8	43.2	52.3	62.4	70.7	79.0	84.6	84.6	77.5	65.7	54.0	43.2

Yılın en kurak ve en yağışlı ayı arasındaki yağış miktarı: 96 mm Yıl boyunca ortalama sıcaklık 21,6 dolaylarında değişim göstermektedir.

Nüfus hesapları İller Bankası Yönetmeliğine Göre Nüfus Projeksiyonu ile yapılmıştır. Konya (merkezin) 1965-2015 yılları arasındaki nüfus sayım sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiş olup, bu nüfus sayım sonuçları ışığında İller Bankası Yönetmeliğine göre 2037 için 66636 ve 2052 yılı nüfusu 77385 olarak belirlenmiştir.

Debi hesabı 1. ve 2. Kademedeki evsel atık su debisi endüstriyel atık su debisi ve sızma suyu debisi ile hesaplanmıştır ve bu debilere göre ortalama ve minimum debiler hesaplanmıştır (Tablo 2). Atıksuda bulunan kirlilik yüklerinin hesapları yapılmıştır ve istenilen arıtılmış suyun kalitesi ve gerçekleştirilecek giderim verimleri öngörülmüştür (Tablo 3 ve 4) (https://www.e-education.psu.edu/egee102/node/2003).

Tablo 2: I. Ve II. Yıl Kademe Debileri

Debi (m^3/sa)	I. Kademe (2037)	II. Kademe (2052)
Q_{min}	360,75	436,6
Q_{ort}	595,5425	721,25

Tablo 3: Kirlilik yükleri

YÜK (kg/gün)	2037	2052
KOİ	15546	18925
BOİ	7941	9667
AKM	4288	5193
TN	714	865
TP	142	173

Tablo 4: İstenilen arıtılmış suyun kalitesi ve gerçekleştirilecek giderim verimleri

KİRLETİCİ	Konsantrasyon	Giderim Verimi (%)
$BOİ_5$	30(mg /L)	78
KOİ	125(mg /L)	78
AKM	<5(mg /L)	98,5
koliform	0	99,9
Bakiye Klor	>1(mg /L)	

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmaya ait AAT'nin akım şeması Şekil 1'de verilmiştir.

Anaerobik arıtım hesaplamalarının sonuçları aşağıda verilmiştir (Ozturk, 1999) :

- Giderilen toplam KOİ(2037) = 12437,28 kg/gün
- Giderilen toplam KOİ(2052) = 15140,16 kg/gün

Üretilen CH4 (T = 27 °C seçilmiştir):

- 2037 için = 4353 m^3/gün
- 2052 için = 5299 m^3/gün

$1m^3$ metan 2,9 KW * saat elektrik enerjisine eşdeğerdir. Bu durumda üretilen metan

- 2037 için = 12624 KW * saat
- 2052 için = 15367 KW * saat
- 30 ºC e kadar Isıtmak için gereken Enerji ihtiyacı, 132864 kwsa olarak hesaplanmıştır.
- 35 C e kadar Isıtmak için gereken Enerji ihtiyacı, 215904 kwsa olarak hesaplanmıştır.

Panellerden elde etmesi gereken enerji miktarı:

- 2.KADEME =302928 kW.sa
- 1.KADEME =203280 kW.sa

Bir panelin maksimum ürettiği güç: 275/1000 = 0,275 kw*8= 2,2 kwsa

1.kademe ortalama debi ve maksimum ısıtma için 302928khw /2,2 kwh = 137695 adet panel ve gereken alan miktarı 261,621 m^2'dir.

HÇYR özellikleri aşağıda verildiği gibi belirlenmiştir:

- T = 27 ºC
- Çamur Yaşi (□c)= 30 gün,
- Bekleme süresi için □ = 6 saat
- Çamur örtüğü derinliği = 2,2 m
- Etkinlik katsayısı = 0,85
- Çamur örtüsündeki ortalama konsantrasyon = 70 kg/m^3
- Reaktörün toplam yüksekliği (çökelme dahil) = 5m

Şekil: 1 AAT akım şeması

Seçilen panelin özellikleri aşağıda verilmiştir (https://solarevi.com/gunes-paneli/gunes-paneli-260w):

- Model: Panel AS 275M
  PANEL ŞEKLİ: Mono
  maksimum güç çıkışı: 275W
  ağırlık: 21 kg
  boyutlar: 1642x998x40 mm

4. SONUÇLAR

- Toplam nüfusu 77,385 kişi olan Cihanbeyli'nin evsel atık su ve endüstriyel atık suyu anaerobik sistemi kullanılarak arıtılmıştır. Anaerobik reaktörü ısıtmak için gerekli enerji miktarı 315552kw olup 12624 kw sistemin içinden üretilen metan gazından ve geri kalan 302928kw güneş panellerinden karşılanmıştır.

- 302928kw enerji için toplam 91797 adet panel belirlenmiştir ve bunun için gerekli alan ihtiyacı 261,621m^2 olarak belirlenmiştir.
- Eğer bu sistemin yerini havalandırmalı arıtım sistemi olsaydı şimdiki 300 MWsa enerji miktarı yerine yaklaşık 400 MWsa enerji gereksinimi olurdu ki bu da bu sistemin daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

Öztürk, İ. 1999. Anaerobik biyoteknoloji ve atık arıtımındaki uygulamaları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
URL-1< (https://www.e-education.psu.edu/egee102/node/2003)> 28.03.2017
URL-2 <(https://solarevi.com/gunes-paneli/gunes-paneli-260w)> 28.03.2017

MEYVE, SEBZE VE YUMURTA KABUKLARI İLE ATIKSULARDAN BULANIKLIK GİDERİMİ

Cansu EKİNCİ, Yasemin NALLICA, Esra YEL
Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kampüs/ Konya
cansu.selcuk.7777.ce@gmail.com, yaseminnallica@gmail.com

ÖZET: Bu çalışmada meyve, sebze ve yumurta kabuklarından yardımcı koagülan madde elde edilerek bu malzemeyle mermer işleme atık suyunun bulanıklık giderim verimleri karşılaştırılmıştır. Mermer işleme atık suyunun kullanılma sebebi yüksek bulanıklığa ve küçük tane boyutundaki mermer parçalarına sahip olmasıdır. Meyve, sebze ve yumurta kabukları toplanmış, kurutulmuş, öğütülmüş ve elekten geçirilerek üniform tane boyutu elde edilmiştir. Bu malzemelerin hepsi doğal materyal olduğu için öncelikle bunlardan suya organik madde çözünme durumları tespit edilmiştir. Bazılarından saf suya organik madde çözündüğü bulunmuştur. Bu durum atık suyun arıtımında dikkate alınmıştır. Mermer işleme atık suyuna meyve, sebze ve yumurta kabuklarından elde edilen koagülan maddeler eşit dozda eklenerek koagülasyon/flokülasyon işlemlerine tabi tutulmuştur. Sonuçta bulanıklık gideriminde kullanılan doğal maddelerden yumurta kabuğunun ve fıstık kabuğunun en etkili sonuç verdiği görülmüştür. Soğan kabuğundan elde edilen yardımcı koagülan maddenin bulanıklık gideriminde etkili olmadığı belirlenmiştir. Bu çalışma ile meyve sebze ve yumurta kabuklarının mermer işleme atık suyundan bulanıklık giderimi için kullanılabileceği ortaya konmuştur. Aynı yöntemin diğer endüstriyel atıksular içinde uygulanabilir olacağı düşünülerek ileriki çalışmalarda bunun denenmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Koagülan madde, meyve atıkları, atıksu, bulanıklık*

1. GİRİŞ

Dünyada hızla artan nüfus ile hızlı şehirleşme, endüstriyel ve teknolojik gelişmeler, enerji kullanımı ve evsel ve endüstriyel atıklar birçok su kaynağını sağlıksız ve insan ve diğer canlılar için zararlı hale getirmiştir. Endüstriyel atıksular arasında mermer işleme atık suları önemli bir yer almaktadır. Mermer işleme atık suyundan bulanıklık giderimi için geliştirilen en önemli teknolojiler, koagülasyon / flokülasyon işlemi (Amuda vd, 2006; Bromley vd, 2002), demir elektrotlu reaktörde bulanıklık giderimi (Dimoglo vd, 2010), filtrasyon işlemleri (Coccagna vd,2015). Bu tür atıksuların arıtımında önerilen bir başka yöntem de adsorpsiyondur. Düşük maliyetli ve geleneksel olmayan adsorbanlar olan aktif karbonlar işlenmiş fıstık kabuğu, hindistan cevizi kabuğu, domates, potakal kabuğu, karides kabuğu, odun gibi ürünleri kapsamaktadır (Papaphilippou vd 2013; Ghorbel-Bellaaj vd 2012; Amor vd 2012).

Sulardan bulanıklık giderimin de en yaygın konvansiyonel kimyasal arıtım yöntemi koagülasyon/flokülasyondur. Ancak bu yöntemin en önemli dezavantajı koagülan madde olarak metal tuzlarını fazla miktarda tüketmesi ve bunun sonucunda yüksek miktarda metal hidroksit içeren arıtma çamuru üretmesidir. Bu problemi azaltmak için yapılan araştırmalarda daha çok yardımcı koagülan madde olarak bazı organik materyallerle sistemdeki süpürme ve köprüleme mekanizmaları daha da etkinleştirilmeye ve böylece Al ve Fe tuzları gibi inorganik

kimyasal kullanımı azaltılmaya çalışılmaktadır (Wei ve digerleri, 2008; Choy vd, 2015; Yeek vd, 2010; Olfa vd, 2010)

Bu çalışmanın amacı, mermer işleme atık suyundan bulanıklık giderimin de meyve, yumurta ve sebzelerden elde edilen yardımcı koagülan maddelerin verimliliğini tespit etmektir. Bu uygulama ile meyve sebze ve yumurta kabuklarının oluşturduğu atıklar doğaya, depo sahalarına atılmadan geri kazanımı sağlanmış olacaktır.

2.MATERYAL VE METOT

Yardımcı koagülan maddeler elma, kivi, turp, mandalina, muz, fıstık, portakal, soğan, yer elması, çay, yumurta ve patates kabuklarından elde edilmiştir. Bu yiyecekler seçilirken günlük hayatta tüketilen, marketlerde bulunabilen ve farklı üretim seviyelerinde ülke genelinde bulunan yiyecekler olmasına dikkat edilmiştir. Seçilen bu örneklerin yıllık üretim miktarları Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1:Kullanılan Yiyeceklerin Yıllık Üretim Miktarları

Meyve ve Sebze	Yıllık Üretim, ton
Elma	2925828
Kivi	41732000
Turp	15000
Mandalina	942226
Muz	251994
Fıstık	420000
Portakal	3681158
Soğan	1860000
Yer Elması	420000
Çay	1350000
Yumurta(adet)	18097605
Patates	5826250

Bulanık atıksu olarak bir mermer (traverten) işleme tesisinden alınan atıksu kullanılmıştır. Mermer işleme atıksuyunun bulanıklık ve organik madde içeriği belirlenmiştir.

2.1. Koagülan Madde Eldesi

Yiyecekler marketten satın alınmış, kabukları soyulmuş ve parçalanmıştır. Parçalanan kabuklar fırında kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra numuneler öğütülmüş ve elekten geçirilerek uniform tane boyutunda yardımcı koagülan maddeler elde edilmiştir.

2.2. Elde Edilen Maddenin Suya Organik Madde Çözme Düzeyinin Belirlenmesi

100 mL´lik erlenlerin her birine 50 mL saf su ve farklı meyve, sebze ve yumurta kabuğu atıklarından elde edilen toz yardımcı koagülan maddelerden 0,275´er gram konulmuştur. Erlenler 220 rpm ve 20±2ºC oda sıcaklığında 24 saat boyunca çalkalayıcıda çalkalanmıştır. İşlem sonunda numunelerin üst suları alınarak, $KMnO_4$ yöntemi ile çözünmüş organik madde miktarları belirlenmiştir.

Çalışmanın asıl amacı olan mermer işleme atıksuyu arıtımı denemelerinde de aynı şekilde işlem sonunda suda organik madde artışı olasılığı olduğuna karar verilmiştir ve o deneylerin sonunda da üst suda organik madde ölçümü yapılmıştır.

2.3. Jar Testi İle Koagülasyon ve Flokülasyon Denemeleri

Beherlere 300´er ml mermer işleme atık suyu ve her birine farklı meyve, sebze ve yumurta kabuğu atıklarından elde edilen yardımcı koagülan maddelerden 0,55 gram eklenmiştir. Jar Test düzeneğinde 2 dakika boyunca 150 rpm de hızlı karıştırma, 30 dakika boyunca 30 rpm de yavaş karıştırma ve 60 dakika boyunca çökelme işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan işlemler sonunda her bir numunenin üst suyu alınarak bulanıklık değerleri ve organik madde miktarları belirlenmiştir. Mermer işleme atık suyunun başlangıç bulanıklık değeri ve organik madde miktarı ile koagülasyon/flokülasyon işlemlerinden geçirilen numunelerin bulanıklık değerleri ve organik madde miktarları karşılaştırılarak yardımcı koagülan maddelerin hangisinin daha etkili olduğu belirlenmiştir.

2.4.Analizler

Organik madde tayini için sülfürik asit, oksalik asit, potasyum permanganat kullanılarak permanganat titrimetrik metodu uygulanmıştır. Hesaplama şöyle yapılmıştır:

$$\text{Organik Madde (mg/L)} = \frac{Sarfiyatx0{,}08}{mLnumune} x \frac{1000mL}{1L}$$

Bulanıklık ölçümleri için önce spektrofotometrede standart 4000 NTU'luk bulanıklık çözeltisinden seyreltme ile farklı bulanıklıkta numuneler hazırlanmış, bunların 375 nm'de absorbans değerleri okunarak kalibrasyon grafiği elde edilmiştir. Grafikten hesaplanan

kalibrasyon eşitliği y=0.002x olarak elde edilmiş ve daha sonraki ölçümlerde absorbans okunarak bu eşitlik yardımı ile NTU birimine çevrilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1 Çalışılan Yiyeceklerin Yıllık Atık Potansiyeli

Ülkemizde yıllık üretilen meyve sebze ve yumurta kabuklarından çıkan atık miktarları Tablo 2'de gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi her bir yiyecekten önemli oranda kabuk atık olarak çıkmaktadır. Üretilen tüm ürünlerin tüketildiği ve sadece kabukların atık olarak depo sahasına gönderildiği durumda oldukça yüksek bir atık yükü söz konusudur. Bazı durumlarda yiyeceğin sadece kabuğunun değil kendisinin de atıldığı düşünülürse (çürüme vb sebeple) bu atık yükü çok daha artacaktır.

Tablo 2. Çalışmada Kullanılan Yiyeceklerin Ağırlıkları ve Atıkları

Meyve ve Sebze	Meyve ve Sebzelerin Tane Ağırlıkları (g)	Meyve ve Sebzelerin Kabuk Ağırlıkları (g)	Kabuk (atık) ağırlık yüzdesi, %	Yıllık Çıkan Toplam Atık Miktarı (ton)
Elma	226	25,3	11,2	327537
Kivi	97,09	17	17,5	7307075
Turp	151,9	9,8	6,45	967
Mandalina	105,9	16,1	15,2	143246
Muz	215,7	80,3	37,22	93811
Fıstık	3,34	1	29,9	125748
Portakal	251,37	47	18,7	688285
Soğan	86,84	3	3,45	64256
Yer Elması	283,5	23,18	8,18	34340
Çay	0,275	0,275	100	1350000
Yumurta	59,44	7	11,77	2131279
Patates	213,36	64,05	30	1749021

Çıkan atıkların çevre kirliliğine ve doğrudan atık depolama sahalarına gönderilmesi yerine, bu çalışmadaki gibi yardımcı koagülan madde olarak değerlendirilmesi hem çevre kirliliğinin azaltılmasında hem atıksu arıtımında verimli olabilecektir.

Ayrıca bu malzemelerin bu çalışmada olduğu gibi bir işlemde daha rol alması ikinci, üçüncü nesil kullanımının sağlanması atığın depo sahasına gidiş hızını azaltacak ve atık minimizasyonu çalışmalarına katkıda bulunmuş olacaktır.

3.2. Elde Edilen Yardımcı Koagülanlarla Mermer İşleme Atık Suyunun Arıtılabilirliği

Mermer işleme atık suyunun başlangıç bulanıklık değeri 1350 NTU olarak ölçülmüştür. Bu suya uygulanan koagülasyon/flokülasyon işlemi sonucunda yardımcı koagülan maddenin türüne ve yapısına bağlı olarak sonuç bulanıklık değerlerinin farklılaştığı gözlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Koagülasyon/Flokülasyon İşlemlerinden Geçirilen Mermer İşleme Atık Suyunun Sonuç Bulanıklık Değerleri

Yiyecek türü	Sonuç Bulanıklık NTU	Bulanıklık Giderim Verimi, %
Elma	413	70
Kivi	460	66
Turp	166	88
Mandalina	238	82
Muz	170	87
Fıstık Kabuğu	63	95
Portakal	683	50
Soğan Kabuğu	1399	0
Yer Elması	610	55
Çay	207	85
Yumurta	21	99
Patates	720	47

Sonuç olarak soğan kabuğu ile bulanıklık giderimi sağlanamadığı, yumurta kabuğu ile %99 bulanıklık giderimi sağlandığı ortaya konulmuştur. Yumurta kabuğunu, %95 ile fıstık kabuğu ve %88 ile turp kabuğu izlemiştir. Diğer materyallerde de bulanıklık giderimi %47 ile %87 arasında değişmektedir. Buradan da anlaşıldığı gibi bu çalışmada elde edilen yardımcı koagülanlar bulanıklık giderim verimini arttırmaktadır. Üstelik burada kimyasal bir koagülan kullanılmamıştır. Bu malzemelerin alum veya demir tuzu ile birlikte kullanımının performansı daha da yükseltme potansiyeli söz konusudur.

Elde edilen yardımcı koagülan madddelerin bir çoğu içeriğinde çözünebilen organik yapılar barındırmaktadır. Bunların su ortamına girdiğinde çözünebileceği ve suyun organik madde içeriğini arttırabileceği düşünülerek saf suda ve mermer atık suyundaki çözünme miktarlarına bakılmıştır (Tablo 4).

Mermer atık suyunun başlangıç organik madde konsantrasyonu 4 mg/L olarak bulunmuştur. Ulaşılan organik madde miktarlarına göre suyun içerisinde yer elmasının en fazla,

yumurtanın en az çözündüğü bulunmuştur. Bu çözünmeler suyun pH değeriyle de değişebilecektir. Burada saf su nötr pH, mermer işleme atık suyu ise hafif bazik pH değerindedir. Tablo 3 ve 4 birlikte değerlendirildiğinde, yumurta kabuğu en yüksek bulanıklık giderimini sağlarken sudaki organik madde seviyesine de en az etkili olan atık olarak görülmektedir. Benzer şekilde bulanıklık giderimin de etkili olan diğer yardımcı koagülanlar turp kabuğu ve fıstık kabuğunda da organik madde arttırma seviyesi diğerlerine kıyasla daha düşüktür. Bu bulgular bu üç yiyecekten elde edilen yardımcı koagülanların bulanıklık gideriminde diğerlerinden daha güvenle kullanılabileceğini göstermiştir.

Tablo 4. Koagülan Maddelerin Organik Madde Çözme Potansiyelleri

Meyve ve Sebze	Saf Su İçerisinde Çözünen Organik Madde Miktarı (mg/L)	Mermer Atıksuyu İçinde Çözünen Organik Madde Miktarı (mg/L)
Elma	304	232
Kivi	164	180
Turp	93,5	96
Mandalina	88	172
Muz	24	128
Fıstık	10	64
Portakal	156	556
Soğan	126	112
Yer Elması	18	580
Çay	10	292
Yumurta	14	28
Patates	39	420

En yüksek bulanıklık giderimi sağlanan yumurta kabuğunun en az organik madde çözünme potansiyeline sahip olduğu Tablo 4 görülmektedir.Yumurta kabuğu mineral ve organik maddeler ile sudan ibaret olup % 3-4 oranında bir protein ağı ve % 95 - 96 oranında birikerek yerleşmiş inorganik tuzlardan oluşmaktadır. Yumurta kabuğu %93,7 lik bir bölümü kalsiyum ihtiva ediyor. Bu da şu demek: besinlerle birlikte alınan kalsiyuma göre sindirim ve emilimi çok daha fazladır. Yumurta kabuğunun diğer kimyasal bileşimi magnezyum karbonat 1,0 kalsiyum fosfat 1,0 organik maddeler 3,3 su 0,1 dır. Kalsiyum içeriğinin yüksek olmasından dolayı atık sulardaki bulanıklık gideriminde yumurta kabuğu etkili sonuç vermiştir.Aynı zamanda 100 gram portakal kabuğunda 25 gr karbonhidrat, 11 gr lif, 1.5 gr protein ve 1 gr portakal yağı bulunur. A, B ve C vitaminlerinden, demir, kalsiyum, çinko, bakır, magnezyum

minerallerinden ve tangeritin, nobiletin ve d-limonen gibi fotokimyasal maddeler açısından zengin olan portakal kabuğunun ise organik madde çözünme potansiyelinin çok fazla olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ

Suların bulanık oluşu içinden geçen ışığı askıda katı maddelerin engellemesi nedeniyle olur.Bu da suyun optik özelliğini etkiler ve istenmeyen bir durumdur.Çevre mühendisliği açısından önemli bir parametre olan bulanıklık ölçümleri farklı kimyasal maddeler kullanılarak yapılmaktadır.Bu çalışmada kimyasal bir koagülan kullanılmadan elde edilen yardımcı koagülanların atıksulardaki bulanıklık gideriminde etkili olduğu ortaya konuldu. Çalışmada kullanılan mermer atık suyunun bulanıklığın %99 yumurta kabuğu , %95 ile fıstık kabuğu ve %88 ile turp kabuğu ile giderilebildiği tespit edildi. Bulanıklık gideriminde kullanılan koagülan maddelerin organik madde çözünürlüğüne de bakılarak suya verdikleri organik madde içeriği belirlendi. Bulanıklık gideriminde en çok verim elde edilen yumurta kabuğu, fıstık kabuğu ve turp kabuğundan, yumurta kabuğunun en az organik madde çözünme potansiyeline sahip olduğu tespit edildi. Evsel ve endüstriyel atık suların bulanıklık gideriminde yumurta kabuğundan elde edilen yardımcı koagülan maddelerin kullanılabilirliği gözlendi.

KAYNAKLAR

Amor C., Lucas M.S., Jose A., Pirra A.J. ve Peres J.A., 2012. Treatment of concentrated fruit juice wastewater by the combination of biological and chemical processes, J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng., 47(12), 1809-1817

Bellaaj OG, Jridi M, Khaled HB, Jellouli K, Nasri M. 2012. Bioconversion of shrimp shell waste for the production of antioxidant and chitosan used as fruit juice clarifier. Int J Food Sci Technol. 47,1835–1841.

Chia Ho Y., Norli, I., Alkarkhi A.F.M ve Norhashimah. M., 2010. Reuse of fruit waste as biopolymeric flocculant and optimizing turbidity reduction: comparison study with industrial flocculant, , J. Environ. Eng., 136(11): 1267-1276.

Choy S. Y., Prasad K. M. N., Wu T. Y. ve Ramanan, R. N., 2015. A review on common vegetables and legumes as promising plant-based natural coagulants in water clarification, International journal of Environmetal Science and Technology,12,367-390.

Ganjidoust H., Tatsumi K., T. Yamagishi ve Gholian R. N.,1997. Effect of synthetic and natural coagulant on lignin removal from pulp and paper wastewater,Water Science and Technology 35,291-926

Gaurang P.ve Punita P.,2012. An Evalutıon of Turbıdıty Removal From Industrıal Waste by Natural Coagulents Obtaıned From Some Plants, Journal of Envıronmetal Research and Development,7,2A, 1043-1046.

Coccagna L., ve Conio, O., Filtrasyon Teknolojisinde Son Gelişmeler, alıntılanma Mart 2017, <www.adriyatikfiltre.com/index.php/tr/news/21-filtrasyon-teknolojisinde-son-gelismeler>

Muthuraman G. ve Sasikala, S. 2014. Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants, Journal of Industrial and Engineering Chemistry,20,4, 1727-1731.

Öztürk, T., Veli, S., Dimoglo A., Yıdız, A., 2010. Demir Elektrotlu Reaktörde KOİ, fosfat, renk ve bulanıklık giderimi, 9. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 22-25 Haziran 7/401, Ankara, 1-6

Papaphilippou P.C., Yiannapas C., Politi M., Daskalaki V.M., Michael C., Kalogerakis N, Mantzavinos D., ve Fatta-Kassinos D., 2013. Sequential coaguelation–flocculation, solvent extraction and photo-Fenton oxidation for the valorization and treatment of olive mill effluent, Chemical Engineering Journal, 224, 82-88.

Sciban M., Klasnja M., Antov M.ve Skrbic B., 2009. Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn, Bioresource Technology,100, 6639-6643

AKDENİZ İLE KIZILDENİZ'İ BAĞLAYAN SÜVEYŞ KANALI'NIN AKDENİZ'E ETKİLERİ

Rabia ÇALLI, Fatma UYAROĞLU, Esra YEL
Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kampüs, Konya
rabiacalli3@gmail.com, fato.uyaroglu.93@gmail.com

ÖZET: Süveyş Kanalı Dünya'nın en önemli deniz geçitlerinden biri olan Akdeniz ile Kızıldeniz'i birleştiren yapay suyoludur. Yeni Süveyş Kanalı mevcut kanala ve onun geçiş yollarına olan azami faydayı sağlamak için paralel yeni bir kanal oluşturmak, iki yoldaki trafiği kolaylaştırmak ve geçiş yapan gemilerin bekleme süresini en aza indirecek şekilde suyolunun mümkün olan en uzun bölümünü iki katına çıkarmak için 2015 yılında yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı Süveyş kanalını genişleten yeni kanalın yapılma sebeplerini, beklenen faydalarını ve bu faydalara karşılık özellikle Akdeniz'de sebep olduğu çevresel etkileri ortaya koymak ve olumsuz çevresel etkilere çözüm önerileri getirmektir. Bu çevresel etkiler arasında Kızıldeniz'den Akdeniz'e geçen türlerin doğal deniz ekosistemine olan zararları, besin zincirlerinin değişmesi, yeni hastalıkların taşınması ve bunların özellikle endemik türlerin azalmasına neden olması gibi olumsuz etkiler araştırılmıştır. Çalışmada bunlar için Suda türbülans oluşturup Kızıldeniz'den gelen türlerin geçmesini önlemek, Düşük frekanstaki ses dalgaları oluşturup istenmeyen türlerin kanaldan uzak tutulması, Güzergah geçişinde bulunan Tuzlu Manzala Gölü, Timsah Gölü, Büyük Acı Göl ve Küçük Acı Göl'ün tuz oranlarını arttırarak canlı geçişinin engellenmesi gibi çözüm önerileri tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Süveyş Kanalı, Kızıldeniz, Akdeniz, ekosistem.*

1.GİRİŞ

Bu inceleme çalışması Akdeniz ile Kızıldeniz'i birleştiren yapay suyolu olan Süveyş Kanalını genişletmek için 2014 yılında yapılmış olan yeni kanalın yapılma sebeplerini, beklenen faydalarını ve bu faydalara karşılık özellikle Akdeniz ekosisteminde sebep olduğu çevresel etkileri ortaya koymak ve olumsuz çevresel etkilere çözüm önerileri getirmek için yapılmıştır. Süveyş Kanalı Dünya'da insan eliyle yapılan en önemli suyollarından biridir. Mısırda inşa edilen bu suyolunun geçmişinin ve yarattığı etkinin bilinmesi Türkiye ve Dünya için son derece önemlidir. Gerek Doğu Akdeniz'de yer alan önemli ülkelerden biri oluşu ve gerekse de bir dönem Mısır'a hakim olması Türkiye için Süveyş Kanalını önemli yapan unsurlardan sadece birkaçıdır.

Araştırmada Süveyş Kanalı'nın genel bilgi ve öneminden bahsedilerek genişletme yapılan Yeni Süveyş Kanalı'nın faydaları ve olumsuz etkileri anlatılmıştır. Bunun yanında özellikle Yeni Süveyş Kanalı'nın oluşturacağı çevresel etkilerin üzerinde durularak önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca kanalın uluslararası ticari önemi de vurgulanmıştır.

2.SÜVEYŞ KANALI HAKKINDA GENEL BİLGİ

2.1.Süveyş Kanalının Yapılması

Süveyş Kanalı hakkında bilgi sahibi olmak için ilk önce Mısır'ı tanımak gerekir. Asya ve Afrika'nın geçiş noktası üzerindedir. Aynı zamanda Akdeniz ve Kızıldeniz'i birbirine bağlamaktadır. Taşıdığı önemden dolayı ilk zamanlardan bu yana Mısır etrafındaki coğrafya ile ilişki kurmuştur. Firavunlar dönemi Mısır'ın en çok ilgi çeken dönemlerinden birini oluşturmaktadır. Ancak Firavunlar sonrası da bölgeye dünya tarihi açısından oldukça önemlidir[1] (Şekil 1).

Şekil 1.Süveyş Kanalı'nın Yeri

Süveyş Kanalı ilk kez M.Ö 6. ve 7. yüzyıllarda Firavunlar döneminde çalışmalarına başlanmış ancak tamamlanamamıştır. Daha sonra Arapların yarım bıraktıkları kanal çalışmalarında Osmanlılar döneminde Yavuz Sultan Selim, II. Selim ve III. Mustafa Han'ın da önemli katkıları olmuştur. Yükselme döneminde Sokullu Mehmet Paşa da kanal fikrini gündeme getirmiş fakat proje gerçekleştirilmemiştir. Ferdinand de Lesseps, 1854'te Mısır Valisi Said Paşadan iki imtiyaz almış, 30 Ekim 1854 ve 5 Ocak 1856 tarihli bu iki anlaşmanın neticesinde alınan kararlara göre, bütün milletlerin geçişine müsaade edilecek olan bir kanal yaptırılmış ve 99 seneliğine kanalı işletecek olan "The Compagnie Universelle du Canal Maritime de Suez", yani " Süveyş Kanal Şirketi"15 Aralık 1858'de kurulmuştur. [2]

2.1.1. Modernizasyon

Trafik artışına ayak uydurmak için, kanal firması devamlı olarak kanalı geliştirmiştir. 1869'dan sonra, bu gelişme hızlanmıştır. 1870'te kanal yüzeyinin 60 metre genişliğine, 22 metre derinliğe ulaştığı görülmüştür.1956'da millîleştirmeden sonra yüzey genişliği 150 metre olmuştur. Aynı sene tatlı su kanalının genişliği 7,5 metreden 10,7 metreye yükseltilmiştir. Aynı zamanda kanal boyu seyahati 45 saatten 15 saate indirilmiştir.

2.1.2. Güzergah

Kanalda güney istikametine ilerleyen gemiler ilk olarak Port Said'e gider. Tuzlu Manzala Gölü'nün bataklık bölgesini geçip Port Said'in 50 km güneyinde 11 kilometrelik 1949-1951 senelerinde kazılmış geçiş bölgesine varılır. Bu bölgede iki gemi karşılıklı olarak rahatça geçebilir. Kanalın hemen hemen yarısına yakın yerinde İsmailiye şehri civarında Timsah Gölü bulunur. Kanal, gölün içinden geçer. Kanal İdare Heyeti, Timsah Gölü'nün kıyısında yerleşmiştir. Buradan Kızıldeniz'e gitmek isteyen sırasıyla Büyük Acı Göl, Küçük Acı Göl, çölün doğu ucu ve Tevfik Limanı'ndan geçer[2] (Şekil 2).

Şekil 2.Süveyş Kanalı'nın Güzergahı ve bazı bilgiler[2]

2.2.Süveyş Kanalının Önemi ve İşletilmesi

Coğrafi konumu nedeniyle Süveyş Kanalı doğu ile batı arasındaki en kısa bağlantı olarak düşünülmüştür; Porttaki Akdeniz ile Süveyş'teki Kızıldeniz arasında bağlantı sağlayan önemli bir uluslararası seyir kanalıdır. Coğrafi konumuyla Süveyş Kanalı Mısır'da özel önem atfetmiştir. Bu önem, deniz taşımacılığının ve dünya ticaretinin evrimi ile artmaktadır. Denizyolu taşımacılığı, en ucuz ulaştırma araçlarından iken, dünya ticaret hacminin % 80'inden fazlası suyolu ile taşınmaktadır.

- Gemilerin belirli bir hızda ve her iki gemi arasında belirli bir mesafede konvoy halinde kanalı geçmesine izin verilmektedir.(Şekil 3)
- Tankerler ve büyük boyda gemiler için hız limiti 7-7.5 knots, diğer gemiler için 8.5 knots.dır.
- Gemilerin kanalı transit geçme süresi 12-16 saattir.
- Konvoy halindeki gemiler arasındaki mesafe 10-16 dakikadır.
- Kanalda 14 adet kılavuzluk istasyonu mevcuttur.
- Transit geçen gemiler için kılavuzluk zorunlu olup Süveyş Kanal İdaresi tarafından her transit gemi için dört farklı noktada kılavuz kaptan verilmektedir.

Şekil 3.Süveyş Kanalı'nda Gemi Trafiği

Süveyş Kanalın emniyet ve güvenliğine ilişkin alınan başlıca önlemler seyir yardımcılarının iyileştirilmesi, Gemi Trafik Sistemi (VTS), Trafik Ayrım Şemaları, 300 tonun üzerindeki gemiler ve tüm transit geçen gemiler için kılavuzluk zorunluluğudur. Süveyş Kanalı'nda 2009'da kanal derinliği 18 metreden 20 metreye 2010 yılında 24 metreye çıkarılmıştır. Kanalın Kuzeyinden Akdeniz'e, güneyinden de Kızıldeniz'e petrol taşımacılığı da yapılmaktadır.

Süveyş Kanalı tanker trafiğine alternatif yol olarak Suudi Arabistan'dan Akdeniz'e uzanan 200 mil uzunluğunda ve 4,5 milyon varil/gün kapasiteye sahip Sumed (Suez Mediterranean) boru hattı inşa edilmiş olup, 1977 yılında işletmeye alınmıştır.

2.3.Yeni Süveyş Kanalı

Mevcut kanala ve onun geçiş yollarına olan azami faydayı sağlamak için mevcut kanala paralel yeni bir kanal oluşturmak, iki yoldaki trafiği kolaylaştırmak ve geçiş yapan gemilerin bekleme süresini en aza indirmek için 2014 yılında ortaya çıkan fikir bir yıl inşa süresiyle 2015 yılında açılmıştır. Yeni Süveyş Kanalı ile gerçekleştirilen 72 kilometre uzunluğundaki suyolunun 35 kilometresi paralel bir hat olarak kazılırken, 37 kilometresi ise eski kanalın derinleştirilmesi ve genişletilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 2).

Yeni Süveyş Kanalının yapılma sebepleri şöyle sıralanabilir:

- Süveyş Kanalının ikiye katlanan parçalarını % 50'ye çıkarmak
- Güneye konan konvoy için transit süreyi 18 saatten 11 saate kısaltmak
- Gemilerin, yolculuk ücretini azaltmak
- Süveyş Kanalı'nı gemi sahipleri için 8-11 saat yerine en çok üç saat yaparak bekleme süresini en aza indirmek
- Süveyş Kanalı'nı kullanmak için daha fazla gemi çekmek ayrıca önemli bir uluslararası deniz hattı olarak Kanal sınıflandırmasına eklemek
- Dünya ticaretinin büyümesinde gelire avantaj sağlaması için günlük kullanılan gemi sayısını arttırmak
- Süveyş Kanalı Alan Kalkınma Projesini desteklemek ve Mısır ulusal ekonomisini geliştirmek ve Mısır'ı uluslararası bir lojistik merkezine dönüştürmek

Kanalın bir ucundan diğerine olan yolculuk için gereken zamanın azaltılması ve dünya ticaretinde büyümeye yardımcı olacak suyolu sayısal kapasitesinin arttırılması için yapılmıştır.

Proje Süveyş Kanalı Alan Geliştirme Projesi ile yan yana yürütülmektedir. Projenin ayrıca, sabit para kazançlarını artırması, yeni iş olanakları sağlaması ve böylece Mısır ulusal geliri üzerinde olumlu bir etkisi olması beklenmektedir.

Kanal sayesinde gemiler Afrika'nın etrafından dolaşmadan Akdeniz'e ulaşmaktadırlar.

Yeni Süveyş Kanalı'nın faydaları

- İki deniz arasında geçişi sağlamak ve trafiği rahatlatmak amacıyla yer yer geçitler de yaparak çift yönlü gemi geçişleri uygun duruma getirilmiştir.
- Kanal, Akdeniz ve Kızıldeniz arasındaki gemi geçişini sağlamakla kalmayıp aynı zamanda tasarı kapsamında yapılarak 6 yeni tünelle Sina Yarımadası'nın ıssızlığı ve soyutlanmışlığının da giderilmesi amaçlanmıştır.
- Her iki yönde de 45 gemi için direkt duraksız geçiş gerçekleştirmek ve izin verilen tasarı Süveyş Kanalı vasıtasıyla 66 dereceye çıkarmıştır.
- Süveyş Kanalı'nı kullanmak için daha fazla gemi çekip ve önemli bir uluslararası deniz hattı olarak kanal sınıflandırmasına eklemektedir.[3]

3. YENİ SÜVEYŞ KANALININ ETKİLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Yukarıdaki bölümlerde anlatılan faydaların hemen hemen tamamı ekonomik konularla ilgilidir. Ancak bu kanal genişlemesi iki farklı deniz ekosisteminin karışmasını da sağlamıştır. Bunun bazı çevresel etkileri de kaçınılmazdır. Çünkü iki ayrı denizin ekosistemleri, canlı türleri, iklimleri ve yararlanan kültürlerin özellikleri birbirinden oldukça farklıdır. 2014 yılından bu yana gözlenen çevresel etkiler şöyle gruplandırılabilir:

- Kızıldeniz'den Akdeniz'e yaklaşık 1000 yabancı türün geçmesi ve bu türlerin doğal deniz ekosistemine olan zararları.
- Besin zincirlerinin değişmesi, yeni hastalıkların taşınması ve özellikle endemik türlerin azalması
- Akdeniz de var olmayan başta zehirli denizanaları olmak üzere çeşitli deniz canlılarının Akdeniz ve Karadeniz'e geçmesi.
- Göçmen denizanalarının toplandığı bölgelerde balıkçılık yapmanın giderek imkansız hale gelmesi, bu canlı türünün, dikenimsi dokunaçlarıyla insanları zehirlemesi.

• Kızıldeniz'den Akdeniz'e denizkedisi türü canlının gelmesi. Bu balık türünün yosunları yok ederek, birçok canlının yaşam ortamını ve dolaylı olarak Akdeniz'in besin zinciri halkalarını çökertme potansiyeline sahip olması.[4]

Bu çalışmada yapılan araştırmalar ve edinilen bilgilerin değerlendirilmesi sonucunda ulaşılan yukarıdaki çevresel etkileri gidermek ya da etkiyi azaltmak için çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu çözüm önerileri şöyle sıralanabilir:

Öneri 1

•Suda türbülans oluşturup Kızıldeniz'den gelen türlerin geçmesini önlemek. Bu işlem için gemi etrafındaki laminer akımı türbülanslı akıma dönüştürecek teknikler kullanılmalıdır. Gemi model deneylerinde, model baş bodoslaması boyunca, kum şeridi veya başsız çivi yerleştirilerek, düzgün akım hatlarının bozulup birbirine karışması sağlanır. Böylelikle farklı türlerin geçmesi engellenir. Türbülans oluşturmak için türbülans yapıcılar kullanılabilir (Şekil 4). Bu amaç için kullanılan türbülans yapıcılar, akışkan ortamında türbülans sağlayanlar ve geminin sınır tabakası içinde yapay olarak türbülans oluşturanlar şeklinde iki grupta incelenir.

Gemi model deneylerinde, model baş bodoslaması boyunca, kum şeridi veya başsız çivi yerleştirilerek, düzgün akım hatlarının bozulup birbirine karışması sağlanır. Böylelikle modelin sınır tabakası içinde yapay olarak türbülanslı akım oluşur. [5]

Şekil 4 : Gemi modeli sınır tabakası içinde yapay olarak türbülans oluşturulması

Öneri 2

•Düşük frekanstaki ses dalgaları oluşturup istenmeyen türler kanaldan uzak tutulabilir.

Öneri 3

•Güzergah geçişinde bulunan Tuzlu Manzale Gölü, Timsah Gölü, Büyük Acı Göl ve Küçük Acı Göl'ün tuz oranlarını arttırarak canlı geçişi engellenebilir veya benzer görevi yapabilecek tuz oranı yüksek göller oluşturulabilir.

Örneğin; Timsah Gölüne başlıca tuzlu su kaynağı olarak El-Gamil çıkışı hizmet etmektedir. Timsah Gölü, tuzluluğun tabakalaşma varyasyonlarını ve tuzluluktaki mevsimsel yüzey değişiklikleri göz önüne alınarak El-Gamil'den, Timsah Gölüne besleme yaparak tuzluluk oranı arttırılabilir. [6]

Öneri 4

•Türbülanslı hava perdeleri kullanılabilir.

Hava perdeleri ince, uzun ve yüksek hızlı hava akımı sağlayacak şekilde imal edilmiş ürünlerdir.Kanala bu hava perdeleri kurularak oluşturulan türbülans sayesinde Kızıldeniz'den gelen kirleticilerin ve zararlı türlerin Akdeniz'e geçmesi engellenir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Akdeniz'de yeni kanalın yapıldığı 2015 yılından bu yana canlı türleri dağılımında önemli değişiklikler gözlemlemeye başladığından, daha büyük ekolojik ve çevresel sorunların yaşanmaması için bu çözüm önerilerinin kullanılabilirliği açısından bir değerlendirme yapılırsa, düşük frekansta ses dalgasının verilmesi yüksek sesli gemi trafiğinde uygulanması yetersiz kalabilir. Çünkü zaten ortam gemilerden dolayı aşırı seslidir. Bu yüzden verilen ses dalgaları burada etkili olmaz.

Süveyş Kanalı'ndan Akdeniz'e yabancı ve zararlı türlerin geçmesini engellemek için tercih edilecek çözüm hava perdeleri kullanmak ve kanalda gemi güzergahı boyunca türbülans oluşturmaktır. Türbülans oluşturmak için her bir gemiye türbülans yapıcı yerleştirerek geminin sınır tabakası içinde yapay olarak türbülans oluşturulur. Böylelikle geminin her geçişi sırasında türbülans oluşturup yabancı türün geçmemesine olanak sağlarız. Kullanılan türbülans yapıcıların alım-bakım maliyeti ve enerji kullanımı dışında olumsuz etki oluşturacağı herhangi bir neden yoktur. Ayrıca hava perdeleri ilerleyen teknolojik gelişmeyle birlikte türbülanslı hava perdeleri olarak Süveyş Kanalı'nda zararlı madde ve türlerin geçişini engellemek amacıylada kullanılabilir. Bu sayede türbülanslı hava perdesi kanalda uygun bir yere kurularak biyolojik istila olarak nitelendirilen zararlı türlerin geçişi engellenebilir. Hem verim açısından hem de

uygulanabilirliği açısından diğer türlerden daha kullanışlıdır. Yeni çözümler üretilerek bu istilaya dur denilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

1) Akalın, D., 2011. Süveyş Kanalı (Açılışı ve Osmanlı Devleti'ne etkisi 1854-1882), Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
2) www.suezcanal.gov.eg / www.turkcebilgi.com/ansiklopedi
3) http://www.hurriyet.com.tr/suveys-kanali-akdeniz-i-bozdu-27574412
https://www.dho.edu.tr/sayfalar/00_Anasayfa/11_Pusula/71/suveys-kanali.html
4) http://www.tudav.org/index.php/tr/biyolojik-yay-l-m/363-yeni-sueveys-kanal-projesi
http://www.nytimes.com/1860/02/28/news/the-suez-canal.html
5) www.yildiz.edu.tr/~fcelik/dersler/gemidirenci/PDF/4.%20SurtunmeDvs
6) http://akifcim.blogcu.com/gol-nedir-gol-cesitleri-nelerdir-goller-nasil-olusur-turkiyenin/4066125

ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİKLERİN GERİ KAZANIMI VE ADSORBAN OLARAK KULLANIMI

Zafer ARIKAN, Merve SOĞANCIOĞLU, Esra YEL
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Ömrünü tamamlamış lastikler(ÖTL) doğada bozunmazlar, kolay yanabilirler, yığın halinde depolandığında böceklerin çoğalmasına imkân vererek, insan ve ekosistem sağlığını riske atarlar. Bu sebeple uygun şekilde bertarafı ve tercihen geri kazanımı sağlanmalıdır. Piroliz birçok atığa uygulanabilen bir termal bertaraf işlemidir ve oksijensiz ortamda yakma esasına dayanır. Proses sonunda kat, sıvı ve gaz ürünler meydana gelir. Piroliz katı ürününden elde edilen adsorban madde atık su, içme suyu vb. birçok suyun arıtımında kullanılabilmektedir. Ağır metal, organik madde, renk, bulanıklık gideriminde ayrıca park zeminlerinde kaplama malzemesi ve mangal kömürü üretiminde katkı maddesi olarak kullanılabilir. Organik maddeler su ve atık su ortamı için kirlilik parametresidir. Sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu düşürür. Halojenlerle reaksiyon verdiğinde kanserojen bileşikleri ve mikro kirleticileri oluşturur. Bu çalışmada önemli bir çevresel sorun olan ÖTL'nin ve atık yüksek yoğunluklu polietilen(HDPE) plastiklerin piroliz ve ko-piroliz denemeleri gerçekleştirilmiştir. Meydana gelen katı ürün-kok organik madde gideriminde adsorban malzeme olarak denenmiştir. ÖTL ve atık HDPE'nin piroliz ve ko-piroliz çalışmalarında laboratuvar ölçekli Piroliz sistemi kullanılmıştır. ÖTL'nin pirolizinde elde edilen katı ve gaz ürün verimleri sıvı ürün verimlerine göre yüksektir. Hem piroliz hem de ko-piroliz denemelerinde piroliz sıcaklığı arttıkça katı ürün verimleri azalmıştır. Elde edilen katı ürünlerin azot gazı adsorbsiyonu ile spesifik yüzey alanları ölçülmüştür. En yüksek spesifik yüzey alanı (519 m^2/g) ve gözenek hacmi (135 cm^3/g) değerlerini veren 700°C'de elde edilen ÖTL Piroliz koku olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak bu kok türü adsorpsiyon çalışmalarında kullanılmıştır. Adsorbsiyon kesikli denemelerde yapılmıştır. 50°C sıcaklıkta 0,5 g/100 mL kok dozu için %87 KOİ giderimi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Atık ÖTL, atık HDPE, ko-piroliz, kok, adsorpsiyon*

1.GİRİŞ

Sürekli değişim ve gelişim içerisinde olan dünyada ayrışmaya oldukça dayanıklı yüksek yapılı polimerlerden oluşan kauçuktan üretilen lastikler ömrünü tamamladıktan sonra insan ve ekosistem sağlığı açısından tehlike oluşturmaktadır [1]. Bu çevre probleminin ana sebebi lastik üretimin artması ve bunun sonucunda ömrünü tamamlamış atık lastiklerdir. Bu lastiklerin toplanması, taşınması, bertarafında ciddi çalışmalar gerekmektedir. Ömrünü tamamlamış lastiklerin yanı sıra atık yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) plastikler petrolden elde edilen yüksek yoğunluklu bir malzeme olmakla birlikte zor bozunmaları sonucu uzun yıllar doğada etkin bir şekilde kalmaları sebebiyle çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Kullanımları son dönemle artmakta olan plastik poşetler, ev eşyaları ve boruların yapımında kullanılmaktadırlar, bu artış sebebiyle atık HDPE oluşumu da artmaktadır [2]. Toplanması, depolanması, bertarafında ciddi organizasyonlar gerekmektedir. Bu ömrünü tamamlamış lastikler ile yüksek yoğunluklu polietilen plastiklerin bertarafında birçok yöntem vardır, ancak bu çalışma kapsamında olan yöntemler piroliz ve ko-piroliz işlemleridir. Piroliz ve ko-piroliz işlemi sonucu kok, pirolitik yağ, çelik hurda tel ve yanıcı gaz ürünleri oluşmaktadır. Katı ürün olan kokun hammadde olarak kullanılabilirliğine örnek olarak kablo, araba yedek parçaları

verilebilir [3]. Sıvı ürün pirolitik yağlar hiçbir değişikliğe gerek kalmadan enerji üretiminde yakıt veya çimento fabrikalarında alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır [4]. Pirolizin diğer çıktısı olan gazlar yanıcı olma özelliği nedeniyle istenirse kendi tesisinin enerji ihtiyacını karşılamada istenirse ayrıştırma sonrası farklı gaz bileşikler alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır [4]. Hurda tel geri dönüşümü sağlanarak rezervi tükenen metal rezervlerine katkıda bulması amacıyla kullanabilmektedir.

Buradan hareketle, bu çalışma kapsamında atık ÖTL ve atık HDPE'nin piroliz ve değişen kaışım oranlarında ko-pirolizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen piroliz ürünü kok için yeni bir değerlendirme alanı geliştirilerek, kok organik madde giderimi için adsorban madde olarak denenmiştir.

2. MATERYAL ve METOD

2.1. ÖTL, HDPE temini ve atık parçalama

Atık materyaller yerel bir atık toplama ve ayrıştırma tesisinden temin edilmiştir. Piroliz işleminin veriminde önemli noktalardan biri piroliz edilecek olan materyalin boyutudur. Piroliz verimi için ÖTL ve HDPE'nin parçalanması gerekmektedir. Bunun için, laboratuvar ölçekli plastik kırma makinası ve endüstriyel ölçekli ÖTL kırma makinası kullanılmıştır.

2.2. Piroliz İşlemleri

Çalışmada laboratuvar ölçekli piroliz sistemi kullanılmıştır. Sistem güç, kontrol, ısıtma, soğutma-yakalama ve gaz depolama olmak üzere dört kısımdan ve sürükleyici gaz olarak kullanılmak üzere azot gazı tüpünden oluşmaktadır. Reaktör 12 cm çapında, 24 cm uzunluğunda ve paslanmaz çelikten yapılmıştır. Daha verimli sonuçlar alınabilmesi için reaktör yüksek sıcaklığa dayanıklı seramik fırın içerisine dik bir şekilde yerleştirilmektedir. Fırın 14 cm iç çapında ve 30 cm uzunluğundadır. Reaktörün çıkışında yoğunlaşan ürünlerin toplandığı su soğutmalı soğutucu içerisine yerleştirilmiş, sıvı yakalama kapları mevcuttur. Sistemin son kısmında sıvı yakalama kaplarında tutulamayıp, buradan geçen gaz ürünlerin toplandığı bir gazometre mevcuttur.

Çalışmada atık ÖTL ve yıkanmamış HDPE plastikler, izotermal şartlarda 300-500-700 °C sıcaklıklarda, 5°C/dk ısıtma hızında piroliz ve ko-piroliz işlemlerine tabi tutulmuştur. Piroliz işleminde atıklar tartımı bilinen miktarlar halinde piroliz ünitesinin reaktör kısmına yerleştirilerek reaktör kapağı hiçbir sızıntıya neden olmayacak şekilde vidalanarak

kapatılmıştır. Reaktör ünitenin fırın kısmına yerleştirilerek azot ünitesine ve sıvı yakalama kaplarına olan bağlantıları gerçekleştirilmiştir. Sistemde inert atmosfer oluşturmak için 1 dk boyunca reaktör azot gazı ile beslenmiştir. Sistem hedef piroliz sıcaklığına ulaştığı anda ısıtma işlemi sonlanmıştır ve reaktör oda sıcaklığında fırından çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Ko-piroliz işlemleri %50 ÖTL+%50 HDPE, %75 ÖTL+%25 HDPE ve %75 HDPE+%25 ÖTL oranlarıyla sağlanmıştır. Bu oranlarda reaktöre konularak piroliz işlemlerinde aynı aşamalar uygulanmıştır.

Çalışma sonunda siyah renkli katı ürün (kok), yoğuşma sonrası elde edilen sarı-kahverengi sıvı ve yoğuşmayıp kaçan şeffaf gaz sistemden ayrı ayrı toplanarak elde edilmiştir. Soğuma işlemi sonucunda kapağı açılan reaktörün tabanından alınan kok malzemesi üniform hale getirilmek amacıyla elekten geçirilmiştir. Elenen kok malzemeleri toplanarak tartımı yapılmış ve kapalı numune kabında saklanmıştır. Kok numunelerine azot gazı adsorbsiyonuna dayanarak spesifik yüzey alanı ölçümü yapılan BET analizi uygulanmıştır. Sıvı yakalama kabında toplanan sıvı ürün tartılarak numune kaplarına alınmıştır. Sisteme bağlı gaz ölçüm sistemi olan gazometrede toplanan gazın hacmi kaydedilmiştir.

2.3. Adsorpsiyon Denemeleri

Çalışmada kesikli sistemde adsorpsiyon denemelerinde sodyum asetat içerikli sentetik atık sudan 200 mL içerisine değişen dozlarda kok (0,2, 0,6 ve 1 g) konularak erlenlerin ağızları tıpa ile kapatılmıştır. Erlenler çalkayıcıya yerleştirilerek 200 rpm hızda çalkalanmaya başlamıştır. 15-30-45-60-90-120. dakikalarda her bir erlenden üst suyu numunesi alınarak KOİ ölçümleri yapılmıştır. Aynı denemeler 50-80°C sıcaklık aralığında tekrarlanmıştır.

2.4. Analizler

Kok numunelerinin spesifik yüzey alanı ölçümü BET analiziyle yapılmıştır. Analizler Micromeritics Trista 2 Plus model gaz adsorbsiyon cihazında 77°K'de N_2 gazının adsorplanması ile gerçekleştirilmiştir.

KOİ analizleri standart metot ile yapılmştır. Reaktifler şöyle hazırlanmıştır:

- Standart potasyum dikromat çözeltisi(0,0167 M): Bir miktar saf suya 2,4565 g $K_2Cr_2O_7$, 16,65g $HgSO_4$ ve 83,5 mL H_2SO_4 konulup, çözülüp soğutulduktan sonra 500 mL'ye tamamlanmıştır.
- Gümüş-Asit çözeltisi: 10,12 g Ag_2SO_4 H_2SO_4 ile 1 L'ye tamamlanmıştır, çözünebilmesi için 1-2 gün bekletilmiştir.

- FAS çözeltisi (0,094 M): 19,6 g $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ + 10 mL H_2SO_4 saf su ile 500 mL'ye tamamlanır.
- Ferroin İndikatörü: Sıvı indikatörden 1/10 seyreltilmiştir.
- FAS Standardizasyonu: 2,5 mL saf su + 3,5 mL gümüş-asit çözeltisi + 1,5 mL dikromat çözeltisi + 2-3 damla ferroin indikatörü FAS ile titre edilmiştir.

$$\text{M FAS} = \frac{mL\ 0{,}0167.\ K2Cr2O7}{mL\ FAS} \times 0{,}1$$

Yöntem şöyle uygulanmıştır:

- Uygun seviyede seyreltilmiş numuneler 2,5 mL olacak şekilde kapaklı tüplere konulmuştur. 2,5 mL saf su ile şahit numune hazırlanmıştır.
- Tüplere 1,5 mL 0,0167 M dikromat çözeltisi ve sonra 3,5 mL gümüş asit çözeltisi eklenmiştir.
- Termoreaktörde 2 saat 148 °C de bekletilmiştir.
- Oda sıcaklığında soğutulduktan sonra tüpteki çözelti behere alınarak, tüpte numune kalmaması için saf su ile çalkalanarak behere eklenmiştir.
- Üzerine 2-3 damla ferroin indikatörü eklenmiştir.
- Manyetik karıştırıcı üzerinde beherdeki sıvı karışırken FAS ile narçiçeği kırmızına gelene kadar titre edilmiştir.

$$\text{mg/L KOİ} = \frac{(A-B).M.8000}{mL\ numune}$$

A: Şahit için harcanan FAS, mL

B: Numune için harcanan FAS, mL

M: FAS molaritesi (0,094 M)

3. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

3.1. Piroliz Sıcaklığının Ürün Verimlerine Etkisi

Bu çalışma kapsamında yapılan piroliz denemelerinde elde edilen piroliz ürün verimleri Şekil 1'de kıyaslanmıştır. Piroliz sıcaklığı arttıkça HDPE ve HDPE içeren karışım numunelerde katı ve gaz ürün verimleri azalmış, sıvı ürünler genel olarak artış göstermiştir. ÖTL numunesinde 300°C'de sıvı ürün katı ve gaz ürüne kıyasla oldukça az iken daha yüksek sıcaklıklarda gaz ürün azalmış, sıvı ürün artmıştır. Aynı piroliz sıcaklığında farklı karışım oranlarında HDPE miktarının artışıyla birlikte kok ve gaz ürün miktarında azalma, sıvı miktarında artma gözlenmiştir. Ko-piroliz karışımı içerisindeki HDPE oranı arttıkça sıvı üründe

artış kok ve gaz üründe azalış gözlenmiştir. Bu durum HDPE'nin kok üretiminde olumlu katkısının olmadığını göstermektedir. Zaten çalışmalarda HDPE doğal organik materyallere kıyasla sentetik bir organik olarak daha fazla sıvı ve gaz ürün vermektedir, ko-piroliz işleminde de durum aynıdır [5]. Bu durumdan hareketle düşük sıcaklıkta ÖTL piroliz ile kok ve gaz üretiminde, yüksek sıcaklık HDPE pirolizi pirolitik sıvı üretiminde başarılı sonuçlar vermiştir.

Şekil 1: Piroliz Ürün Verimleri

3.2. Piroliz Koku Karakterizasyonu

Yüzey alanı ve gözenek hacmi adsorpsiyon için oldukça önemli parametrelerdir. İyi adsorban olabilmesi için maddenin geniş yüzey alanı ve büyük gözenek hacmine sahip olması gerekmektedir. Tablo 1'de karşılaştırma yapılabilmesi için katı ürünlerin farklı sıcaklıklarda elde edilen koklara ait BET yüzey alanları verilmiştir. Piroliz sıcaklığının arttırılması ile yüzey alanı ve gözenek hacimlerinin önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Ko-piroliz işleminde ise durum tersidir, ko-piroliz sıcaklığının artmasıyla spesifik yüzey alanı azalmış, gözenek hacmi ise diğer durumlardaki kadar büyük değişim göstermemiştir.

Tablo 1: Kok Numuneleri spesifik yüzey alanı ve gözenek özellikleri

Numune	Spesifik Yüzey Alanı (m^2/g)	Gözenek Hacmi (cm^3/g)
300 °C ÖTL	424	108
700 °C ÖTL	519	135
300 °C HDPE	388	97
700 °C HDPE	455	119
300 °C %50 ÖTL+%50 HDPE	442	103
700 °C %50 ÖTL+%50 HDPE	417	109

Aynı piroliz sıcaklığında en büyük spesifik yüzey alanına tek başına ÖTL pirolizinden elde edilen kok sahipken HDPE pirolizi kokunda en düşük yüzey alanı görülmektedir. Bunun doğal bir sonucu olarak karışımın ko-pirolizi kokunda spesifik yüzey alanı büyüklükleri ikisinin arasında bir değerdedir. Bu tablodaki değişimler aynı zamanda kok oluşum oranlarındaki kıyaslamalarla da paralellik göstermektedir (Şekil 1). Bu durumda HDPE plastik eklenmesinin kok miktarının yanında ürün kalitesine de olumlu bir katkısı görülmemektedir.

3.3. Kok Dozu ve Adsorpsiyon Sıcaklığının Organik Madde Giderimine Etkileri

Üretilen piroliz koklarından spesifik yüzey alanı ve gözenek hacmi en büyük olan (Tablo 1) 700°C'de piroliz edilmiş ÖTL koku ile sulu çözeltiden organik madde adsorpsiyonu denemeleri yapılmıştır. Bu çalışmalarda oda sıcaklığında yüksek verimde bir adsorpsiyon olmadığı gözlenmiştir. Adsorpsiyonun yüksek sıcaklıklarda başarılı olabildiği bilgisinden yola çıkılarak aynı denemeler 50 ve 80°C sıcaklıklarda tekrarlanmıştır (Şekil 2).

Şekil 2: 50°C de ve 80 °C de KOİ konsantrasyonunun zamanla değişimi

Organik madde 50°C sıcaklıkta daha büyük bir verimle adsorplanmaktadır (Şekil 2). Adsorban dozunun verim üzerine etkileri değişkendir. Bu durum kokun kendi yapısının da organik olmasından ve hiçbir aktivasyon veya yüzey işlemine tabi tutulmadan kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Denemelerde organik maddenin desorpsiyonu da gerçekleşmiştir, grafiklerdeki artışlar bu çözünmelerden kaynaklanmaktadır. 50°C ve 0,5 g/100 mL dozda 30 dk içerisinde en yüksek verime (%87) ulaşılmıştır. Aynı süre ve dozda 80°C sıcaklıkta ulaşılan verim %50'lerdedir. Çalışılan toplam süre olan 120 dk sonunda bütün kok dozlarında 50°C'de %70-85 aralığında verim sağlanmıştır ki bu değerler 80°C sıcaklıkta %36-61 aralığında kalmıştır.

4. SONUÇ

ÖTL ve HDPE plastikler zor bozunmaları ve ayrışmaları sebebiyle günümüzde çevre sorunu açısından probleme neden olmaktadır. Farklı yöntemlerle bu maddelerin geri kazanımları sağlanabilmektedir. Bu çalışmada bazı modifikasyonlar yaparak ÖTL ve HDPE'yi belirlenen oranda karıştırılarak pirolizi ve ko-pirolizi gerçekleştirilmiştir. Ancak düşük sıcaklıklarda ÖTL miktarı fazla numunelerde katı ve gaz verimi yüksek iken, yüksek sıcaklıkta HDPE miktarı yüksek olan numunelerde pirolitik sıvı veriminin yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışma kapsamında KOİ giderimi hedeflenmiş ve BET analizine göre 700°C de ÖTL pirolizi sonucu adsorbsiyon için en verimli olan kok numunesi eldesi sağlanmıştır. Elde edilen kok numunesi ile 50°C'de 30 dakikada 0,5 g/100mL dozda KOİ %87 verim ile 700 mg/L'den 90

mg/L seviyelerine indirgenebilmiştir. Bu sonuç ÖTL pirolizi sıvı ve gaz ürünleri enerji eldesinde veya başka hammadde eldesinde değerlendirilirken katı piroliz ürünü olan kokun da iyi bir adsorban olarak arıtım çalışmalarında değerlendirilebilme potansiyeli olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmanın devamında malzemenin başka kirleticiler ve gerçek atıksu numunelerinde denenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca malzeme karakterizasyonunda başka fizikokimyasal parametrelerin ve adsorpsiyonda farklı aktivasyon koşullarının etkilerinin araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Mehmet Emin Birpınar, Funda Cihan, İstanbul'da Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Yönetimi, Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu 2009, 223.

[2] http://www.komutplastik.com/urunler/hdpe+yuksek+yogunluk+polietilen

[3] http://www.marmore.com.tr/kutuphane-karbon-siyahi

[4] LASDER, 2009

[5] Tuba Erşen, Dursun Pehlivan, Yüksek Yoğunluklu Polietilen–Odun Karışımlarının Birlikte Pirolizi <www.ukmk11.ogu.edu.tr/arsiv/ukmk9/>7-102.pdf

Fe^{+2}-H_2O_2 ve Fe^{+2}-PERBORAT İLE ASİDİK BOYA KAYNAKLI RENK GİDERİMİ

Mustafa YILMAZ[1], Kemal MUMCU[1], Emre CEYLAN[1], Mehmet TÜRKYILMAZ[2], Zehra GÖK[3], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
[3] *Selçuk Üniversitesi, Sarayönü MYO, Çevre Koruma Teknolojileri Bölümü, Konya*

ÖZET: Acid Yellow 194 boyasından kaynaklanan rengin farklı kimyasal maddelerle oksidasyon yöntemiyle giderim verimini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada sıcaklık, reaksiyon süresi, Fe^{+2}, H_2O_2 ve perborat dozlarının etkileri araştırılmıştır. Sonuçta oda sıcaklığında 10 mg/L başlangıç boya konsantrasyonunda 7 mg/L Fe^{+2} ve 2 g/L H_2O_2 dozlamasında 30 dakika reaksiyon süresinde % 87.4 giderim verimi elde edilmiştir. Sodyum perborat kullanılması halinde, 55^0C ortam sıcaklığında 10 mg/L başlangıç boya konsantrasyonunda 1 mg/L Fe^{+2} ve 9 g/L sodyum perborat dozlamasında 3 dakika reaksiyon süresinde % 95.5 giderim verimi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Acid Yellow, Kimyasal Oksidasyon, Hidrojen Peroksit, Sodyum Perborat.*

1. GİRİŞ

Endüstrinin gelişmesi ile birlikte tekstil, yün, ipek deri gibi farklı alanlarda oluşan ve boya içeren atıksular, renk ve organik maddenin yanı sıra, farklı toksik ve kanserojen maddeleri de içerebilmekte, doğaya bırakılması ile yeraltı ve yer üstü sularına karışmakta ve diğer doğal kaynaklar, insanlar, bitkiler ve çevreye zarar verebilmektedir. Bu atıksuların arıtımında kimyasal oksidasyon, biyolojik arıtım, adsorpiyon, membran kullanımı gibi pek çok alternatif yöntem bulunmaktadır (Malik, 2003; Behnajady ve ark., 2006; Modirshahla ve ark. 2007; Ahmad ve ark., 2010; Juang ve ark., 2013).

Sodyum perborat ağartma, leke çıkarma, ağız hijyeni, dekontaminasyon, sentetik organik kimya, çevre uygulamaları ve diğer birçok alandaki uygulamalarda yaygın şekilde aktif oksijen kaynağı olarak kullanılan, toksik olmayan, ucuz ve büyük ölçekli endüstriyel bir kimyasaldır (Karanukaran ve Manimekalai, 1991). Perborat H_2O_2'in tüm özelliklerine sahip olup, H_2O_2'ye göre daha güvenlidir ve oksidasyon sırasında pH tampon görevi gördüğünden perboratın H_2O_2 için iyi bir alternatif olacağı ifade edilmektedir (EBC, 2007; Sindelar ve ark., 2013). Fotolitik deneyler sonucunda sodyum perboratın 55 °C'nin üstünde aktif hale geldiği, sıcaklık artışı ile perboratın bulunduğu ortamda OH• radikallerinin fotokimyasal oluşumunu hızlandırarak ileri oksidasyona önemli katkılar sağladığı ifade edilmiştir (Baştan, 2010).

Fe^{+2}-hidrojen peroksitin belirli dozlarda düşük pH değerlerinde atıksulardan renk gideriminde yaygınlıkla kullanıldığı bilinmektedir (Behnajady ve diğ., 2007, Modirshahla ve diğ., 2007, Ruiz ve diğ., 2011). Bu çalışmada daha önce zeytin karasuyu ve organik madde gideriminde (Baştan, 2010; Sindelar ve ark., 2013) farklı formlarda kullanılan sodyum perborat

ve hidrojen peroksitin Fe^{+2} iyonlarıyla birlikte herhangi bir pH değişimi yapılmaksızın asidik boyadan kaynaklı renk gideriminde kullanılabilirliğinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışmada tekstil endüstrisinde kullanılan Acid Yellow 194 (AY194) boyası kullanılmıştır. AY194 yün, ipek, poliamid fiber ve deri boyama için kullanılabilmekte olan asidik bir boyadır ve kimyasal yapısı Şekil 1'de verilmiştir (URL-1, URL 2).

Şekil 1: Acid Yellow 194 boyası kimyasal yapısı

Laboratuar çalışmalarında saf su ile 10 mg/L boya çözeltisi hazırlanmış ve spektorofotometrik okumalarda 475 nm dalga boyu kullanlmıştır. 10 noktalı kalibrasyon grafiği hazırlanmış ve boya konsantrasyonu kalibrasyon denkleminden hesaplanmıştır.

2.2. Metot

Fe^{+2}-hidrojen peroksit ve Fe^{+2}-sodyum perborat ile renk giderimi çalışmalarında kesikli reaktör kullanılmıştır. Bu amaçla manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilen 100 mL hacminde behere 10 mg/L başlangıç konsantrasyonunda boya çözeltisi eklenmiş ve kimyasal madde ilavelerinden sonra öncelikle boya giderim verimine göre reaksiyon süresi belirlenmiş ve ardından kullanılan kimyasal maddeler için optimum dozlar tespit edilmiştir. Çözelti pH değerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

2.2.1. Fe^{+2} ve Hidrojen Peroksit Kullanımı

10 mg/L konsantrasyonunda boya numunesi içeren 100 mL hacminde beher manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilmiştir. Optimum reaksiyon süresinin belirlenmesi amacıyla 25^0C sıcaklığında sırasıyla 10 mg/L Fe^{+2} ve 2 g/L H_2O_2 ilave edilmiştir. Karıştırma işlemi başlatılmış ve belirli aralıklarla beherden örnekler alınarak spektrofotometrede ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 2'de görülmektedir. 30 dakika reaksiyon süresinde alınan örnekte % 85.6 boya giderim verimi elde edilmiş ve sonraki deneylerde bu süre esas alınmıştır.

Şekil 2: Zamana bağlı renk giderim verimi (10 mg/L Fe^{+2} ve 2 g/L H_2O_2 dozlama)

Optimum Fe^{+2} ve H_2O_2 dozlarının belirlenebilmesi amacıyla, ilk olarak Fe^{+2} 10 mg/L dozunda sabitlenmiş ve farklı H_2O_2 dozlaması yapılmıştır. 30 dk sonrasında tespit edilen sonuçlar Şekil 3'de verilmiştir. Optimum dozlama % 85.6 giderim ile 2 g/L olarak belirlenmiştir. İkinci olarak 2 g/L H_2O_2 dozlaması sabitlenmiş ve farklı Fe^{+2} dozlamaları yapılmıştır. Şekil 4'de de görüldüğü üzere en yüksek giderim verimi % 87.4 ile 7 mg/L Fe^{+2} dıozlamasında elde edilmiştir.

Şekil 3: H_2O_2 dozlarının renk giderimine etkisi (Başlangıç Fe^{+2} dozu: 10 mg/L)

Şekil 4: Fe^{+2} dozlarının renk giderimine etkisi (Başlangıç H_2O_2 dozu: 2 g/L)

2.2.2. Fe^{+2} ve Sodyum Perborat Kullanımı

10 mg/L konsantrasyonunda boya numunesi içeren 100 mL hacminde beher manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilmiştir. Optimum reaksiyon süresinin belirlenmesi amacıyla 25^0C sıcaklığında sırasıyla 10 mg/L Fe^{+2} ve 9 g/L sodyum perborat ilave edilmiştir. Karıştırma işlemi başlatılmış ve belirli aralıklarla beherden örnekler alınarak spektrofotometrede ölçümleri yapılmıştır. Ancak boya giderim verimi % 17 düzeyinde kalmıştır. Sodyum perboratın daha yüksek sıcaklıklarda hidrojen peroksit oluşturduğu göz önüne alınarak başlangıç boya çözeltisi sıcaklığı 55 ^{0}C'ye yükseltilmiş ve aynı işlemler tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5'de görülmektedir. 55^0C sıcaklığında 3 dakika reaksiyon süresinde alınan örnekte % 73.9 boya giderim verimi elde edilmiş ve sonraki deneylerde bu süre esas alınmıştır.

Şekil 5: Zamana bağlı renk giderim verimi (10 mg/L Fe^{+2} ve 9 g/L sodyum perborat dozlama)

Optimum Fe^{+2} ve H_2O_2 dozlarının belirlenebilmesi amacıyla, ilk olarak Fe^{+2} 10 mg/L dozunda sabitlenmiş ve farklı sodyum perborat dozlaması yapılmıştır. 3 dk sonrasında tespit edilen sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir. Optimum dozlama % 73.9 giderim ile 9 g/L olarak belirlenmiştir. İkinci olarak 9 g/L sodyum perborat dozlaması sabitlenmiş ve farklı Fe^{+2} dozlamaları yapılmıştır. Şekil 7'de de görüldüğü üzere en yüksek giderim verimi % 95.5 ile 1 mg/L Fe^{+2} dozlamasında elde edilmiştir.

Şekil 6: Sodyum perborat dozlarının renk giderimine etkisi (Başlangıç Fe^{+2} dozu: 10 mg/L)

Şekil 7: Fe^{+2} dozlarının renk giderimine etkisi (Başlangıç sodyum perborat dozu: 9 g/L)

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

AY194 boyasından kaynaklanan rengin farklı kimyasal maddelerle oksidasyon yöntemiyle giderim verimini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada sıcaklık, reaksiyon süresi, Fe^{+2}, H_2O_2 ve sodyum perborat dozlarının etkileri araştırılmıştır. Sonuçta oda sıcaklığında 10 mg/L başlangıç boya konsantrasyonunda 7 mg/L Fe^{+2} ve 2 g/L H_2O_2

dozlamasında 30 dakika reaksiyon süresinde % 87.4 giderim verimi elde edilmiştir. Sodyum perborat kullanılması halinde, 55^0 C ortam sıcaklığında 10 mg/L başlangıç boya konsantrasyonunda 1 mg/L Fe^{+2} ve 9 g/L sodyum perborat dozlamasında 3 dakika reaksiyon süresinde % 95.5 giderim verimi elde edilmiştir. Sodyum perborat özellikle yüksek sıcaklığa sahip tekstil atıksularında hidrojen peroksite alternatif olarak kullanılabilecek bir kimyasaldır. Toz olarak kullanılan sodyum perborat özellikle endüstrilerde arıtım aşamasında hem atıksuya eklenme kolaylığı hem de daha hızlı bir arıtım sağlaması nedeniyle tercih edilebilecek bir kimyasaldır.

KAYNAKLAR

Ahmad, R., Mondal, P.K., Usmani, S.Q., 2010. Hybrid UASFB-aerobic bioreactor for biodegradation of acid yellow-36 in wastewater, Bioresource Technology, 101, 3787-3790.

Baştan, S., 2010. Bor kullanarak zeytin karasuyunun arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

Behnajady, M.A., Modirshahla, N., Ghanbary, F., 2007. A kinetic model for the decolorization of C.I. Acid Yellow 23 by Fenton process, Journal of Hazardous Materials, 148, 1-2, 98-102.

Behnajady, M.A., Modirshahla, N., Hamzavi, R., 2006. Kinetic study on photocatalytic degradation of C.I. Acid Yellow 23 by ZnO photocatalyst, Journal of Hazardous Materials, 133, 1-3, 226-232.

European Chemical Bureau (ECB), 2007. European union risk assessment report: perboric acid sodium salt. Luxembourg, LUX. pp. 1–168.

Juang, Y., Nurhayati, E., Huang, C., Pan, J.R., Huang, S., 2013. A hybrid electrochemical advanced oxidation/microfiltration system using BDD/Ti anode for acid yellow 36 dye wastewater treatment, Separation and Purification Technology, 120, 289-295.

Karunakaran, C. ve ManimekaIai, P., 1991. Kinetics and mechanism of perborate oxidation of organic sulphides, Temhedron, 47, 41, 8733-8738.

Malik, P.K., 2003. Use of activated carbons prepared from sawdust and rice-husk for adsorption of acid dyes: a case study of Acid Yellow 36, Dyes and Pigments, 56, 3, 239-249.

Modirshahla, N., Behnajady, M.A., Ghanbary, F., 2007. Decolorization and mineralization of C.I. Acid Yellow 23 by Fenton and photo-Fenton processes, Dyes and Pigments, 73, 3, 305-310.

Ruiz, E.J., Arias, C., Brillas, E., Hernandez-Ramirez, A., Peralta-Hernandez, J.M., 2011. Mineralization of Acid Yellow 36 azo dye by electro-Fenton and solar photoelectro-Fenton processes with a boron-doped diamond anode, Chemosphere, 82, 4, 495-501.

Sindelar, R.H., Brown, T.M., Boyer, H.T., 2013. Evaluating UV/H_2O_2, UV/percarbonate, and UV/perborate for natural organic matter reduction from alternative water sources, Chemosphere,Volume 105, June 2014, Pages 112–118

URL-1 <http://aciddyes.in/acid-yellow-194/>, alındığı tarih: 15.04.2017.

URL-2 <http://win-chemical.lookchem.com/products/CasNo-73507-73-0-Acid-Yellow-194-5053683.html>, alındığı tarih: 15.04.2017.

ARABA YIKAMA ATIKSUYUNUN GERİ KAZANIMI

Aycan ULUSOY[1], Emre EVYAPAN[1], Yusuf ÇÜRÜK[1], Selim DOĞAN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
sdogan@selcuk.edu.tr

ÖZET: Araç yıkama atıksularından kaynaklanan atıksuyun karakteristik özellikleri evsel nitelikli atıksulara benzemekle birlikte başlıca kirleticiler (AKM, KOİ) açısından orta kirlilikte konsantrasyon görülmektedir. Oto yıkama atıksuyunda gideriminin sağlanması gereken en önemli parametre yüzey aktif maddedir. Yüzey aktif maddeler, araç yıkamada kullanılan deterjan, sabun vb. temizlik için kullanılan kimyasallardan oluşup; korozyon, yağlanma, yapışma ve anti statik durum oluşturarak giderim veriminin düşmesine neden olurlar. Araç yıkama atıksuyunda dezenfektan olarak kullanılan klor ise geri kazanılmış suda tuz oluşturarak korozyona sebep olur ve suyun tekrar kullanımını sınırlar. Araç yıkama atıksuyunun geri kazanılması sonucu oluşan temiz su estetik açıdan iyi, kirliliği giderilmiş ve suyun kalitesini tehdit eden yapılardan arındırılmış olmalıdır. Diğer bir önemli konu ise suyu kullanan kişilerin ve araçların arıtılmış sudan herhangi bir zarar görmemesidir. En önemli sonuç ise su kullanımının azaltılması, arıtılmış suyun tekrar kullanılarak su kaybının ve aşırı su kullanımının engellenmesi, doğaya ve çevreye zararsız formda deşarj edilmesi ve su kütlelerinin korunmasıdır.

Anahtar Kelimeler: *Oto yıkama, yüzey aktif madde, geri kullanım*

FLORİDA'NIN DBHYRO VERİTABANI VE KURAKLIK ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI

Pelin YÜKSEL[1], Kübra SARISAÇ[1], Selim DOĞAN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
sdogan@selcuk.edu.tr

ÖZET: DBHYDRO; ABD'nin Florida eyaleti güney su yönetim bölgesinin (SFWMD) veri tabanıdır. Bu veri tabanında hidrolojik, hidrojeolojik, meteorolojik ve su kalitesi verileri bulunmaktadır. Ayrıca 16 farklı yerleşim birimi için geçmişten günümüze çevre verisi bir kaynak niteliğindedir.
DBHYRO Browser arayüzü kullanılarak arama yapılan bölgeyle ilgili veri tabanı sorgulanabilir. Ölçüm verilerinin yanında istasyona ait coğrafi bilgiler de alınabilir. Web haritası üzerinde seçilen bölgede aynı işlemler kolaylıkla yapılabilir. Gerekli seçimler oluşturulduktan sonra farklı zaman serileri veya aralıkları için her istasyonda farklı sorgulamalar yapılabilir. Sorgulanan veriler yapılacak analize uygun dosya formatlarında kaydedilebilmektedir. Çeşitli şekillerde veri türünü bünyesinde barındıran DBHYRO ile minimum maksimum değerler, dağılımlar, zamansal normaller, aylık ve yıllık özet tablolar gibi farklı veri türlerine çevrimiçi olarak dünyanın her yerinden ücretsiz bir şekilde erişim sağlanabilmektedir. Florida eyaleti için kuraklık analizi bu verileri kullanarak etkin ve doğru bir şekilde yapılabilir. Farklı kuraklık indeksleri hesaplanarak karşılaştırmalar yapılabilir. Çünkü kuraklığın belirlenmesinde ve takibi için tek bir kuraklık indeksine bağlı kalmak doğru olmayabilir. Güvenilirliği kanıtlanmış olan çeşitli kuraklık indeksleri ile durum netleştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: *DBHYDRO, kuraklık, meteorolojik veri, hidrolojik veri, veritabanı*

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜNDE $PM_{2.5}$ ÖLÇÜLMÜ

Onur TÜFEKÇİOĞLU, Rafet Emre YAYLACI, Emre ÜNSAL, Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya
onrtufekcioglu92@gmail.com, remre72@gmail.com, sdursun@selcuk.edu.tr

ÖZET: Çevre Mühendisliği Uygulamaları dersi kapsamında Selçuk Üniversitesi Kampüsü içerisindeki havada asılı partikül madde konsantrasyonunu belirlemek üzere, kampüs alanı içerisinde 40 farklı dış ölçüm noktası ve 9 farklı kapalı ortamda yapılan ölçümler için 0.1-10 mikrometre boyutundaki havada asılı partikül maddelerin konsantrasyonlarını belirleyebilen TermoAndesen*p*DR-1000AN *personal* Data Ram (Gerçek zamanlı Aerosol Ölçüm Cihazı) ile havada asılı olan partikül madde konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Her noktadan üç farklı değer ölçülmüştür ve bunların ortalaması alınıp grafiği oluşturulmuştur. Farklı zaman dilimlerinde ölçülen bu değerler hafta içi (sabah ve akşam) ve hafta sonu olarak üç farklı kategoride değerlendirilmiştir. Ölçümler sonucunda havada asılı partikül madde konsantrasyonlarının gün ve hafta içerisinde değişiklik gösterdiği gözlenmiştir. Ölçülen partikül madde konsantrasyonlarının taşıt yolları yakınları, bina yakınlarında fazla olduğu belirlenmiştir. Atmosferdeki partikül maddelerin kaynakları toprak, çöl, deniz, bataklık, volkan v.b. doğal kaynaklar ile fosil yakıt yakılması, endüstri v.b. insan kaynaklı olup bunların etki oranları bölgesel olarak değişebilir. Hızla artan sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak fosil yakıt tüketiminin artması dünyanın birçok bölgesinde atmosferdeki PM konsantrasyonlarının yükselmesi sonucunu getirmiştir. Genellikle şehir atmosferindeki PM konsantrasyonlarının büyük bir kısmından bu tür kaynaklar sorumludur.

Anahtar Kelimler: *Partikülkül madde, Selçuk Üniversitesi Kampüs, gerçek zamanlı aerosol ölçüm cihazı*

1. GİRİŞ

Havada bulunan partikül maddeler (PM), önemli çevresel etkileri dolayısıyla izlenmesi ve kontrol edilmesi gereken bir hava kirletici grubudur. Özellikle havada uzun süre askıda kalabilen 10 mikrondan küçük partiküller (PM_{10}) ve solunum yollarına ulaşabilecek büyüklükteki partiküller ($PM_{2,5}$) son yıllarda çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. PM'nin belirlenen en önemli çevresel etkileri arasında solar enerji ve görüş mesafesini düşürmeleri, güneş ışığını azaltmaları dolayısıyla çeşitli tarım ürünlerinin rekoltesini düşürmeleri, hava-su transferi ile sucul ekosistemleri etkilemeleri, uzun mesafe taşınımları ile deniz ekosistemini etkilemeleri, yüksek konsantrasyonlarda solunuma bağlı şikâyetlere yol açmasıdır. Ayrıca, atmosferde PM varlığı astım atakları, öksürük, solunum yolu tahrişi, solunum güçlüğü, kronik bronşit, cenin ölümleri yaratma gibi sağlık etkilerine neden olabilir.

Atmosferdeki partikül maddelerin kaynakları toprak, çöl, deniz, bataklık, volkan v.b. doğal kaynaklar ile fosil yakıt yakılması, endüstri v.b. insan kaynaklı olup bunların etki oranları bölgesel olarak değişebilir. Hızla artan sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak fosil yakıt tüketiminin artması dünyanın birçok bölgesinde atmosferdeki PM konsantrasyonlarının yükselmesi sonucunu getirmiştir. Genellikle şehir atmosferindeki PM konsantrasyonlarının büyük bir kısmından bu tür kaynaklar sorumludur.

Bu çalışmanın amacı Selçuk Üniversitesi Kampüs alanında havada asılı partikül madde konsantrasyonlarının ölçülmesi ve değerlerin hafta içerisindeki değişiklerinin saptanmasıdır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada kullanılan havada asılı partikül madde ölçüm analiz cihazı TermoAndesen*p*DR-1000AN *personal* Data Ram (Gerçek zamanlı Aerosol Ölçüm Cihazı)dır .

Cihaz pil ile, elektrikle ve şarj edilebilir batarya ile kullanılabilmektedir. Şarj cihazının doluluğu ekrandan görülebilmektedir. Cihazın hafızası 13,000 veriyi kaydedebilme özelliğinde, bu veriler silinerek anında yeni veriler kaydedilebilmektedir. Atmosferik ortamda asılı bulunan, insan tarafından solunabilir boyuttaki katı ve sıvı maddeleri sürekli olarak ölçme ve kaydetme özelliğine sahiptir. Cihaz bir hava pompasına ihtiyaç duymadan doğrudan havada mevcut partiküllerin ölçümü esasına dayanır.

Şekil 1: TermoAndesen*p*DR-1000AN *personal*Data Ram cihazı

Şekil 2: Ölçüm yapılan noktalar

Ölçümlere başlanmadan önce cihazı kalibre etmek gereklidir. Bunun için sıfır ölçümünün yapıldığı özel torbanın fermuarı açılarak içindeki hava boşaltılır ve cihaz torbaya konularak fermuar kapatılır. Daha sonra torbanın üzerindeki hava giriş kısmına cihazla birlikte gelen el pompası yerleştirilir. Cihaz torbanın içinde iken çalıştırılır ve sıfır okuma noktası seçilir. Bünyesinde bir filtresi de bulunan el pompası ile yaklaşık 1 dakika hava gönderilir. Cihaz sıfırlama işlemini yaptıktan sonra ekranda CALİBRATİON: OK görünür. NEXT tuşu ile ölçüm aşamasına geçilir. Ölçüm aşamasında ekranda iki seçenek görünür START RUN: ENTER (doğrudan ölçüme geçmek için) ve READY: NEXT (parametre değiştirmek veya kurmak için) tuşuna basılır. Cihaz ölçüm sonuçlarını mg/m^3 cinsinden konsantrasyon (CONC) olarak gösterir. Ölçümü sonlandırmak için EXIT veya ON/OFF tuşlarına basılabilir.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Tablo 2: Kampüs içinde belirlenen noktalarda yapılan ölçüm sonuçları

Nokta	Hafta İçi Değer CONC(mg/m^3)			H.Sonu Değer CONC(mg/m^3)
	Sabah	Öğle		Sabah
1.1	0,315	0,16		0,046
1.2	0,262	0,192		0,054
1.3	0,165	0,191		0,040
2.1	0,440	0,106		0,057
2.2	0,128	0,123		0,051
2.3	0,116	0,115		0,024
2.4	0,130	0,129		0,030
3.1	0,115	0,091		0,058
3.2	0,112	0,220		0,092

3.3	0,112	0,203		0,031		
3.4	0,090	0,142		0,020		
4.1	0,110	0,057		0,034		
4.2	0,140	0,150		0,060		
4.3	0,175	0,165		0,102		
4.4	0,170	0,180		0,131		
4.5	0,045	0,195		0,039		
4.6	0,035	0,123		0,047		
4.7	0,033	0,130		0,049		
5.1	0,116	0,064		0,048		
5.2	0,130	0,063		0,054		
Nokta	**Hafta İçi Değer CONC(mg/m^3)**			**H.Sonu Değer CONC(mg/m^3)**		
	Sabah	Öğle		Sabah		
5.3	0,148	0,061		0,055		
5.4	0,172	0,050		0,026		
5.5	0,245	0,070		0,140		
5.6	0,183	0,072		0,036		
5.7	0,054	0,136		0,150		
6.1	0,175	0,061		0,034		
6.2	0,190	0,077		0,078		
6.3	0,170	0,045		0,091		
6.4	0,155	0,086		0,095		
6.5	0,126	0,067		0,110		
6.6	0,086	0,097		0,020		
6.7	0,024	0,136		0,106		
7.1	0,115	0,077		0,039		
7.2	0,110	0,059		0,031		
7.3	0,106	0,070		0,038		
7.4	0,130	0,060		0,068		
7.5	0,074	0,067		0,085		
8.1	0,224	0,067		0,04		
8.4	0,281	0,071		0,090		
9.6	0,100	0,076		0,057		

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Selçuk Üniversitesi Kampüs alanında partikül madde konsantrasyonlarının değişimleri incelenmiştir. Sonuçlar partikül madde konsantrasyonlarının gün ve hafta içerisinde değiştiğini göstermiştir. Havada asılı partikül madde konsantrasyonunun taşıtların kullandığı yollar ve insan yoğunluğunun fazla olduğu fakülte binaları gibi alanlarda fazla olduğu, taşıt yolu bulunmayan ve binaların çok olmadığı bölgelerde az olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca taşıt hareketliliğinin ve insan yoğunluğunun az olduğu sabah saatleri ve hafta sonunda da havada asılı partikül madde konsantrasyonlarının az olduğu görülmüştür. Havada bulunun partikül maddenin kaynaklarının tam olarak belirlenebilmesi için havadaki partikül maddenin sadece konsantrasyonlarının değil elementel içeriklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Partikül maddenin elementel içeriği esas alınarak, çeşitli istatistiksel metot ve

modeller kullanılarak kaynaklar ve bunların konsantrasyonlara katkısı hakkında bilgi edinmek mümkündür

Tablo 3: Kampüs içinde belirlenen kapalı ortamlarda yapılan ölçüm sonuçları

Nokta	**Hafta İçi Değer CONC(mg/m^3)**					
	Saat					
Ç-4	10:33	0,052				
	10:38	0,035				
	10:43	0,025				
	10:48	0,020				
	10:53	0,013				
	10:58	0,021				
	11:03	0,021				
Gökkuşağı	12:20	0,218				
	12:25	0,280				
	12:30	0,335				
	12:35	0,388				
	12:40	0,205				
	12:45	0,201				
	12:50	0,273				
	12:55	0,259				
	13:00	0,260				
	13:30	0,293				
	13:35	0,330				
	13:40	0,293				
	13:45	0,253				
	13:50	0,271				
	13:55	0,294				
	14:00	0,288				
Poliklinikler Giriş	13:05	0,195				
D Blok Bekleme Alanı	13:10	0,145				
Ameliyathane Bekleme Koridoru	13:13	0,109				
B Blok Bekleme Alanı	13:15	0,119				
Poliklinikler B Blok Giriş	13:17	0,210				
E Blok Bekleme Alanı	13:20	0,146				
Acil Bekleme Salonu	13:23	0,102				

KAYNAKLAR

Akkurt A., "Bursa Şehir Merkezindeki Hava Kirletici Kaynakları ve Miktarları", Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Uludağ Üniversitesi, 2000.

Chaloulakou A., Kassomenos P., Spyrellis N., Demokritouc P., Koutrakis P. (2003):: "Measurements of PM10 and PM2,5 Particle Concentrations in Athens, Greece", Atmospheric Environment, 37, sf. 649-660.

Karaca F, Alagha O, Erturk F (2005) Statistical characterization of atmospheric PM10 and PM2.5 concentrations at a non-impacted suburban site of Istanbul, Turkey. Chemosphere 59, 1183-1190

Marcazzan M.G., Vaccaro S., Valli G., Vecchi R. (2001): "Characterization of PM10 and PM2,5 Particulate Matter in the Ambient Air of Milan (Italy)", Atmospheric Environment 35, sf. 4639-4650.

Müezzinoğlu A., "Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları", Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, 1987, 165-167.

Odabaşı M., Müezzinoğlu A., Bozlaker A. (2002): "Ambient Concentrations and Dry Deposition Fluxes of Trace Elements in Izmir, Turkey", Atmospheric Environment, 36, sf. 5841-5851.

Querol X, Alastuey A, Ruiz CR, Artíñano B, Hansson HC, Harrison RM, Buringh E, Ten Brink HM, Lutz M, Bruckmann P (2004) Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in selected European cities. Atmospheric Environment 38, 6547-6555.

Sofuoğlu, S. Aslan G., "An assesment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools", Atmospheric Enviroment, volume:44, issues:1-10,(2010) s:36-46

Sun Y., Zhuang G., Wang Y., Han L., Guo J., Dan M., Zhang W., Wang Z., Hao Z. (2004): "The Air-borne Particulate Pollution in Beijing-Concentrations, Composition, Distribution and Sources", Atmospheric Environment 38, sf. 5991-6004.

URL-1 <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html

URL-2<http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr

URL-3<https://en.wikipedia.org/wiki/Particulates

Vardoulakis S, Kassomenos P (2008) Sources and factors affecting PM10 levels in two European cities: Implications for local air quality management. Atmospheric Environment 42, 3949-3963.

Yatkın S., Bayram A. (2005): "Measurements of Some Air PollutantsAround a CementPlant inIzmir, Turkey", 1st International Conference on Combustionand Air Pollution (CAPAC), 2005, Ankara, Turkey.

KİMYASAL ÇÖKTÜRME VE OKSİDASYON İLE SIZINTI SUYU ARITIMI

Büşra ÇİL[1], Aziz KILIÇASLAN[2],Hakan Salih ÖZDEMİR[3], Havva ATEŞ[4], Mehmet Emin ARGUN[5]
[1,2,3,4,5]Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA
[1]busracil1993@hotmail.com, [5]argun@selcuk.edu.tr

ÖZET: Katı atık depolama sahalarından biyolojik ve kimyasal olarak kirletici içeriği yüksek atıksuların oluştuğu bilinmektedir. Bu çalışmada sızıntı suyunun arıtımı için kimyasal ön arıtım ve ileri oksidasyon yöntemleri kullanılmıştır. Sızıntı suyunun kimyasal ön arıtımı pH 6 da 3,44 g L^{-1} $FeCl_3$ ile koagülasyon ve flokülasyon işlemi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ön arıtımın sonrasında KOİ giderim verimini arttırmak için ileri oksidasyon olarak Fenton prosesi kullanılmıştır. Bu proseste Fe^{+2}, H_2O_2 ve pH parametrelerinin optimum değerleri araştırılmıştır. Optimizasyon çalışmaları sonucunda pH, H_2O_2 ve Fe^{+2} dozu sırasıyla 2, 3, 5000 mg L^{-1} ve 250 mg L^{-1} olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında KOİ giderim verimi %88,6 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Kimyasal Ön Arıtım, İleri Oksidasyon, Sızıntı Suyu, KOİ giderimi.*

TÜRKİYE'NİN ULUSLARARASI SU POLİTİKALARI: SINIRAŞAN SULAR KONUSUNDA SORUNLU ALANLAR

Aybüke KAZAK, Süheyla TEKELİOĞLU, Bilgehan NAS
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 42079
aybukekazak@gmail.com , suheylatekelioglu@gmail.com ,

ÖZET: Su sorunu ve su kıtlığı, günümüzde küresel bir fenomen haline gelmiştir. Bu nedenle su politikalarının devletler tarafından işbirliği içerisinde yönetimi gittikçe önemli bir hal almaktadır. Türkiye'nin sahip olduğu, nispeten sınırlı su kaynaklarının önemli bir bölümünün sınıraşan sular olarak adlandırılan su kaynaklarından meydana gelmesi de, Türkiye için su politikalarında işbirliğinin önemini bir kat daha arttırmaktadır. Ancak tarihsel olarak Fırat ve Dicle nehirlerinin kullanımı konusunda Suriye ve Irak ile yaşanan sorunlar, günümüzde de farklı siyasi ve ekonomik sorunlar ile birlikte devam etmektedir. Bu konudaki en büyük problem olarak sınıraşan sular konusunda bağlayıcı ve kapsayıcı uluslararası hukuk düzenlemelerinin bulunmaması gösterilebilir. Bununla beraber, Türkiye'nin AB üyelik süreci ve su sorunlarının çözümüne yönelik etkin politikalar üretememesi diğer dezavantajlar olarak gösterilebilir.

Anahtar Kelimeler: Sınıraşan sular, su kaynakları, su kıtlığı

ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE BELGESELLER

Aysel Hilal PEKGÖZ, Yılda GENÇ, Bilgehan NAS
Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 42079
buminul@gmail.com, gencyelda.93@gmail.com

ÖZET: Çevre, insanların ve diğer canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde bulundukları fiziki, biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortamdır. Çevre kirliliği, doğal kaynakların yanlış ve aşırı kullanılması nedeniyle dünya dengesinin bozulması olarak tarif edilebilir. Dünyadaki bütün ülkelerin ortak problemi olan çevre kirliliği, gürültü kirliliği, hava kirliliği, toprak kirliliği ve su kirliliği; canlıların dolayısı ile ekosistemlerin düzen ve dengesini sağlayan çevrenin kirlenip, harap olmasına sebep olmaktadır. Gelişen endüstriyel sektör, artan dünya nüfusu ve insan aktiviteleri sonucu çevre kirliliği her geçen gün hızla artmaktadır. Ekosistemlerin devamlılığı, sağlıklı ve yaşanabilir bir ortam olması ve gelecek canlı nesillerinin daha kötü şartlarla başbaşa kalmamaları için birey bazından başlanılarak ülkeler arasında yapılacak anlaşmalar dahil her seçenek titizlikle değerlendirilmelidir. Bireysel olarak bilinçlenmenin yanında artık daha kollektif çözümler bularak bunlara hayata geçirmemiz bir zorunluluk haline gelmiştir. Bununla beraber; bilinçlenmenin dünya genelinde artırılabilmesi için medyanın kullanılması da alternatifler arasında düşünülmelidir. Buradan hareketle, bu çalışmada küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevre konularını işlemiş olan belgeseller ve filmler taranmıştır. Gerek konusu gerekse konunun işleniş biçimi açısından kapsamlı bir belgesel olan, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Elçisi olan Leonardo DiCaprio tarafından yapımcılığı üstlenilen 'Before The Flood' belgeselinin izlenilmesinin çok faydalı olacağına karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Çevre kirliliği, ekosistem, iklim değişikliği, küresel ısınma*

POSTER SUNUMLAR

ARSENİK; SAĞLIK ETKİLERİ ve SULARDAN GİDERİM YÖNTEMLERİ

Emre MERİÇ
Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, AKSARAY
meric_emre55@hotmail.com

ÖZET: İçme sularında arsenik kirliliği hem kanserojen etkileri hem de diğer sağlık etkilerinden dolayı ciddi bir halk sağlığı sorunu olmaya devam etmektedir. İnsanların arseniğe maruz kalmasında ana kaynak içme sularıdır. Arsenik, içme sularında düşük konsantrasyonlarda bile kronik hastalıklara ve ölüme sebep olabilir. Kirlenmiş içme sularından arsenik giderimi için uygulanabilir birçok teknoloji bulunmaktadır. Bu teknolojilerin bir kısmı geleneksel arıtım yöntemleridir. Bu teknolojiler içme sularından arsenik giderimini geliştirmek için uygun hale getirilmektedir. Arsenik dört oksidasyon basamağında (-3, 0, +3, +5) oluşabilir ancak içme sularında yaygın iki baskın arsenik basamağı +3 değerlikli arsenik ve +5 değerlikli arseniktir. +3 değerlikli arseniğin giderim verimliliği +5 değerlikli arsenikten daha düşüktür. Bu nedenle daha iyi bir arıtım için arsenitin arsenata oksidasyonunu sağlayan bir ön arıtma yöntemi kullanılır. Bu derlemede geleneksel ve alternatif teknolojiler arsenik giderimi ile ilişkili olarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *İçme suyu, arsenik giderimi, giderim yöntemleri, çöktürme teknolojileri.*

1. GİRİŞ

Arsenik yeryüzünde geniş dağılımı olan, doğal olarak bulunan bir elementtir. Doğada serbest halde az miktarda olsa da arseniği, arsenit ve arsenat filizleri şeklinde içeren mineraller daha yaygındır (Öztel, 2012). Doğal yollarla arseniğin, bağlı olduğu kayaçlardan, minerallerden ve maden filizlerinden çözünmesi ile su ortamına geçmesi mümkündür. Antropojenik olarak ise metal sanayi, cam ve seramik endüstrisi, lastik üretimi, boya sanayi (matbaa mürekkebi, tekstil boyaları), petrol rafinasyonu, organik ve inorganik kimya sektörleri gibi arsenik içeren atıkların çıktığı ve yeterince kontrol edilmediği endüstriler arsenik kirliliğine neden olabilirler. Arsenik toksik özellikte bir madde olup toksisite derecesi, arsenik bileşiklerinin kimyasal ve fiziksel şekline, vücuda girişine, alınan miktarına ve alınma süresine, gıda içindeki reaksiyonu etkileyen elementlerin varlığına, yaş ve cinsiyete bağlıdır. Organik arsenik vücuttan kolaylıkla atılabildiği ve sağlığa etkileri önemsiz olduğundan arıtma işlemleri inorganik arseniğin giderimine yöneliktir. İnorganik arsenik bileşikleri ve değerlikleri, redoks koşullarına ve suyun pH'na bağlı değişmekte ve genel olarak, arsenat (As^{5+}) formunda yüzeysel sularda, arsenit (As^{3+}) olarak yeraltı sularında görülmektedir. Toksisite etkisi bir kerede yüksek dozda arsenik alımını takiben kısa sürede "akut" toksisite şeklinde ortaya çıkabileceği gibi, küçük dozlarda çok uzun süreli alınarak, etkilerinin uzun süreler sonunda ortaya çıktığı "kronik" toksisite şeklinde görülür. Su kullanımı suretiyle akut toksik etkiye maruz kalma çok sık rastlanan durum değildir. Buna karşın, uzun süreler dü- şük dozlarda alım daha fazla görülmektedir. Kronik etki gösteren bu durum arsenikli suların uzun süre içilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte,

arsenikli suların içilmesi ile hastalık belirtilerinin ne sürede ortaya çıktığına ilişkin tam bir belirleme yoktur, ancak bazı tahminler vardır. Örneğin 10 yılı geçkin süre ile arseniğe maruz kalınması sonucunda ortaya çıkabilecek belirtiler olabileceği gibi, bazı kanser türlerinin gelişebilmesi için 20 yıl gibi bir süre geçmesi gerekebileceği de belirtilmektedir. Ülkemizde 2005 yılına kadar arsenik parametresi ile ilgili uygulanan yasal düzenleme Türk Standartları Enstitüsü'nün İçme ve Kullanma Sularına İlişkin Standartları (TS 266)'dır. Bu standarda göre maksimum arsenik miktarı 50 µg/L'dir. WHO ve EPA'nın arsenik standartlarına ilişkin yaptığı düzenlenmeler ülkemizde de benimsenmiş; içme ve kullanma suları hakkında geçerli olan 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik" kapsamında arsenik parametresinin maksimum konsantrasyonu 10 µg/L olarak açıklanmıştır (Resmi Gazete 25730, 2005). Yönetmelik, yapılan düzenlemenin uygulanması için üç yıllık bir zaman öngörmüş ve bu sürenin sonunda içme ve kullanma amaçlı kullanılacak suların maksimum arsenik konsantrasyonunu 10 µg/L olacak şekilde gerekli önlemlerin alınmasını zorunlu kılmıştır. Yapılan düzenlemeler ülkemiz özelinde de arsenik kirlenmesine karşın önlemler alınmasını gerekli kılmıştır. Özellikle Batı ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki bazı yerleşimlerimizde jeolojik oluşumlara bağlı olarak standardın üzerinde arsenik konsantrasyonları ölçülmüştür. 2006 yılından bu yana Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nce yapılan envanter çalışmalarında da ülkemizde inorganik arsenik bakımından zengin coğrafyalar olduğuna değinilmiş ve özellikle Kütahya-Emet-Hisarcık Havzası ile Nev-şehir Havzasında ölçülen yüksek arsenik miktarlarına (20-200 µg/L) dikkat çekilmiştir. Türkiye'de arıtılan suyun yaklaşık %97'si konvansiyonel tesislerde işlem görmektedir. Konvansiyonel arıtma tesisleri kimyasal arıtma, çö- keltim, kum filtrasyonu ve dezenfeksiyon ünitelerini içermektedir. Belirtilen üniteler özelinde ülkemizde önemli bilgi birikimi ve deneyimi oluştuğu için sunulan makalede de arsenik arıtımında özellikle bu tür tesislerde ne yapılabileceğine ve dolayısıyla kimyasal arıtma ünitelerine odaklanılmıştır. Böylelikle bir taraftan ülkemiz koşullarında iyi bilinen sistemlerin arsenik arıtımında kullanılabilirliği irdelenmiş; ayrıca arsenik giderimi amacıyla mevcut tesislerde yapılabilecek modifikasyonlar veya iyileştirmeler tartışılmıştır.

2. SAĞLIK ETKİLERİ

İnsanların arseniğe maruziyeti: arsenik içeren gıdalar, içme suyu ve hava sebebiyle meydana gelmektedir. Ancak en etkin maruziyet içme ve kullanma suları ile olmaktadır. Uzun süre arsenik alımı sonucu insanlara mide bağırsak, karaciğer, böbrek, kalp rahatsızlıkları ile nörolojik, dermal, hemapoietik, reme ve kanserojenik hastalıkları meydana geldiği bilinmektedir. Dünya sağlık örgütünün yaptığı araştırmalar içme suyu µg /L den fazla arseniğe maruz kalan insanlarda kansere yakalanma riskinin 1/100 olduğu saptanmıştır. Arsenik, birçok üründe bulunmakla birlikte, özellikle de önemli olarak gıda ürünleri karşımıza çıkmaktadır. Bu gıda ürünleri incelendiği takdirde ise, deniz ürünleri, kümes hayvanları ve mantarda bulunduğu anlaşılmıştır. Günlük tavuk tüketilmesi durumunda 21-30 µg arsenik alınmaktadır.

Kalitesiz ve denetimi olmayan makyaj ve boya malzemelerinden mümkün olduğunca uzak durulmalıdır. Çin'de üretilen çoğu oyuncaklarda bulunduğu bilinmektedir. Vücutta olması gereken miktardan fazla alınan arsenik; karın ağrısı, kusma, bulantı ve boğazda yanma hissi gibi hastalıklar ortaya çıkar. Yüksek miktarda alınan arsenik kalp yetmezliğine, dolaşım bozukluğuna ve sonunda ölüme neden olmaktadır. Kronik zehirlenme, ciltte kansere benzeyen oluşumlar, sinir sisteminin işlevinin bozulması, ilerleyici halsizlik ve yorgunluk, bilinçte bozulma, dışkılama ve işeme sorunları, tırnak çizgilenmeleri ve hatta ardından ölümle sonuçlanabilir. Bu yüzden yukarıda belirtilen hastalık yapan malzemeleri kullanmaktan kaçınılmalıdır. Metal ayrıştırma, pestisidler, herbisidler, piller, kablolar, mil yatakları gibi kullanım alanları vardır. Bulaşma yolları arasında kaynak suları, süttozu, soya sosları, su ürünleri (biyobirikim) besin katkıları ve sigara sayılabilir. Solunduğunda güçlü bir karsinojen (kanser yapıcı) olan arsenik, bağırsaklar ve karaciğer üzerinde yüksek derecede tahribata neden olur (Öztel, 2012)

3. SULARDAN ARSENİK GİDERİMİNİN İNCELENMESİ

Arsenik, doğal süreçler ve antropejenik faaliyetler sonucu oluşan, insan sağlığı açısından risk oluşturan, üzerinde önemle durulması gereken bir su kirleticisidir. Çeşitli şekillerde (temas, besin zinciri) insanlara ulaşması sonucu arsenik , derişim ve birikim yerine bağlı olarak cilt, mesane, akciğer ve böbrek kanserlerine neden olmaktadır. WHO, bu riskleri dikkate alarak içme ve kullanma sularında arsenik konsantrasyonun 10 ppb seviyesinde olmasını tavsiye etmiştir . Su arıtımında başlıca arsenik giderim yöntemleri; kimyasal

çöktürme, adsorpsiyon, membran arıtma sistemleri, demir mangan oksidasyonu ve kireçle yumuşatmadır.

3.1. Oksidasyon / Filtrasyon

Arseniğin arıtımında kimyasal formu önemli olmaktadır. Yeraltı suyunda arsenik genellikle arsenit (As^{3+}) olarak bulunduğu için, sudan etkin biçimde uzaklaştırılabilmesi amacıyla öncelikle arsenat (As^{5+}) formuna dönüştürülmesi gereklidir. Arsenata yükseltgenme işlemi, yükseltgeyici madde (oksidan) ilavesi ile arıtma prosesinin başında gerçekleşir. Oksidasyon ile sudaki arsenik giderilmez, ancak arsenitin arsenata yükseltgenerek takip eden süreçlerde (kimyasal çöktürme, filtrasyon, membran süreçler, vb.) uzaklaştırılması sağlanır. Arsenik oksidasyonu için gaz veya sıvı klor, permanganat, hidrojen peroksit, ozon ve fenton oksidasyonu etkindir. Oksidan seçimi kullanılacak arıtma yöntemi, tesisin kapasitesi, maliyet, suda bulunabilecek diğer maddelerle etkileşim gibi özellikler göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Oksidasyon/Filtrasyon (OF) içme suyunda demir ve mangan giderimine yönelik olarak kullanılan bir sistemdir. Proses, özellikle yeraltı sularında çözünmüş formda bulunan demir ve manganın oksidasyonu ile çökelebilir bileşiklerin oluşması ve ardından filtrelerde bu bileşiklerin tutulması prensibiyle çalışmaktadır. Suda arsenik bulunduğunda ise öncelikle çözünmüş demir ve arsenik (As^{3+}) okside olmakta, ardından arsenik (As^{5+}) demir hidroksit bileşiklerine adsorplanarak filtrelerde tutulmaktadır.

3.2. Konvansiyonel Koagülasyon/ Filtrasyon (KF)

KF işlemi sudaki katı maddelerin ve kolloidlerin uzaklaştırılması için kullanılan bir yöntemdir. İşlemin koagülasyon aşamasında, tanecikler yumak oluşturacak şekilde bir araya gelir, oluşan yumaklar çökeltim havuzlarında ve/veya granüler malzemenin bulunduğu konvansiyonel filtrelerde tutularak sudan uzaklaştırılır. Kullanılan koagülan, taneciklerin bir araya gelmesini engelleyen yükleri nötralize ederek itme etkisini azaltır ve taneciklerin yumak oluşturmasını kolaylaştırır. En yaygın kullanılan koagülanlar demir ve alüminyum tuzlarıdır. Uygun işletme koşullarında demir veya alüminyum tuzları ile çok yüksek oranda (> %90) arsenik giderimi elde edilebilmekte ve arsenik konsantrasyonu 1 µg/L seviyesinin altına inebilmektedir. Alum, demir klorür ve demir sülfatın koagülan olarak kullanıldığı koşullarda

As^{5+} gideriminin daha etkili olduğu belirtilmektedir (Dölgen, 2009). Bu nedenle, suda As^{3+} formunda bulunması halinde koagülasyon öncesinde oksidasyon yapılması önerilmektedir.

3.3. Koagülasyon Destekli Mikrofiltrasyon (KM)

Koagülasyon işlemi sonrasında çökelebilir forma dönüştürülen arsenik bileşikleri çökeltim veya filtrasyon gibi işlemlerle sudan ayrılır. Konvansiyon arıtma süreçlerinde klasik filtreler ile gerçekleştirilen bu fiziksel ayırma işlemi KM yönteminde membran kullanılarak (mikrofiltrasyon) yapılır. Konvansiyonel filtreler yerine mikrofiltrelerin kullanılmasının mikroorganizmaların etkin biçimde uzaklaştı- rılması, boyut olarak küçük yumakların dahi membran yüzeyinde tutulması (daha az koagülan kullanılması), arıtma tesisi kapasitesinin artması gibi bazı yararları olduğu belirtilmektedir (Dölgen 2009). Literatürde koagülasyon destekli mikro-filtrasyon (KM) yönteminin arsenik gideriminde etkili olduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda KM sisteminin performansının kullanılan koagülan (genellikle demir tuzları) dozu, karışım şiddeti, alıkonma süresi, pH gibi faktörlere bağlı olduğu belirtilmektedir. Arizona, New Mexico, Montana gibi eyaletlerde yapılan pilot ölçekli çalışmalarda arsenik gideriminin %80 üzerinde olduğu raporlanmaktadır. Suda silikat olması durumunda arsenik iyonlarıyla rekabet edebileceği ve silikatların demir üzerine tutunarak arsenik giderimini azaltabileceğine dikkat çekilmektedir. KM sürecinde tutulan kirlilikler membran yüzeyinde tıkanmaya neden olacağı için periyodik olarak geri yıkanır. Geri yıkama suyu hacmi fazla olup genellikle düşük miktarda katı madde (KM < %1.0) içerir. Geri yıkama suyundaki arsenik konsantrasyonu limitlerin üzerinde ise doğrudan kanalizasyona verilmeyerek uygun bertaraf işlemlerinden geçirilmesi gereklidir. Bu kapsamda yoğunlaştırıcı ve mekanik susuzlaş- tırma ekipmanları kullanılarak katı madde içeriğinin arttırılması sağlanabilir. Üst suyun (supernatant) ise geri döndürülerek tekrar sisteme verilmesi mümkündür. Filtre pres veya santrifüj sistemleri mekanik susuzlaştırma amacıyla uygulanmaktadır. Susuzlaştırılmış çamur ise genellikle kentsel katı atık depolama sahasına gönderilerek bertaraf edilmektedir.

3.4. Kireç-Soda (KS) Yöntemi

KS yöntemi koagülasyon-flokülasyon-çökeltim işlemlerinin uygulandığı bir kimyasal arıtma sürecidir. Temelde sertlik gidermek için kullanılmakla birlikte, bu süreçte arsenik giderimi de sağlanabilmektedir. KS yönteminde arsenat giderimi kalsiyum karbonat,

magnezyum hidroksit ve demir hidroksit oluşumuyla kontrol edilir. Kalsiyum karbonat ve magnezyum hidroksit, sertlik giderimi işleminde kireç ve kostik soda eklenmesiyle oluşur. Demir hidroksit ise suda doğal olarak bulunan veya koagülan olarak dışarıdan eklenen demir iyonlarının hidroksil iyonlarıyla birleşerek çökelmesiyle meydana gelir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Metal ile ametal arasında bir özelliğe sahip olan arsenik yerkabuğunda en çok bulunan elementlerden biridir. Doğada hem doğal hem antropojenik kaynaklı olarak bulunabilen arsenik toksik ve kanserojen bir maddedir. Suda en çok bulunan inorganik arsenik türleri arsenit (As(III)) ve arsenattır (As(V)). Arseniğin türünü ve dağılımını suyun pH'ı, redoks potansiyeli ve sülfür, demir ve kalsiyum gibi kompleks iyonların varlığı belirler. Dünyada birçok bölgede doğal olarak oluşan yeraltı suyu arsenik kirliliği nedeniyle çok sayıda kişi arsenik zehirlenmesi riski ile karşı karşıya kalmıştır. Türkiye'de de özellikle batı bölgelerde, içme sularında arsenik için belirlenen maksimum kirletici seviyesi olan 10 µg/L'den daha yüksek miktarda arsenik konsantrasyonlarına rastlanmıştır. Bu çalışma kapsamında ülkemizde arsenik sorununun boyutları ve nedenleri araştırılmıştır. Bu amaçla İzmir'e bağlı bazı ilçelerde yapılan analizler sonucunda standartların üzerinde arsenik bulunmuştur. Kuyu sularında doğal olarak oluşan arsenik kirliliği suyun bulunduğu derinlikteki kaya türü, mineral ve cevher yapıdan kaynaklanmaktadır (Edik, 2016). İzmir'in yanı sıra Aksaray, Nevşehir, Niğde, Afyon, Van, Kars, Manisa (Soma), Sivas (Şarkışla), Kırklareli (Babaeski), Çanakkale (Ayvacık) gibi birçok il ve ilçemizde içme sularında izin verilen sınır değerlerin üzerinde arsenik saptanmıştır.

5. SONUÇ

Arsenik arıtma yönteminin seçiminde su kalitesi özellikleri, mevcut arıtma sistemi, arıtma sonrası hedeflenen arsenik konsantrasyonu, arazi ihtiyacı, işletmeci gereksinimi, su kaynağının kapasitesi gibi faktörler belirleyici olmaktadır. Arıtma yöntemine karar verme sürecinde özellikle su kalitesi özelliklerinin sağlıklı biçimde ortaya konması önemlidir. US EPA (2003) izlenecek parametreleri "öncelikli" ve "diğer" olmak üzere iki grupta ele almaktadır. Öncelikli parametreler (toplam arsenik, arsenat, arsenit, klorür, florür, demir, manganez, nitrat, nitrit, ortofosfat, pH, silikat, sülfat, toplam çözünmüş madde, toplam organik karbon) arıtma performansının değerlendirilmesinde belirleyicidir ve konsantrasyon

değişimlerini izleyebilmek adına en azından ayda bir ölçülmelidir. Diğer parametreler (alkalinite, alüminyum, kalsiyum, magnezyum, bulanıklık, sertlik) ise seçilen yöntemin optimizasyonuna yönelik kullanılır. Bu nedenle en azından bir kez ölçülmüş olmalıdır. Arsenik parametresi ile ilgili olarak yapılan son düzenlemelerin yasal olarak uygulamaya girmesiyle birçok su kaynağı arsenik içeriği yönüyle problemli (sakıncalı) hale gelmiştir. Bu durumda birçok yerde yeni arıtma tesislerinin teşkili veya mevcut tesislerde bazı değişiklikler yapılarak uygunlaştırılması yoluna gidilebilir. Mevcut arıtma sisteminin iyileştirilmesi sürecinde; i) optimizasyon (örneğin oksidasyon kademesinin eklenmesi), ii) geliştirme (örneğin granüler filtrelerin mikrofiltrelere dönüştürülmesi) ve iii) tesis sonuna yeni arıtma üniteleri eklenmesi (örneğin adsorpsiyon veya membran süreçlerin eklenmesi) aşamaları takip edilir. İlk aşamada mevcut sistemin gözden geçirilerek pratik olarak uygulanabilecek küçük değişikliklerle performansının arttırılması sağlanmalıdır. Bunun için öncelikle sudaki arsenik bileşiklerinin formları belirlenmelidir. Konvansiyonel içme suyu arıtma tesislerinde arsenatın daha etkin giderildiği bilinmektedir. Bu nedenle arsenit formunun baskın olması durumunda tesisin başına oksidasyon kademesi eklenerek arsenitin arsenata dönüşmesi sağlanmalıdır. Ön oksidasyon amacıyla klor, ozon gibi oksidanlar kullanılabilir. Klor daha ucuz ve kolay uygulanabilir olduğu için tercih edilmektedir. Bu noktada, klorun organik bile- şiklerle reaksiyona girerek dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşturma riski dikkate alınmalı, oluşabilecek sağlık riskleri, uygulama kolaylığı, verimlilik gibi faktörlere göre uygun oksidan madde seçimi yapılmalıdır. Ön oksidasyonun yanı sıra, kullanılan koagülan maddenin değiştirilmesi, dozunun arttırılması, pH ayarlaması veya polimer eklenmesi gibi seçenekler süreç optimizasyonu kapsamında ele alınabilir. Örneğin demir tuzlarının kullanıldığı durumlarda arsenik demir oranı ayarlanarak verimin arttırılması sağ- lanabilir. Optimizasyon süreciyle yeterli arsenik arıtımı sağlanamıyorsa, mevcut tesisin geliştirilmesine (iyileştirilmesine) yönelik çalışmalar yapılır. Bu kapsamda daha etkin durultucular kullanılarak sıvı-katı ayrım verimi arttırılabilir. Mevcut tesisteki granüler filtrelerde adsorban özelliği olan malzemeler kullanılabilir (aktif alümina, demir esaslı maddeler, antrasit, vb.). Ayrıca çift tabakalı filtreler ile verim arttırılabilir. Yapılan modifikasyonlara rağmen istenen limitler sağlanmamışsa mevcut tesisin sonuna ilave arıtma üniteleri eklenebilir. Bu amaçla adsorpsiyon, iyon değişimi veya membran sistemler (mikrofiltrasyon, ters ozmoz gibi) kullanılabilir. Mevcut tesislerin arsenik arıtımı amacıyla modifikasyonu sürecinde karar vermeden önce laboratuar ve arazi ölçeğinde çalışmalar

yapılarak denenmeli, bu çalışmalardan elde edilecek veriler karar alma sürecine dahil edilmelidir.

KAYNAKLAR

1.Öztel M. , Akbal F. 2012 Derleme Makalesi Tradıtıonal and alternatıve technologıes for arsenıc removal from drınkıng waters Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kurupelit-SAMSUN

2.Edik E. 2016 Sulardan arsenik giderilmesi incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Aksaray

3.Dölgen, D. ve Alpaslan, M.N., (2009). Appropriate arsenic removal strategies for drinking water systems in Turkey, Proceedings, International workshop on Urbanization, Land Use, Land Degredation and Environment, Workshop II-Environment, 169-175, Denizli, Turkey,

4.Url-1 http://ulusaltezmerkezi.com

5.Url-2 http://www.skatmk.itu.edu.tr/e-Dergi/Cilt20/Sayi1/MN_Alpaslan.pdf

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Alper BALCI[1], Durdane YILMAZ[2]
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
[1]alperbalci00693@hotmail.com, [2]dyilmaz@aksaray.edu.tr

ÖZET: Enerji, hayatın devam edebilmesi için vazgeçilemeyecek bir kaynak haline gelmiştir. Bu enerjinin, nasıl ve hangi kaynaktan üretildiği ise çevresel sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır. Bugün dünyada enerji üretiminde yaygın biçimde kullanılan fosil yakıtlar, çevresel kirlenmeye yol açmaktadır. Üstelik bu fosil yakıtların rezervleri, dünyanın bazı ülkelerinin elinde olduğu için kalan ülkelerin rezerv sahibi ülkelere bağımlılığı artmaktadır. Temel olarak bu kaygıların ışığında temiz ve yenilenebilir enerjinin kullanımının arttırılması hem çevresel kirlenmenin azaltılmasına hem de ülkelerin enerji kaynağında dışa bağımlılığını azaltabilme ihtimaline sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde güneş çok önemli bir yere sahip olduğundan bu teknolojinin üzerine yurt içinde ve dışında birçok yatırım yapılmaktadır. **Güneş enerjisi** kullanarak **elektrik üretimi**, bugünlerde sıkça konuşulan **yenilenebilir enerji kaynağı** uygulamalarının oldukça popüler olan bir çeşididir. Güneşin bol olması, **bedava olması**, işletme maliyetinin düşük olması ve çevre kirliliğine yol açmaması gibi birçok iyi nedenden dolayı yatırımcıların dikkatini çekmektedir. Benim çalışmam güneş enerjisinden 12 voltluk bir elektrik enerjisi elde edecek şekilde küçük bir proje tasarısıdır.

Anahtar Kelimeler: *Yenilenebilir enerji kaynakları, Güneş Enerjisi, Sürdürülebilir Kalkınma*

1. GİRİŞ

Enerji, bir cisim ya da sistemin iş yapabilme yeteneğini ifade eder. Bir başka deyişle enerji, kuvvet uygulayabilmek için gerekli olan güçtür. Enerji doğada çeşitli şekillerde bulunabilir. Fiziksel olarak enerji çeşitleri "kinetik enerji" ve "potansiyel enerji" olmak üzere iki başlık altında incelenebilmektedir. **Kinetik enerji**, hareketin sebep olduğu enerjidir. Diğer bir deyişle kinetik enerji, hareket eden cisimlerin sahip olduğu enerji şeklidir. **Potansiyel enerji** ise cisimlerin bulundukları fiziksel durumlardan ötürü depoladıkları kabul edilen enerji türüdür. Buna örnek olarak, yükseğe kaldırılan bir cismin, barajlarda biriken suyun veya gerilen bir yayın topladığı enerjiyi gösterebiliriz. Enerji kullanıldığı alana bağlı olarak; Joule (J), Kalori (cal), British Thermal Unit (Btu), Kilowatt-saat (kWh) gibi çeşitli birimlerle ifade edilmektedir (Ersoy,2010).

Bir diğer sınıflama ise yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynağı şeklindeki sınıflamadır. Enerjinin en azından tüketildiği oranda yerine konması mümkün olan enerji kaynağı **"yenilenebilir"** olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak, güneş, biyokütle, jeotermal, rüzgâr, dalga, hidroelektrik enerjisi örnek verilebilir. Kullandıkça rezervleri tükenen, tükendiği oranda yerine konması mümkün olmayan enerji kaynakları ise **"yenilenemez"** enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Yenilenemez enerji kaynaklarına petrol, doğal gaz, kömür, nükleer enerji örnek olarak verilebilir. Nükleer enerji santralleri bazı kaynaklara göre yenilenemez enerji kaynakları, bazı kaynaklara göre ise yenilenebilir enerji

kaynakları arasında yer almaktadır. Bu çalışmada nükleer enerji yenilenemez enerji kaynağı olarak değerlendirilecektir(Ersoy,2010).

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji, doğadaki kaynaklardan elde edilebilen ve doğa tarafından daimi olarak takviye edilebilen enerjiye denir.Bu kaynaklar güneş enerjisi,rüzgar enerjisi,dalga enerjisi,jeotermal enerji, biyokütle enerjisi olarak sıralanabilir.2015 yılı sonu itibari ile, dünyada üretilen elektriğin yaklaşık %23.7'si yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilmiştir.Amerikan Enerji Bakanlığının ön görülerine göre 2014'te 5288 TWh(terawatt.saat) olan yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi 2040'lara gelindiğinde 10000 TWh'ın üzerinde olacak(batı,2013).

2.1. Rüzgâr Enerjisi

Güneş yüzeyinde ki hava değişiminin atmosfere etki ederek havanın ısınması ve bu ısınma ile ısınan kütlenin genleşmesi ve harekete geçerek yükselmesine sebep olur. Bu yükselen hava kütlesi atmosfer dışına çıkamayacağı için önce dikey sonra ise yatay hareket eder, bu noktada havanın ısınıp kütlesel olarak yer değiştirmesi ile rüzgar oluşur. Oluşan bu rüzgarın taşıdığı kinetik enerji binlerce yıldır yel değirmenleri ve yelkenli gemilerde kullanılmıştır, rüzgar türbinleri sayesinde bu enerjiden elektrik elde edilmektedir(batı,2013).

2.2. Hidroelektrik Enerji

Hidroenerji suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülebilmesi ile elektrik enerjisi üretilmesidir. Elektrik üretebilmek için yağmur suyu ve karın erimesi sonucu elde edilen su barajlarda toplanılır. Suyun akışı baraj kapaklarıyla kontrol edilebilmektedir. Büyük çaplı bir boru sistemi, suyu barajdan türbinlere taşımakta ve hidrostatik basınçlı türbinler çalışmaktadır. Söz konusu türbinler bağlı oldukları jeneratör sistemi ile elektrik enerjisi üretirler(Cenk,2010).

2.3. Biyoyakıt

Biyokütle, yaşayan ya da yakın zamanda yaşamış canlılardan elde edilen fosilleşmemiş tüm biyolojik malzemenin genel adıdır. Biyokütle, bir enerji kaynağıdır ve endüstriyel anlamda

biyokütle, bu biyolojik maddelerden yakıt elde edilmesi ya da diğer endüstriyel amaçlarla kullanılması ile ilgilidir. Yaygın olarak, biyoyakıt elde etmek amacı ile yetiştirilen bitkiler ile lif, ısı ve kimyasal elde etmek üzere kullanılan hayvansal ve bitkisel ürünleri ifade eder. Biyokütleler, bir yakıt olarak yakılabilen organik atıkları da içerir. Buna karşın, fosilleşmiş ve coğrafi etkilerle değişikliğe uğramış kömür, petrol gibi organik maddeleri içermez. Genellikle kuru ağırlıkları ile ölçülürler(Batı,2013).

2.4. Jeotermal Enerji

Yenilenebilir enerji kaynaklarından bir diğeri ise **Jeotermal enerji** (jeo'nun anlamı 'yer', termal'in anlamı ise 'ısı' anlamına gelir) yer kabuğunun çeşitli bölgelerinde ve derinliklerinde toplanmış ısının yani sıcaklığın oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır. Jeotermal enerjide jeotermal kaynak ve kaynaklardan ve bunların oluşturduğu jeotermal enerjiden doğrudan veya dolaylı yollardan faydalanmayı ve kullanmayı kapsamaktadır.**Jeotermal enerji** yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz, güvenilir, çevre dostu, yerli ve yeşil dostu yani doğa dost bir enerji türüdür(Cenk,2010)

2.5. Dalga Enerjisi

Günümüzde dalga enerjisi yaygın değildir. Bunun nedeni, şiddetli fırtınalarda dalga enerjisi türbinlerinin çok zarar görmesi ve dalga oranının çok yüksek olduğu yerlerin kısıtlı oluşudur.

Norveç'in Bergen kenti yakınlarında bir dalga enerjisi türbini inşa edilmiş; uzun zaman boyunca Bergen' in elektriğini üreten bu türbin şiddetli bir fırtınada paramparça olmuştur[1].

2.6. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, kaynağı güneş olan ısı ve parlak ışıktır. Güneş'in çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışınım enerjisidir. Güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında Güneş ışınımının şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m^2 (Watt/metrekare) değerindedir; ancak yeryüzünde 0-1100 W/m^2 değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin Dünya'ya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden çok fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, Güneş enerjisi sistemleri

teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, Güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir birincil enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir(Harvey,2010).

Güneş ve çevresinde dolanan gezegenlerden oluşan güneş sistemi dünya için, temel bir enerji kaynağıdır. Özellikle, dünyada yaşayan canlılar için vazgeçilmez bir kaynaktır. Bugün kullanılan çeşitli enerji kaynaklarının büyük kısmı, güneşin sebep olduğu olaylar sonucu ortaya çıkar. Günlük güneş enerjisi ile dünya aydınlatılabilmekte; yağışlar ile su döngüsü sağlanabilmekte ve en önemlisi de, fotosentez ile canlı yaşam sürdürülebilmektedir. Hayati önemdeki bu yıldızın endüstriyel manada enerji üretimi de mümkündür[2].

Güneş yarıçapı 700.000 km (dünya yarıçapının yaklaşık 109 katı),kütlesi 2×1030 kg (dünya kütlesinin yaklaşık 330.000 katı)olan bir yıldızdır. Güneş kendi ekseni çevresinde dönmektedir. Bu dönüş, güneş ekvator bölgesinde 24 günde, kutup bölgelerinde de 30 günde olmaktadır. Güneşin merkezinde, temelde hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıyla füzyon reaksiyonu meydana gelir. Güneşin merkezinde ve yaklaşık 15-16 milyon derecedir. Güneşin korunda hidrojen çekirdekleri füzyon yaparak helyum çekirdekleri oluşmakta ve bu tepkimeler sonucu büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Güneşin toplam ışıması 3.8×1026 J/saniye olduğundan, güneşte bir saniyede yaklaşık 600 milyon ton proton, yani hidrojen tüketilmektedir[2].

Bu sayı ilk bakışta ürkütücü gibi gelse de, güneşin kütlesi ve bu kütlenin %90'ına yakın kısmının protonlar olduğu düşünülürse, güneşteki hidrojen yakıtının tüketilmesi için daha, yaklaşık 5 milyar yıllık bir süre olduğu ortaya çıkar. Bu yönüyle güneş, insanlık için tükenmez bir enerji kaynağıdır.Dünyaya ulaşan güneş enerjisi, güneşin daha serin (yaklaşık 6000K) ve birkaç yüz kilometrelik dar bir bölgesinden gelmektedir. Bu bölge, düşük yoğunlukta (yaklaşık deniz yüzeyindeki hava yoğunluğunun 10-4 katı) iyonlanmış gazlardan oluşur ve görünür ışığı pek geçirmeyen bir bölgedir. Bu bölgedeki atomlar, sıcaklıklarıyla orantılı olarak ışıma yaparlar ve böylece bu bölgenin ışımasına yol açarlar.Dünya, güneşten yaklaşık 150 milyon km. uzakta bulunmaktadır. Dünya hem kendi çevresinde dönmekte, hem de güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu yönüyle, dünyaya güneşten gelen enerji hem günlük olarak değişmekte, hem de yıl boyunca değişmektedir[2].

Dünyaya, güneşten saniyede, yaklaşık 4×1026 J'lük enerji, ışınımlarla gelmektedir. Güneşin saldığı toplam enerji göz önüne alındığında bu çok küçük bir kesirdir; ancak bu tutar Dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Dünyaya gelen

güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışınımlardan oluşur ve güneş-dünya arasını yaklaşık 8 dakikada aşarak dünyaya ulaşır.(ışınımlar saniyede 300.000 km bir hızla, yani ışık hızıyla yol alırlar)[2].

Dünyanın dışına, yani havakürenin (atmosfer) dışına güneş ışınlarına dik bir metrekare alana gelen güneş enerjisi, Güneş Değişmezi (S) olarak adlandırılır ve bunun değeri S=1373 W/m2'dir. Bu değer, tanım gereği, yıl boyunca değişmez alınabilir. Çünkü her zaman, gelen güneş ışınlarına dik yüzey göz önüne alınmalıdır. Ancak, dünyanın güneş çevresindeki yörüngesi bir çember olmayıp bir elips olduğundan, yıl boyunca bu değerde %3.3 'lük bir değişim söz konusudur. Yeryüzüne bu enerjinin soğurma ve yansıma olaylarından dolayı 832 W/m2'lik kısmı ulaşır[2].

3. GÜNEŞ ENERJİSİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ VE DEZAVANTAJLARI

3.1. Güneş Enerjisinin Üstünlükleri Şu Şekilde Sıralanabilir:

Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.

Güneş enerjisi, arı bir enerji türüdür. Gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi zararlı maddeleri yoktur.

Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede ülkelerin enerji açısından bağımlılıkları ortadan kalkacaktır.

Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede ülkelerin enerji açısından bağımlılıkları ortadan kalkacaktır.

Güneşi az veya çok gören yerlerde biraz verim farkı olmakla birlikte, dağların tepelerinde vadiler ya da ovalarda da bu enerjiden yararlanmak mümkündür.

Güneş enerjisi doğabilecek her türlü bunalımın etkisi dışındadır. Örneğin, ulaşım şebekelerinde yapacakları bir değişiklik bu enerji tümünü etkilemeyecektir.

Güneş enerjisi hiçbir karmaşık teknoloji gerektirmemektedir. Çoğu ülkeler, yerel sanayi kuruluşları sayesinde bu enerjiden kolaylıkla yararlanabilirler[3].

3.2. Bugünkü Bu Enerjinin Dezavantajları İse Şöyledir:

Güneş enerjisinin yoğunluğu azdır ve sürekli değildir. İstenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamayabilir.

Güneşten gelen enerji miktarı bizim isteğimize bağlı değildir ve kontrol edilemez.

Birçok kullanım alanının, enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farkı ile karşılaşılmaktadır. Güneş enerjisinden elde edilen ışınım talebinin yoğun olduğu zamanlarda kullanılmak üzere depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise birçok sorun yaratmaktadır[3].

4. GÜNEŞ PANELİ SİSTEMİNİN KURULMASI

Güneş enerjisi kullanarak elektrik üretimi, bugünlerde sıkça konuşulan yenilenebilir enerji kaynağı uygulamalarının oldukça popüler olan bir çeşididir. Bol olması, bedava olması, işletme maliyetinin düşük olması ve çevre kirliliğine yol açmaması gibi birçok iyi nedenden dolayı yatırımcıların dikkatini çekmektedir.

Güneş enerjisi kullanarak elektrik üretimi**,** bugünlerde sıkça konuşulan yenilenebilir enerji kaynağı uygulamalarının oldukça popüler olan bir çeşididir. Bol olması, bedava olması, işletme maliyetinin düşük olması ve çevre kirliliğine yol açmaması gibi birçok iyi nedenden dolayı yatırımcıların dikkatini çekmektedir. Bu çalışmada fotovoltaik hücreler ile elektrik enerjisi üreten sistemlerin maliyeti üzerinde durulmuştur.

5. MATERYAL METOD

5.1. Sistemin Tasarımı

Güneş enerjisinden elektrik üretmek için kurulacak bir sistemde **akü grubu, akü şarj regülatörü, evirici ve yardımcı elektronik devreler** bulunabilir. Her uygulamaya göre bu bileşenler değişiklik gösterebilir. İstenen enerji miktarına göre güneş paneli ve sayısı belirlenir. Güneş olmadığı zamanlarda enerjisiz kalmamak için akü grubu sisteme dahil edilir. Akünün **aşırı şarj** ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için akü şarj regülatörü kullanılır.Çevirici**,** alternatif akım istenen uygulamalarda panelde elde edilen doğru akım elektriğini alternatif akım elektriğine dönüştürmek için kullanılır.[4]

5.1.1. Fotovoltaik (Solar) Paneller

Güneş ışınlarını elektrik enerjisine çeviren cihazdır. Verimleri panel tipine göre değişmekle birlikte % 15-20 arasındadır. Laboratuar çalışmaları devam etmekte olup verim değerlerinin yükseltilmesi hedeflenmektedir.Paneller, ortam koşullarının elverişli olması durumunda nominal güçlerini üretebilirler. Panel camının kirli olması, güneş ışınlarının geliş

açısının dik olmaması, havanın çok sıcak veya çok soğuk olması panel verimini düşürür. Bu yüzden hesaplanan güç değerinin biraz yukarısında bir değerde panel kullanmak uygun olacaktır.[4].

5.1.2. Akü Sistemi

Projede elektrik enerjisinin depolanmasında kullanılan aküler 3.7 voltluktur. Güneş olmadığı zamanlarda enerjisiz kalmamak için **elektrik enerjisinin depolanmasını** sağlar. Özellikle kış aylarında güneşsiz günler de olacağı düşünülürse bu yüzden enerjinin depolanması oldukça önemlidir. Akü kapasitesinin belirlenmesinde en önemli faktör sistemin güneş göremeyeceği gün sayısını ya da saatini hesaplamaktır. Biz projemizde güneş görmeyen gün sayısını 2 gün olarak kabul ederek; günlük tüketimi 5 kw-saat olan bir ev için **10 kw-saatlik enerjiyi depolayabilecek bir akü grubu** oluşturduk. Sistem gerilimini 12 V olacak şekilde seçerek, Ancak şunu unutmamak gerekir akü sistemi otonom (stand alone) sistemler için gereklidir. Akü sistemi otonom sistemlerin maliyet tarafının önemli bir kısmını oluştururlar.[4].

5.1.3. Akü Şarj Regülatörü

Güneş panelinden gelen akımı ayarlayarak akünün tam dolmasını veya tamamen boşalmasını engeller. Tüketici için gerekli akım değerine göre sistemde uyumlu çalışabilecek tipte seçilmesi gereklidir. Ayrıca akü şarj regülatörünün akü gerilimine uyumlu olması gerekmektedir. Ayrıca **akü şarj regülatörünü**n, akü gerilimine uyumlu olması gerekmektedir. Şarj regülatöründen **direkt doğru akım çıkışı** alınabilir. Çoğu regülatörde şarj durumuna ait sayısal bilgileri gösteren ekran bulunmaktadır. Bir çok regülatör üreticisi firma **panel gücüne göre seçilmesi** gereken regülatörü saptamış ve tablolar halinde kataloglarına koymuşlardır. biz projemizde 1 adet akü şarj regülatörü kullandık[4].

5.1.4. Diğer Ekipmanlar

Sistemde kullanılması gereken diğer elemanlar **kablolar ve sigortalardır.** Ayrıca sistemi izleyebilmek için çeşitli elektronik devreler de kullanılabilir. Sigorta ve kablo seçimi sistemin düzgün çalışabilmesi için son derece önemlidir. **Kablo seçiminde gerilim düşümü de dikkate alınmalıdır.[4]**

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle; sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır.

5.2. Projenin Tasarımı

Projede kullandığım malzemeler;

- 1 adet güneş paneli (3 watt)
- 3 adet akü (3.7 volt 3.6 amper) saat
- ms365ac-4v devre kartı
- r107k5 devre kartı
- 400 watt 4 adet kondansatör
- 1 adet on/off anahtar
- 5 adet şarj çıkışı
- 1 adet güneş regülatörü
- montaj için bakır kablo
- 3 adet 4 volt led ampul
- 1 adet usb çıkışı

Kurulum aşamasında ilk önce devre kartı üzerine kondansatör ve devre kartları yerleştirildi ve lehimlendi. Akülerin devre kartlarına bağlantısı sağlandı.Kutu kapatıldı.Güneş panelinin kablosu kutuya takılarak akülerin şarj olması sağlandı.11 saatte aküler tamamen şarj oldu.4 voltluk 3 adet led ampuller kutuya bağlanarak yanması sağlandı.

6. SONUÇ

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle; sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Artan dünya nüfusu ve ihtiyaçları doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı günden güne artırmaya başlamış, mevcut üretim ve tüketim oranlarımız ‘doğanın taşıma kapasitesinin’ aşılmasına neden olmuştur. Türkiye için alternatif bir enerji sistemi inşa edebilmek için birçok seçeneği vardır. Her şeyden önce unutulamamalıdır ki fosil kökenli enerji kaynaklarımız bakımından ülke içerisindeki talebin karşılanabilmesi mümkün olmasa da yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye zengin ve verimlidir.

KAYNAKLAR

Akkaya, G. Cenk ve Ceren Uzar, "Karbona Dayalı Finansal Gelecek Sözleşmeleri ve Fiyat Gelişimi Üzerine Bir İnceleme", Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı: 32 (I), Nisan 2012.

Batı, Oğuzhan,"Türkiye'de Sürdürülebilir Kalkınma ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları",Marmara üniversitesi Uluslararası İktisat Bilim Dalı Doktora Tezi,2013.

Ersoy, Ahmet Yağmur. Enerji Bağımlısı Ülkelerin Enerji Politikaları: Türkiye Örneği, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, 2010.

Harvey, Danny L.D. Energy and New Reality 2; Carbon-Free Energy Supply, London: Earthscan Publishing, 2010.

[3]http://www.bilgiustam.com/gunes-enerjisi-nedir/

[4]http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gunes-enerjisi-elektrik-uretim-sisteminin-tasarlanmasi-ve-maliyet-hesabi/

[1]https://tr.wikipedia.org/wiki/Dalga_enerjisi

[2]https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_enerjisi

ARITMA ÇAMURLARININ YAPISINDA BULUNAN AĞIR METALLERİN GİDERİM YÖNTEMLERİ

Ayşe SOLAK – Emine GÜÇLÜ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,
aysesolak.as36@gmail.com - emnguclu@gmail.com

ÖZET
Bu çalışmada, ultrases ve asit-baz ön işlemleri kullanılarak kurşun ve civa gibi ağır metallerin arıtma çamurlarındaki çözünürlükleri incelenmiştir. İnorganik kirlilikler özellikle de ağır metal iyonları, zararlı etkileri sebebiyle günümüzde önemli bir konu halini almıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre arıtma çamurlarının yapısındaki ağır metaller asit-baz ve ultrases ile çözünür hale geldikleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ağır Metaller, Asit-Baz İşlemleri, Ultrases, Çözünürlük.*

1. GİRİŞ

Arıtma çamuru, 5 Nisan 2005 tarihli ve 25777 sayılı Resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde "Evsel ve evsel nitelikli endüstriyel atık suların, fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemleri sonucunda ortaya çıkan, suyu alınmış, kurutulmuş çamur" olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle de evsel veya endüstriyel atıksuların fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemlerle arıtılması sonucu üretilen sıvı veya yarı katı maddelere, uygulanan arıtma yöntemine bağlı olarak katı madde içeriği değişmekte olan ve genel bir yaklaşım olarak kütlece %0,25-12 katı madde içeren sulu karışımlara arıtma çamuru denilmektedir. Arıtma çamurları yapılarına bağlı olarak uygulanan proseslere göre farklılık göstermektedir.

Atıksuların arıtılmasıyla üretilen arıtma çamurunun yapısının bilinmesi arıtma çamuruna uygulanacak işlemler için gereklidir. Anaerobik çürütme uygulanacaksa sistemin kontrolünde pH, alkalinite ve organik asit içeriğinin saptanması gerekmektedir. Yakma ve arazide rastgele boşaltma metodunun uygulanması durumunda ise çamurdaki ağır metal, pestisit ve hidrokarbonların saptanması gerekmektedir. Yakma gibi ısıl süreç kullanılacağında çamurun enerji içeriği de hesaplanmalıdır. Ham ve çürümüş çamurun kimyasal bileşimi ile ilgili bilgiler Çizelge 2.1.'de verilmektedir.

	Ham Birincil Çamur		Çürütülmüş Birincil Çamur		Aktif Çamur
	Aralık	Tipik	Aralık	Tipik	Aralık
Top. Katı Madde (%)	2,0-8,0	5	6-12	10	0,83-1,6
Uçucu Katı Madde (KM'nin %'si)	60-80	65	30-60	40	59-80
Yağ ve gress (KM'nin %'si) Eterde çözünebilen Eter ekstraktı	6-30 7-35	- -	5-20 -	18	-
Protein (KM'nin %'si)	20-30	25	15-20	18	34-40
Azot (KM'nin %'si)	1,5-4	2,5	1,6-6	3	2,4-5,0
Fosfor(KM'nin %'si)	0,8-2,8	1,6	1,5-4	2,5	2,8-11,0
Potasyum (KM'nin %'si)	0-1	0,4	0-3	1	0,5-0,7
Selüloz (KM'nin %'si)	8-15	10	8-15	10	-
Demir (Sülfür olmayan, %)	2-4	2,5	3-8	4	-
Silisyum(KM'nin yüzdesi)	15-20	-	10-20	-	-
pH	5-8	6	6,5-7,5	7	6,5-8,0

Çizelge 1.1 : Ham ve çürütülmüş çamurun özellikleri, kimyasal bileşimleri ve derişimleri

Çamurun arazide kullanımını etkileyen başlıca özellikleri; organik içeriği, besin elementleri, patojenler, metal iyonları ve toksik organiklerdir. Çamurun tarım alanlarında kullanılması bitki besin elementleri ve derişimlerine (azot, fosfor ve potasyum içeriği) bağlıdır. Yapay gübre ile çamurun karşılaştırması Çizelge 2.2.'de verilmektedir.

Çizelge 1.2 : Arıtma çamurları ve yapay gübrelerdeki temel besin elementi derişimleri

	BESİN ELEMENTLERİ %		
	Azot	**Fosfor**	**Potasyum**
Tarımsal amaçlı kullanılan gübreler	5	10	10
Stabilize olmuş arıtma çamuru için tipik değerler	3,3	2,3	0,3

Arıtma çamurlarındaki iz elementler, inorganik kimyasal elementler olup bitki ve hayvanlar için gerekli veya zararlı olabilir. Ağır metal konsantrasyonları Çizelge 2.3.'de verilmektedir. Çamurun arazide kullanım miktarı, yapısındaki ağır metal konsantrasyonuna bağlıdır.

Çizelge 1.3 : Atıksu arıtma tesisi çamurundaki metal iyonu derişimleri

METAL	**KURU MADDE (mg/kg)**	
	Aralık	**Ortalama**
Arsenik	1,1-230	10
Kadmiyum	1,0-3 410	10
Krom	10-99 000	500
Kobalt	11,3-2 490	30
Bakır	84-17 000	800
Demir	1 000-154 000	17 000
Kurşun	13-26 000	500
Manganez	32-9 870	260
Civa	0,6-56	6
Molibden	0,1-214	4
Nikel	2-5 300	80
Selenyum	1,7-17,2	5
Kalay	2,6-329	14
Çinko	101-49 000	1 700

Atıksu arıtma işletmelerinde endüstriyel ve evsel atıksuların arıtılması sırasında üretilen arıtma çamurları, uzaklaştırılmasında sorun yaşanan maddelerdir. Arıtma çamurları atıldıkları ortamda biyolojik parçalanmaya uğrayarak yeraltı ve yüzey sularını kirletmekte, oluşan gazlar atmosfere yayılarak hava kirliliğine neden olmaktadır.

Endüstriler ve yerel yönetimler çamurların uzaklaştırılması için sistemler kurmakta ve çamurun ekonomik değerinden faydalanmaya çalışmaktadırlar. Bu sistemlerden biri de arıtma çamurlarından biyogaz elde ederek atık halindeki bir maddeden getiri sağlamaktır. Anaerobik parçalanma ile büyük miktardaki atık, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan metana dönüştürülmektedir. Bu nedenle en ekonomik yöntemlerin uygulamaya geçirilmesi için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır.

Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm3' ten daha

yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60' tan fazla metal dahildir.

Her gün yüzlerce kirletici doğaya deşarj edilmektedir. Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Ağır metallerin çevreye yayınımın da etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Çizelge 1' de temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmiştir. Havaya atılan ağır metaller, sonuçta karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aeresol olarak veya toz halinde solunurlar. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar.

2. MATERYAL METOT

2.1. Ultrases

İnsan kulağı ortalama 10-12 kHz'lik ses dalgalarından daha tiz olanları duyamaz. İnsan kulağının duyma sınırının üzerinde bulunan ve 20 kHz -100 kHz aralığındaki ses işaretlerine Ultrases denir. Bunun bir diğer anlamı 1 saniyede 20 000 – 100 000 adet titreşimdir.

Ultrases dalgaların kullanımı günümüzde başta tıp olmak üzere, ölçme, alan ve mesafe belirleme, diş temizliği, mücevherat temizliği, imalat sanayinde son işlem, sanayide parça temizliği, metal veya plastik yapıştırma, anti-bakteriyel etki, su arıtımı gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Ultrases proseslerin mekanizmalarında Ultrases dalgaların su ortamına verilmesinin hemen ardından sucul ortamda genleşme dalgaları (negatif basınç) ve sıkışma dalgaları (pozitif basınç) meydana gelmektedir. Homojen bir sıvı ortamında sıvı moleküllerin basıncı, sıvının buhar basıncından düşük olması sonucu sıvı içersinde kavitasyon (boşluk) oluşmaktadır. Mekanik titreşim sonucu sucul ortama verilen ses dalgaları basınç ve basınçsız çevrimin çözeltide oluşmasını sağlamaktadır.

Şekil 2.2. Ultrases kabarcık yapısı [20].

Çamurda ultrasonik işlemlerin uygulanması mekanik bir prosesdir. Ultrasonik parçalanma esnasında, yüksek frekansta akustik sinyaller sıvı moleküllerinin yapışık gücünü kırarak kabarcıklar oluşmasına neden olur. Şok dalgayla jet akım sağlanır ve bu hücrelerin parçalanmasına sebep olur. Çamur hücrelerinin parçalanması çamur suyundaki organik maddelerin küçük tanelere ayrılmasına neden olur.

Ultrases işlem ile çamurun flok yapısı bozulmakta ve çözünebilir karbonhidratlar ve organik maddeler açığa çıkmaktadır. Anaerobik çürüme işlemi öncesinde çamura ultrases işlem uygulandığında hem mezofilik hem de termofilik koşullarda yapılan anaerobik çürüme işleminde biyogaz oluşumu artmaktadır.

2.2 Asit -Baz

Anaerobik çürütme prosesinde, biyolojik hidroliz adımının etkisini azaltmak için atık aktif çamura uygulanan ısıl, alkali, ultrasonik veya mekanik parçalama gibi ön arıtımlar aktif çamurun çözünürlüğünü (hidrolizi) hızlandırabilir ve anaerobik çürütme geliştirilmiş olur. Kim ve diğ., (2003) tarafından, atık aktif çamurun çözünürleşmesi ve metan üretiminin artışı üzerine ısıl, kimyasal, ultrasonik ve termokimyasal ön arıtımın etkisi incelenmiştir . Özellikle ısıl ve

termokimyasal arıtım metotlarının iyi sonuçlar verdiği, hız sınırlayıcı adımın etkisinin ön arıtımla azaldığı belirlenmiştir

Çamur gibi karmaşık yapıya sahip substratlara biyolojik arıtımından önce organik maddeyi çözünürleştirmek için termokimyasal ön arıtım uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Ön arıtımın etkisi, hidrolizi ilerletmek ve kompleks polimerleri çok küçük moleküllere parçalamaktır. Optimal ön arıtım 170 ° C'de 30-60 dakika alıkonma süresinde işleme tabi tutulması ile gerçekleşir. Bununla birlikte bazı ön arıtım şartları, parçalanması güç olan kompleks molekül oluşumunu artırabilir. KOİ çözünürlüğü için belirlenen en uygun şartlar, çoğu kez biyolojik parçalanma için kullanılandan farklıdır.

4.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Son yıllarda ağır metallerin insan ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri araştırmacılar tarafından incelenmektedir. Ağır metaller arıtma yöntemine bağlı olarak arıtma çamurlarının içerisinde bulunmaktadır. Arıtma çamurları kurutulduktan sonra toprak iyileştirici maddeler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu şekilde kullanılması sonucunda yapısında bulunan ağır metalleri toprağa verebilmektedir. Çalışmada uygulanan ön arıtım yöntemleri çamur yapısında bulunan ağır metallerin çözünürlüğüne etkileri gözlemlenmiştir. Günümüzde ön arıtım işlemleri biyogaz potansiyelini artırmak amacıyla kullanılırken yapısındaki metallerin çözünmesine de etki ettiğinden dolayı metan potansiyelini azaltıcı etkiler gösterdiği sonucu çıkartılabilir.

5.KAYNAKLAR

Halisdemir B..., 2009. Aktif Çamur ve Portakal Posasının Biyogaz Üretim Verimleri ve Bazı Ön İşlemlerin Biyogaz Üretim Verimine Etkilerinin Araştırılması Fen Bilimleri Endtitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi Mersin Üniversitesi, Mersin

URL-1 <file:///C:/Users/Blue/Downloads/YTUJENS-2010-28-3.40.pdf>

BİYOGAZ

Ayşegül ALTIPARMAK
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
aysegul1316@hotmail.com

ÖZET: Sanayileşme ve kalkınmanın temel unsurlarından biri enerjidir. Dünya nüfusunun artışına ve gelişen teknolojiye paralel olarak enerjiye olan talep sürekli artmaktadır. Enerji bakımından kendine yeterli olmayan ülkelerde, çevre açısından temiz, güvenli, sürekli ve yenilebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. İçinde % 55-65 oranında metan gazı (CH4) olan biyogaz, bu özellikleri sağlayabilir. Yenilenebilir enerjilerden biyoenerji, enerji problemlerine karşı önemli bir çözümdür. Son yıllarda birincil enerji ithalinin artan maliyetleri, çevresel kirlilik ve iklim değişikliklerinin olumsuz etkileri sebebiyle hızlanan çalışmalar, biyoenerji ve biyoyakıtların gelişimine ve yaygınlaştırılmasına katkı sağlamıştır. Örneğin 2007 yılı sonu rakamlarına göre, dünyada biyoyakıtların üretimi 68 milyar L civarındadır.

Anahtar kelimeler: *Biyogaz, Yenilebilir Enerji, Enerji, Çevre, Biyoyakıt*

GİRİŞ

Enerji, ekonomik ve sosyal gelişmişliğin bir göstergesi olarak insanoğlunun vazgeçilmez bir ihtiyacıdır. Enerji yaşam kalitesinin artırılmasında etken olduğu gibi, teknolojik üretim ve gelişim için hayati derecede önemlidir. Enerji tanımı içinde yer alan fosil kökenli yakıtlar ve yenilenebilir enerjilerin kaynağı güneştir (Demirbaş, A. 2009). Buna göre, bu enerjilerin tanımlanmaları ve dâhil edildikleri gruplar üçe ayrılır:

a) Yerin altında kalan bitkilerin ve canlıların bataklık alanlarda birikmesi sonucu oluşan tabakaların değişime uğramasıyla meydana gelen "Fosil Kökenli Yakıtlar,"

b) Potansiyeli mevcut olan ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanımı artan "Yeni Enerji" kaynakları,

c) Tükenmeyen ve eksilmeyen "Yenilenebilir Enerji" kaynaklarıdır.

Dünyada fosil kökenli yakıtların rezervleri sınırlı olup gelecekte tükeneceği bilimsel çalışmalarla ispatlanmıştır. Örneğin bugünkü tüketim hızıyla; petrolün 40-45 yıl, doğal gazın 60-65 yıl ve kömürün 140-150 yıl sonra tükeneceği bilim adamları tarafından bildirilmektedir. Bu durum, yeni ve yenilenebilir enerjilere yönelimi hızlandırmakta ve gelecek nesillere hazırlık olarak vazgeçilmez bir gereklilik arz etmektedir.

BİYOGAZIN TANIMI

Biyogaz; hayvansal ve bitkisel kökenli organik atıkların, anaerobik (havasız) fermantasyonu sonucu açığa çıkan, renksiz, kokusuz, havadan hafif, havaya oranla yoğunluğu 0.83 ve oktan sayısı 110 olan, parlak mavi bir alevle yanan bir gaz karışımıdır.(Uludağ Üniversitesi (2004), Biyogaza "Bataklık Gazı", "Gübre Gazı", "Gobar Gaz" gibi isimlerde

verilmektedir. Düşük sıcaklıklarda (-164 o C) sıvılaştırılabilen biyogaz, bileşimindeki kükürtlü bileşiklerden dolayı çürük yumurta gibi kokar. Ancak yanarken bu kokusunu kaybeder. Biyogaz üretiminde kullanılan hayvansal (sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların gübreleri, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işletmesi sırasında ortaya çıkan atıklar, veya insan dışkısı) ve bitkisel (ince kıyılmış sap, saman, mısır atıkları, şeker pancarı yaprakları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları ile bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar) atıklar tek başına kullanılabileceği gibi uygun oranda karıştırılarak da kullanılabilir. Tipik bir biyogaz bileşimi aşağıda verilmiştir.(Food and Agriculture Organization of the United Nations 2005)

Tablo 2: Biogaz bileşimi

Madde	Sem	Yüzde
Metan	CH4	50-70
Karbondioksit	CO2	30-40
Hidrojen	H2	5-10
Azot	N2	1-2
Su buharı	H2O	0.3
Hidrojen sülfür	H2S	Eser miktarda

Tablo 3: Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü 2005)

Kaynak	Biyogaz verimi (Litre/kg)	Metan oranı (Hac. %'si)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanatlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday samanı	200-300	50-60
Çavdar samanı	200-300	59
Arpa samanı	290-310	59
Mısır sapları ve	380-460	59
Keten, Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze Artıkları	330-360	Değişken
Ziraat atıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı kabuğu	365	-
Dökülmüş ağaç	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık su çamuru	310-800	65-80

Tablo 4: Farklı atıklardan elde edilen biyogazların özellikleri (Dokuz Eylül Üniversity 2005)

Gaz Bileşeni	Birimi	Biyogaz kaynağı		
		Tarımsal biyokütle	Arıtma çamuru	Çöp deponisi
CH4	%	60-70	55-65	45-55
CO2	%	30-40	45-35	30-40
N	%	<1	<1	5-15
H2S	ppm	10-2000	10-40	50-300

BİYOGAZ OLUŞUMUNUN MİKROBİYOLOJİSİ

Biyogaz üretiminin gerçekleştiği organik maddelerin anaerobik fermantasyonu 3 temel aşamada gerçekleşir. Bu aşamalarda, aşamalarla aynı adı taşıyan bakteri grupları görev almaktadır. Şekil 1'de biyogaz üretiminin akış şeması görümektedir.

Şekil 1. Biyogaz üretiminin akış şeması (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü 2005),

Asetik Asidin Oluşumu

Bu aşamada, birinci aşama sonucunda açığa çıkan ve uçucu yağ asitlerini asetik aside dönüştüren asetogenik (asit oluşturan) bakteri grupları devreye girer ve bir kısım asetogenik bakteriler uçucu yağ asitlerini asetik asit ve hidrojene dönüştürürler.

$$CH_3(CH_2)_nCOOH + H_2O \longrightarrow 2CH_3COOH + 2H_2 \quad (1)$$

Diğer bir kısım asetogenik bakteri grubu ise açığa çıkan karbondioksit ve hidrojeni kullanarak asetik asit oluşturur. Ancak bu ikinci yolla oluşan asetik asit miktarı, birinciye oranla daha azdır.

$2CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_3COOH + 2H_2O$ (2)

Metanın Oluşumu

Anaerobik fermantasyonun bu son aşamasında metanogenik (metan oluşturan) bakteri grupları devreye girer ve bir kısım metanogenik bakteriler bir çok ara basamaklardan sonra, CO_2 ve H_2'yi kullanarak metan (CH_4) ve suyu (H_2O) açığa çıkartırken, öteki bir grup metanogenik bakteriler ise ikinci aşama sonucu açığa çıkan asetik asidi kullanarak CH_4 ve CO_2 oluşturmaktadırlar.

$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$ (3)

$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$ (4)

Ancak bu aşamada birinci yolla oluşan metan miktarı, ikinci yolla elde edilen metan miktarından daha azdır. Üretilen tüm metanın %30'u birinci yolla, %70'i ikinci yolla yapılmaktadır. Anaerobik fermantasyonun üçüncü aşamasında devreye giren ve metan oluşumunu sağlayan metan bakterileri, fermantasyon ortamının sıcaklığına göre üç gruba ayrılır. Bunlar;

1) Psychrophilic (Sakrofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 5 - 25 °C,

2) Mezophilic (Mezofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 25 - 38 °C,

3) Thermophilic (Termofilik) Bakteriler: Optimum faaliyet sıcaklığı 50 – 60 °C,

Sakrofilik bakteriler deniz ve göl diplerindeki tortullar ile bataklıklarda, termofilik bakteriler ise yüksek sıcaklıklardaki volkanik ve jeotermal bataklıklar içerisinde yaşamaktadırlar. Bu üç bakteri gurubu ile yapılan fermantasyonda, sakrofilik, mezofilik ve termofilik fermantasyon ile aynı adı almaktadır. Anaerobik fermantasyon, fermantörün yeni materyalle beslenme biçimine göre de çeşitlenmektedir. Bu açıdan anaerobik fermantasyonu 3 grupta incelemek mümkündür.

1. Sürekli fermantasyon: Bu fermantasyon biçiminde organik madde fermantöre her gün belirli miktarlarda verilir ve aynı oranlarda fermante olmuş materyal günlük olarak fermantörden alınır. Bu fermantasyon şeklinde gaz üretimi sürekli olur.

2. Beslemeli kesikli fermantasyon: Burada fermantör başlangıçta belirli oranda organik madde ile doldurulur ve geri kalan hacim fermantasyon süresine bölünerek günlük miktarlarla tamamlanır. Belirli fermantasyon süresi sonunda fermantör tamamen boşaltılarak yeniden doldurulur.

3. Kesikli fermantasyon: Burada fermantör başlangıçta organik madde ile tamamen doldurulur, fermantasyon süresi sonunda fermantör boşaltılarak yeniden doldurulur. Modern bir biyogaz tesisinde üç ana organ yer almaktadır. Bunlar:

Fermantör - Sindireç (Organik maddenin doldurulduğu tank depo): Hava almayacak şekilde tasarlanan ve içerisinde bir karıştırıcı olan bu tankın içerisine ayrıca bir ısıtıcı yerleştirilmelidir. Biyogazın üretilmesi için fermantör içerisindeki organik madde bulamacının sıcaklığı 35°C'den az olmamalıdır. Fermantör sıcaklığı düştükçe bakteri aktivitesinin azalmasına bağlı olarak, gaz üretimi de düşmektedir. (The Energy and Resources Institute 2005) Ayrıca yine içeriye hava almayacak şekilde fermantöre bir organik madde giriş ve çıkış ağzı yerleştirilmelidir. **Gaz deposu:** Büyük kapasiteli tesislerde oluşan biyogazı, bir yerde toplamak ve gaz basıncının sabit kalmasını sağlamak için kullanılan depo kısmıdır. Fermantör üzerinden alınan gaz bir boru ile bu depoya taşınarak buradan kullanıma gönderilir. Kullanım fazlası depoda kalır. Şekil 2'de bir biyogaz tesisi görülmektedir.

Şekil 2. Modern bir biyogaz tesisi Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (2005)

Biyogaz Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Sistemin pH derecesi

Biyogaz üretiminde pH derecesinin, reaksiyon hızı ve diğer parametrelere önemli bir etkisi vardır. Anaerobik çürüme için ideal pH 6-8 arasındadır. Asit üreten bakteriler metan üreten bakterilerden daha hızlı çoğaldıklarından asit üretimi sistemde artarak metan üreten bakterilerin aktivitesini düşürebilir. Bu sebeple sistemin pH'sı sürekli kontrol altında tutulmalıdır. (Onat S., Topaloğlu B.). Normal fermantasyon sırasında karışımın pH değeri değişmez ve 7 civarında seyreder. Ancak ani sıcaklık değişimi, fazla besleme veya bazı zehirli maddeler sistemin asit dengesini bozar. Eğer asit oranı artmaya başlarsa pH değeri düşer ve metan üretimi de durur. Böylece üretilen gazın CO_2 oranı artar ve gazın yanmasında sarımtırak

bir alev görülür. Böyle bir durumda dengeyi eski haline döndürmek için; Metan üretici bakterilerin üretilen asidi kullanıp azaltmaları için besleme bir müddet durdurulmalıdır. pH değerinin düşmeye devam etmesi halinde sisteme nötralizasyon için alkali maddeler ilave edilir.

Sıcaklık: Organik atıkların anaerobik bozundurulmasıyla gaz üretiminde, sıcaklığın çok önemli bir rolü vardır. Genel bir kural olarak sıcaklığın 30-35 derece olması istenir. Isıtmalı olmayan tesislerde özellikle kış aylarında sıcaklığın bu derecelere ulaşması mümkün olmaz. Sıcaklığın 10 derece altına düşmesi üretimi durdurabilmektedir. (Bilgin, N., "Biyogaz Nedir?") Sıcaklık değiştikçe fermantasyonu sağlayan bakteri tipleri de değişmektedir. Bu yüzden reaktörlerin sıcaklığı mümkün olduğu kadar sabit tutulmalıdır. Fermantasyon değişik özelliklerden dolayı 3 değişik sıcaklık aralığında incelenmelidir.

1)Termofilik fermantasyon: Bakteriler açısından ideal sıcaklık 47-55 ^{O}C arasındadır. Ancak bazı dezavantajlarından dolayı bu sıcaklıkta gaz üretimi yapılmaz.

Bunlar:

- Termofilik bakteriler sıcaklık değişikliklerine çok hassastırlar.
- Bu sıcaklığın sağlanması için gereken masraf oldukça fazladır.
- Reaksiyon sonucu açığa çıkan atık ekonomik açıdan faydalıdır.

2)Mezofilik fermantasyon: Bakteriler açısından ideal sıcaklık 35-38 ^{O}C arasındadır.Doğal çevre sıcaklığında fermantasyon: Yazın 22-26 ^{O}C arasında değişebilecek reaktör sıcaklıklarında günlük gaz üretimi reaktör hacminin 0.3 katına çıkabilir. 13-15 ^{O}C arasında ise günlük üretim, reaktör hacminin 0.1 katına çıkabilir. Ancak çoğu kez bu sayı daha düşüktür.(Curi, K., Albürek, M.)

Uygun hammadde seçimi

Biyogaz üretiminde hammaddenin C/N oranı çok önemlidir. C/N oranı çok yüksekse, azot protein gereksinimlerini karşılamak için süratle tüketilir ve hammaddenin karbon bileşeni ile reaksiyon vermez. Netice olarak gaz üretimi düşük olur. Öte yandan C/N oranı çok düşükse, ayrılan azot NH_4 formunda birikir. NH_4 sindireç ortamının pH değerini arttırır. 8.5'dan yüksek pH'da metanojenler için toksik etki gösterir. Biyogaz üretiminde yaygın olarak kullanılan malzemelerde C/N oranları aşağıdaki gibidir.(Food and Agriculture Organization of the United Nations 2005)

Tablo 4: Bazı maddelerin C/N oranları

Hammadde	C/N
Ördek	8
İnsan	8
Tavuk	10
Keçi	12
Domuz	18
Koyun	19
Sığır	24
Fil	43
Saman (pirinç)	70
Saman (buğday)	90
Talaş	200 den

Metan fermantasyonu sıvı ortamda gerçekleştiği için kullanılacak hammaddenin sıvı olması, %4-12 oranında kuru madde içermesi ekonomik bir faktördür. Katı atıklardan metan elde etmek için bu atıkların belli ölçüde kesilmesi, ufalanması ve sulandırılıp karıştırılması gerekeceğinden zaten sıvı olan diğer atıklara oranla ek bir mali külfet demektir.

BiyogazÜretimininYararları

Hayvansal ve bitkisel organik atık/artık maddeler, çoğunlukla ya doğrudan doğruya yakılmakta veya tarım topraklarına gübre olarak verilmektedir. Bu tür atıkların özellikle yakılarak ısı üretiminde kullanılması daha yaygın olarak görülmektedir. Bu şekilde istenilen özellikte ısı üretilemediği gibi, ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmamaktadır. Biyogaz teknolojisi organik kökenli atık/artık maddelerden hem enerji eldesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir.

- Ucuz - çevre dostu bir enerji ve gübre kaynağıdır.
- Atık geri kazanımı sağlar.
- Biyogaz üretimi sonucu hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybeder.
- Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek ölçüde yok olmaktadır.
- Hayvan gübrelerinden kaynaklanan insan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin büyük oranda etkinliğinin kaybolmasını sağlamaktadır.
- Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta üstelik çok daha değerli bir

organik gübre haline dönüşmektedir.

SONUÇLAR

Ülkelerin artan nüfus ve gelişen teknolojilerine bağlı olarak enerjiye olan ihtiyaçları her geçen gün artmaktadır. Gelecekte görülecek çevresel problemler sadece tabii kaynakların tükenmesinden değil, aynı zamanda bu kaynakların nasıl tüketildiği ile de alakalıdır. Fosil enerji kaynaklarının tükeneceği gerçeği, yenilebilir enerji kaynaklarının artan önemini vurgulamaktadır. Tarımsal, hayvansal ve endüstriyel atıklardan biyogaz üretilmesi hem çevre kirliliğinin azaltılmasını hem de çevre dostu enerji üretimini sağlayacaktır. Ayrıca proses sonucu elde edilen gübre, kimyasal gübre ihtiyacının azaltılması açısından da önemlidir. Biyogaz üretimi ile atıklar kontrollu ve uygun koşullarda depolanacaktır.

KAYNAKLAR

Bilgin, N., "Biyogaz Nedir?", Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara, 2003.

Curi, K., Albürek, M., "Büyükada'da At Atıklarından Biyogaz Üretilmesi Olurluluk Etüdü", Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul, 1989

Demirbaş, A. 2009. "Biofuels Securing the Planet's Future Energy Needs", Energy Conversion and Management, 50, p. 2239-2249

Dokuz Eylül Üniversity (2005), Biyokütle Enerjisi [Internet], Available from web.deu.edu.tr/erdin/pubs/biyoenerji2002.pdf [accessed at 7/2005].

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (2005), Biyogaz [Internet] Available from www.eie.gov.tr/biyogaz [accessed at 7/2005].

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2005), Biogas [Internet], Available from www.fao.org/sd/EGdirect/EGre0022.htm [accessed at 7/2005].

Onat S., Topaloğlu B., "Bir Biyogaz Üretim Sistem Modeli", V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 2004, 601-608.

The Energy and Resources Institute (2005) Biogas [Internet], Available from www.teriin.org/renew/tech/biogas/about.htm [accessed from 7/2005]

Uludağ Üniversitesi (2004), Biyogaz [Internet], Available from www20.uludag.edu.tr/~yahyau/biyogaz.htm [accessed at 10/2004].

"Yenilenebilir Enerji Kaynakları," 2008. Oda Raporu, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/2008/479, Ankara

http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz 17.04.2017

http://www.biyogazder.org 16.04.2017

http://www.biyogaz.web.tr 18.04.2017

www.muhendisbeyinler.net 16.04.2017

AYDIN İLİ SU KAYNAKLARI VE BÜYÜK MENDERES NEHRİ SU KALİTE İNCELEMESİ

Ayşenur TOPCU, Hatim ELHATİP
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
aysenurtopcu84@gmail.com, hatimelhatip@yahoo.com.tr

ÖZET: Tüm canlılar için gerekli ve vazgeçilme olan madde olan su, günümüzde kentleşmenin ve sanayileşmenin artmasıyla büyük önem taşımaktadır. Gelişmiş ülkelerde su potansiyellerinin takibi ve kirlilik incelemesi yapılmaktadır. Aydın ili su potansiyellerini ve en önemlilerinden Büyük Menderes Nehrinin su kalite parametreleri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, nehrin su çerçeve direktifinin hedeflerini güderek su kalite sınıflarını kirlilik parametreleri ile belirlemek ve bu kirlilik sınıfına göre kirliliğin azaltılmasına dair projeler geliştirmektir.

Anahtar kelimeler: *Büyük Menderes Nehri*

1.GİRİŞ

Bugün dünya üzerindeki su kaynakları kirlenme ve yok olma tehlikesi altındadır. Bu duruma sebep olarak evsel ve endüstriyel atıkları, turizm faaliyetleri ve bunlara ilave olarak küresel ısınmanın meydana getirdiği iklim değişiklerini ve kuraklığı göstermek mümkündür. Bu olumsuz faktörler sonucunda su kaynakları hızlı bir şekilde azalmaktadır. Aydın, orta ve batı kesiminde verimli ovalar, kuzey ve güneyi dağlarla çevrili Büyük Menderes Havzası üzerinde 8007 km2'lik bir alan üzerine kuruludur. Rakımı 65 m'dir. Büyük Menderes Nehri Türkiye'nin güneybatı kısmında 37° 12'- 38° 40' kuzey enlemleri ile 27° 15'- 30° 15' batı boylamları arasında yer almaktadır. Ege Bölgesi'nin 584 km ile en uzun nehridir. Debisi 110 m3 dür. Havza alanı 25 000 m2'dir. Büyük Menderes Nehri Afyon ili kireçtaşı yataklarındaki kaynak sularının, daha sonra havzada diğer yan dere ve çaylarla birleşerek oluşmuştur. Havza genelinde yaşayan nüfus yaklaşık 2,5 milyondur. Nehrin Aydın'a girişi, Buharkent ilçesi sınırlarıyla başlamakta ve Söke ile Didim arasındaki Söke'ye bağlı Dipburun mevkiinden Ege Denizine dökülmektedir (Şekil 1).

Şekil 1. Büyükmenderes Havzası ve çalışma alanın yeri (TUBİTAK, MAM, 2010)

Büyük Menderes Nehri ülkemizin en büyük akarsu kaynaklarından biri olup Ege Bölgesinin Uşak, Denizli ve Aydın illerine hayat vermiştir. Fakat yerleşim yerlerinden gelen evsel ve kanalizasyon sularının, tarımsal zirai ilaç atıkları, jeotermal atıklar, sanayi atık sularının arıtılmadan direk nehre verilmesi nedeniyle nehir hayat vermekten ziyade kirlilik ve hastalık taşıyan bir unsur haline gelmiştir (Şekil 2).. Nehir yıllar önce içme suyu ve balık avcılığı yapılan bir su kaynağı iken günümüzde birçok noktada sulama suyu için bile kullanılamaz kaliteye ulaşmıştır. Aydın su kaynakları açısından zengin bir ildir. Bu su kaynaklarının birçoğu Büyük Menderes Nehrine karışmaktadır (Çizelge 1).

Şekil 2: Büyük Menderes Havzası'nda Yer Alan Su Kaynakları Haritası
(TUBİTAK, MAM, 2010)

Tablo 1. Büyük Menderes Havzasındaki Akarsular

Akarsular	İldeki uzunluk (km)	Ort. Debi (m3/sn)	Kullanım amacı
Büyük Mend. Nehri	293	80.548	
Çine çayı	143.9	10.700	Sulama, enerji
Akçay	69.8	20.100	Sulama, içme suyu
Dandalaz çayı	44.5	2.270	Sulama, içme(Karacasu)
Cılımbız deresi	11.2	0.262	İkizdere barajı veri temini
Yalkı deresi	21.1	0.225	İkizdere barajı veri temini
Tabakhane deresi	20.2	0.373	Aydın içme suyu temini
Kapızdere	17.9	0.661	Sulama

Sarıçay	47.7	1.590	İçme suyu (sarıçay barajı)
İkizdere	21.5	2.130	İçme suyu(İkizdere barajı)
Köşk deresi	23.1	1.070	Sulama
Madran çayı	41.2	0.950	Sulama, taşkın

2. MATERYAL ve METOT

DSİ (Devlet Su İşleri)'nin 21. Bölge Müdürlüğü Büyük Menderes Nehri üzerinde belirlediği 66 istasyondan düzenli aralıklarla su örnekleri almakta ve 31 noktada gözlem istasyonları kurarak nehir hakkında 1992 yılından bu yana düzenli veriler oluşturmaktadır. Su kalitesi sınıflamaları için DSİ'den temin edilen su kalitesi ölçüm verileri kullanılarak ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre verilen kalite kriterleri esas alınarak yüzeysel su kalite sınıfları belirlenmiştir. Verilerin mevcut ve yeterli olduğu durumlarda her DSİ istasyonu su kalitesi sınıfları tespit edilmiş ve CBS yardımı ile oluşturulan haritalara işlenmiştir. Su kalite sınıfları Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği 'nde şu şekilde tanımlanmıştır:

Sınıf I: Yüksek kaliteli su — Sınıf II: Az kirlenmiş su

Sınıf III: Kirli su — Sınıf IV: Çok kirlenmiş su

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Su kalitesi kontrolü yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre su kalite sınıfları fiziksel ve kimyasal parametreler, organik kirletici parametreleri ve inorganik kirletici parametreleri standartları aşağıdaki Çizelge 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Su Kaynaklarının fiziksel ve kimyasal parametreleri

Su kalite parametreleri	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0dışında
Çözünmüş oksijen (mgO2/L)	8	6	3	< 3
Oksijen doygunluğu (%)	90	70	40	< 40
Klorür iyonu (mg Cl^-/L)	25	200	400	> 400
Sülfat iyonu (mg SO4=/L)	200	200	400	> 400
Amonyum azotu (mg NH4+-N/L)	0.2	1	2	> 2
Nitrit azotu (mg $NO2^-$-N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
Nitrat azotu (mg $NO3^-$-N/L)	5	10	20	> 20
Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
Sodyum (mg Na+/L)	125	125	250	> 250

Organik kirleticiler	I	II	III	IV
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	>70
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri(mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
Toplam pestisit (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1

İnorganik parametreler	I	II	III	IV
Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
Florür (µg F^-/L)	1000	1500	2000	> 2000
Sülfür (µg S=/L)	2	2	10	> 10
Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
Bor (µg B/L)	1000	1000	1000	> 1000
Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1

Aydın il sınırlarındaki Büyük Menderes Nehrinin numune alma istasyonları şu şekildedir. Bu numune istasyonlarından DSİ 21. Bölge Müdürlüğü tarafından yılda belirli aralıklarla numune alarak analizleri yapılmaktadır (Çizelge 3).

Tablo 3. Büyük Menderes Nehrinin numune alma istasyonları

İstasyon numarası	Numune alma yeri
1	Nazilli
2	Akçay Regülatörü
3	Yenipazar Regülatörü
4	Aydın Köprüsü
5	İkizdere Barajı Aksı
6	Koçarlı Köprüsü
7	Söke Regülatörü
8	Gümüşçay Ortaklar Söke Karayolu Köprüsü
9	Söke Milas karayolu köprüsü
10	Balat Köprüsü

İstasyonlardan alınan numunelerin ölçüm parametrelerini su kalite sınıflarına göre grafiksel hale getirildi.

Ölçüm parametreleri:

A grubu: sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, klorür iyonu, sülfat iyonu, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, toplam çözünmüş madde ve sodyum.

B grubu: kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, toplam kjeldahl azotu.

C grubu: cıva, kadmiyum, kurşun, arsenik, bakır, krom, çinko, demir, mangan, bor.

D sınıfı: toplam koliform.

SKKY: Su kirliliği kontrolü yönetmeliği

Alınan örneklerinin analiz sonuçlarının grafiksel değerlendirmeleri Şekil 3'ten Şekil 13'e kadar verilmiştir.

Şekil 3. Nazilli istasyonu ölçüm parametreleri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 4. Akçay regulatörü ölçüm parametreleri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 5. Yenipazar regulatörü ölçüm parametre-leri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 6. Aydın köprüsü ölçüm parametreleri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 7. İkizdere barajı ölçüm parametreleri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 8. Koçarlı köprüsü ölçüm parametreleri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 9. Söke regulatörü ölçüm parametreleri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 10. Gümüşçay Ortaklar köprüsü ölçüm parametreleri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 11. Söke-Milas karayolu köprüsü ölçüm parametreleri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 12 Balat köprüsü ölçüm parametreleri SKKY' ye göre su kalite analizi

Şekil 13. Tüm istasyonlarda fiziksel ve kimyasal parametreler, organik kirletici parametreleri, inorganik kirletici parametreleri, mikrobiyal kirletici parametreleri su kalite sınıflarına göre karşılaştırılması yapılmıştır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Aydın sınırları içerisinde Büyük Menderes Nehri için DSİ 21. bölge müdürlüğü ve Çevre ve Şehircilik Aydın il müdürlüğünden alınan bilgilerden yola çıkıldığında;

Nehir boyunca genel olarak suyun kalitesi III (kirli su) olarak görülmüştür. AB Su Çerçeve Direktifi kapsamında havza genelinde yıl boyunca sürekli analizler yapılarak kirlilik sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak geçmiş yıllardan bu yana su kalitesi iyiye doğru gittiği saptanmış bu kalitenin daha da iyi olması için halen çalışmalar devam etmektedir. Nehirde kirlenme sebebi evsel ve kanalizasyon sularının, tarımsal zirai ilaç atıkları, jeotermal atıklar, sanayi atık sularının arıtılmadan direk nehre verilmesi sonucu oluştuğu saptanmış. Bu kirlenmelerin önüne geçmek için atıksu arıtımı yapılarak nehre deşarjı arıtımdan sonra yapılmalıdır. Bunu için Bakanlıkça denetimler sıkça yapılmalı ve Büyük Menderes Nehri hayat vermeye devam etmelidir.

KAYNAKLAR

Semra KÜÇÜK, 2007, ADÜ Ziraat Fakültesi dergisi, tez çalışması.

Aydın Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Aydın İli Çevre Durum Raporu (2016)

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Büyük Menderes Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı

Mühendislik Bilimleri dergisi Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi(2001)

İstanbul Teknik Üniversitesi, Havza ölçeğinde su kalite yönetimi: Büyük Menderes Nehri Havzası örnek çalışması, yüksek lisans tezi, Elif Yenici, 2010

http://www.cygm.gov.tr/CYGM/Files/Guncelbelgeler/HAVZA_FiNAL/Buyuk_Menderes/B.Menderes_Havzas%C4%B1.pdf
http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/B%C3%BCy%C3%BCk_Menderes_izl_prog_Sunum.sflb.ashx
http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/R4_River_Basin_Management_Plan_TR_1.sflb.ashx
http://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/doga_koruma/doal_alanlar/buyuk_menderes_havzasi/
https://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/buyuk_menderes_KOEP.pdf

ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ UYGULAMALARI

Burak Can ŞAHİN[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*

ÖZET: Endüstriyel simbiyoz birbirine yakın olup, normalde birbirlerinden bağımsız çalışan iki veya daha fazla sektörün bir araya gelerek hem çevresel performansı hem de rekabet gücünü artıracak çevrsel ve rekabet gücünü artırıcı bir uygulamadır. Bu uygulama ile atık yönetimi atıksıvıların kontrolü geri dönüşüm ve kazanım ilkeleri uygulanmakta ve yeşil etiket olgusu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada sektörlerin bu uygulamayı kullanımı ülkemiz ve dünyadaki genel durum derlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Endstriyel simbiyoz; atık su; atık azaltımı; geri kazanım*

GİRİŞ

Simbiyoz" biyolojik bir terimdir ve iki canlının tek bir organizma gibi birbirleriyle yardımlaşarak bir arada yaşamaları anlamına gelmektedir. Endüstriyel simbiyoz doğadakine benzer şekilde birbirine yakın iki bağımsız endüstriyel işletme arasında madde ve enerji değişimi olarak tanımlanmıştır. Endüstriyel Simbiyoz Türkiye'de ilk olarak Bakü-Tiflis-Ceyhan Petrol Boru Hattı Şirketi'nin (BTC Şirketi), boru hattı güzergâhında sürdürülebilir bölgesel kalkınmaya destek sağlamak amacıyla uygulamakta olduğu "Bölgesel Kalkınma Girişimi" çerçevesinde gündeme geldi. Bu kapsamda, BTC Şirketi'nin kurumsal sosyal sorumluluk anlayışıyla başlattığı "İskenderun Körfezi Endüstriyel Simbiyoz Projesi"nin ilk aşaması 2009 – 2010 yıllarında hayata geçti. Projenin bu aşaması Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından Adana Sanayi Odası (ADASO) koordinasyonu ile, BTC Şirketi'nin yanı sıra DPT'nin de finansman desteği ile gerçekleşmiş oldu.

Şekil 1: Endüstriyel simbiyoz dengesi

İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDE ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ PROJESİ UYGULAMA

Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) ve BTC Şirketi arasında 27 Aralık 2010 tarihinde imzalanan sözleşme ile "İskenderun Körfezi Endüstriyel Simbiyoz Projesi – Uygulama Aşaması" başlatıldı. Projenin ana finansmanını BTC Şirketi üstlenirken, proje TTGV yürütücülüğünde gerçekleştirildi. TTGV'nin ayni katkı da sağladığı proje faaliyetleri İngiltere'de Ulusal Endüstriyel Simbiyoz Programını uygulayan International Synergies Ltd. Şirketi ve ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü ile işbirliği içinde yürütüldü.

Şekil 2: İskenderun Bölgesi Endüstriyel simbiyoz

İskenderun Körfezi'nde Endüstriyel Simbiyoz Projesi - Uygulama Aşaması'nda amacı, endüstriyel simbiyoz yaklaşımının İskenderun Körfezi çevresinde hayata geçirilmesi; bu kapsamda bölgesel bazda edinilen deneyimle, ulusal bir Endüstriyel Simbiyoz Programı'nın geliştirilmesi için de önemli bir adım atılması olarak belirlendi. Hedeflenen ana çıktılar ve sonuçlar: Endüstriyel Simbiyoz uygulamalarının gerçekleştirilmesine yönelik teknik ve idari altyapının oluşturulması, İskenderun Körfezi'nde yeni Endüstriyel Simbiyoz olanaklarının belirlenmesi ve pilot uygulamaların geliştirilip uygulamaya konulması, İskenderun Körfezi'nde Endüstriyel Simbiyoz uygulamalarına yönelik bir veri tabanı ve iletişim ağı oluşturulması Paydaşlar arasında Endüstriyel Simbiyoz uygulamalarının yaygınlaştırılması ve iletişimin güçlendirilmesi, Ulusal bir Endüstriyel Simbiyoz Programına yönelik uygulama modeli ve planının geliştirilmesi şeklinde sıralanmıştır.

ÖRNEK ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ PROJELERİ

Atık Alış Verişine Yönelik

Uygulamalar Diğer Uygulamalar

ATIK ALIŞ-VERİŞİNE YÖNELİK UYGULAMALAR:

Bu kapsamda 10 örnek proje üzerinde çalışıldı: Meyve posasından hayvan yemi üretimi

Taraflar:

Limkon Gıda San. ve Tic. A.Ş. Meyve suyu konsantresi üreticisi Akay Sanayi Madencilik Dış Tic. Ltd. Şti., Kireç üreticisi

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Danışman

Proje kapsamı:

Limkon firmasının üretim prosesi sonucu ortaya çıkan meyve posasının Akay Kireç'in üretim tesisindeki atık ısının kullanılarak kurutulması ve hayvan yemine dönüştürülmesi kapsamında çalışmalar yapıldı. Elde edilen ürünün ticarileşmesi için kritik olan besin madde bileşimi ve enerji değeri analizleri gerçekleştirilerek iyi kaliteli yem kaynağı özelliğine sahip olduğu görüldü. yıllık 115 ton petrokok karşılığı atık ısının değerlendirilmesi ve karbondioksit salımının yaklaşık 3500 ton azalması beklenirken yılda 12000 ton atığın değerlendirilerek 1400 tondan fazla yem üretilebileceği ortaya kondu. Projenin geri ödeme süresi yaklaşık 3 yıl olarak belirlenmiş oldu.

Tarımsal ve hayvansal atıklardan enerji üretimi Taraflar:

Erka-Evd Enerji Yönetimi Ve Danışmanlık Hizmetleri, Mühendislik firması Akdeniz Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Danışman

Proje kapsamı:

Bölgedeki farklı üreticilerden kaynaklanan mısır atıklarının yanı sıra, tavuk ve büyükbaş hayvan atıklarından biyogaz ve enerji üretimine yönelik bir fizibilite çalışması gerçekleştirildi. Bölgeden toplanan atıklar ve bu atıkların farklı oranlardaki karışım alternatifleri için atık karakterizasyon analizleri ve biyokimyasal metan potansiyeli (BMP) testleri gerçekleştirildi. Söz konusu atıklardan biyogaz üretimi açısından en verimli alternatifler belirlendi. Elde edilen sonuçlar dikkate alınarak 1 MW kurulu güçte bir tesisin kurulması senaryosu esas alınarak, toplam 41000 ton tarımsal ve hayvansal atıktan yılda yaklaşık 9 milyon kilowatsaat enerjinin yanı sıra, yılda yaklaşık 5500 ton katma değeri yüksek organik gübre elde edilebileceği

gösterildi. Böylesi bir yatırımın yerli ekipman ve teknolojilerin değerlendirilmesi durumunda yaklaşık 4 yılda kendini geri ödeyeceği belirlendi.

Pamuk tohumu atığından biyoremidasyon ürünü üretimi

Taraflar:

MayAgro Tohumculuk San. Tic. A.Ş., Pamuk tohumu üreticisi

Çevsu Çevre ve Su Teknolojileri Ltd., Biyoremidasyon malzemesi üreticisi Botaş International Limited (BIL), Boru hattı işletmecisi

Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş. (BOTAŞ), Boru hattı işletmecisi Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Danışman

Proje kapsamı:

May-Agro üretim tesisinde pamuk tohumu üretimi sırasında ortaya çıkan lint atığının Çevsu tarafından pilot ölçekte işlenmesi ile elde edilen Biyorem adlı biyoremediasyon ürününün performansının belirlenmesine yönelik çalışmalar yapıldı. Bu kapsamda, petrolle kirlenmiş toprakların biyoremediasyon yöntemiyle temizlenmesi ve topraktaki petrolün tutularak yayılmasının önlenmesine yönelik olduğu öngörülen ürünün biyoremidasyon ve adsorpsiyon potansiyelinin belirlenmesi için 8 aylık süre içinde saha denemeleri ve laboratuvar analizleri gerçekleştirildi ve başarılı sonuçlar elde edildi. Üretim tesisinin ticari ölçeğe taşınmasına yönelik fizibilite çalışmaları yapıldı, yatırımın kendini 3,5 yılda geri ödeyebileceği ortaya kondu. Yedi farklı kuruluşu buluşturan, yeni bir iş fikrini ve girişimciliği destekleyen bu projenin hayata geçmesi durumunda yılda 1000 ton atığın ithal ikamesi bir ürüne dönüştürülebileceğini gösterilmiş oldu.

Atıkyağdan elektrik üretimi

Ömrünü tamamlamış lastiklerden granül üretimi Hurda akülerden kurşun geri kazanımı

Taraflar:

Adatel Telekomünikasyon ve Mühendislik Hizmetleri San. ve Tic. A.Ş., Telekomünikasyon

Proje kapsamı:

Adatel firması, Hacı Sabancı Organize Sanayi Bölgesi'nde inşaatına devam ettiği geri kazanım tesisi ile birçok endüstriyel sektörün ortak sorunu olan atık yağdan elektrik üretimine

yönelik yenilikçi bir projeyi uygulamaya geçirdi. Söz konusu uygulama kapsamında, toplanan atık yağların uygun işlemden geçirilmesini takiben elektrik üretimi gerçekleştirilecek. Kurulumu başlanan tesiste, atık yağların yanı sıra, ömrünü tamamlamış lastiklerden granül üretimi ve atık akülerden de kurşun ve plastik geri kazanımı söz konusu olacak. Üç farklı endüstriyel simbiyoz uygulamasının hayata geçtiği bu geri kazanım tesisinde, toplam 40 bin ton atık değerlendirilecek.

Soda proses atığının çimentoda katkı maddesi olarak kullanılması

Taraflar:

Soda Sanayii A.Ş., Soda kimyasalları üreticisi Çimento Sanayii Türk A.Ş, Çimento üreticisi

Özellikle Yumurtalık – Ceyhan bölgesinde faaliyet gösteren büyük işletmeler bir araya getirilerek atık alış verişi dışında gerçekleştirilebilecek simbiyoz olanaklarının belirlenmesine yönelik bir çalıştay gerçekleştirildi. Tarafların görüşleri ve çalıştayın çıktıları dikkate alınarak, SEVESO (Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması) ve MARPOL (Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesi) ile ilgili yasal düzenlemeler ve yükümlülüklere yönelik ortak bir eğitim programı düzenlendi. Eğitim kapsamında, bu alanlarda yapılabilecek işbirliği alanları da değerlendirildi. Bu doğrultuda da, 2013 yılı başında revize olarak yürürlüğe giren Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Yönetmeliği kapsamında atılabilecek adımlar ve işbirliklerinin tartışılmasına yönelik olarak ilgili tarafların –özellikle ilgili kamu kurumlarının- bir araya getirildiği bir toplantı düzenlendi. Bu kapsamda, bölgedeki büyük işletmelerin yanı sıra Çalışmave Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nınyanısıra Afetve Acil Durum Başkanlığı (AFAD), Adana İl Çevre ve Şehircilik ile Afet ve Acil Durum Müdürlükleri ve belediyelerin de katılımıyla bir çalışma grubu oluşturulmasına karar verildi.

Dünya'daki Endüstriyel Simbiyozun Uygulandığı Ülkeler; Danimarka, İngiltere, Kanada, Güney Kore, Japonya, Meksika, Avustralya, ABD, Çin, Brezilya, İsviçre

SONUÇ

Gerek çevre gerekse ES konusu sadece yerel duyarlıklarla ve yerel çalışmalarla hedefe ulaşamaz. Bölgesel çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ülkemizde endüstriyel kirlenmenin

kontrol altına alınabilmesi için, araştırma geliştirme yatırımları arttırılmalı, üretim teknolojilerinde yenilenmeye gidilmeli ve işletme kurulmadan önce üretim süreçlerini gözden geçirerek ES uygulamaları gibi yenilikçi yaklaşımlar ile temiz üretim hedeflenmelidir.

KAYNAKLAR

URL-1 <http://www.endustriyelsimbiyoz.org/>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1 <http://arsivbelge.com/yaz.php?sc=1433>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1 < http://docplayer.biz.tr/6204180-Endustriyel-simbiyoz-kavrami-ve-dunyadan-uygulama-ornekleri.html>, alındığı tarih: 28.04.2017.

ZEYTİN KARASUYU'NUN MEMBRAN BİYO REAKTÖR TEKNOLOJİSİ İLE GİDERİMİNE YÖNELİK ARAŞTIRMA

Burak KARA[1], Doç. Dr. Fatma GÜRBÜZ[1]
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Dünya zeytinyağı üretimi ağırlıklı olarak İspanya, İtalya, Yunanistan ve Türkiye gibi Akdeniz ülkelerinde yapılmaktadır. Üretim prosesi sonrasında açığa çıkan zeytin karasuyu, yüksek kirletici özellikleri, mevsimsel ve bölgesel üretilmesi gibi sebeplerden dolayı, Akdeniz Bölgesi'nde önemli bir çevresel problem oluşturmaktadır. Organik madde, askıda katı madde, yağ ve gres içeriği oldukça yüksek olan kara suyun arıtımında, birçok arıtma yöntemi geliştirilmiş ve denenmiştir. Bu çalışmada zeytin kara suyunun Membran Biyo-Reaktör (MBR) teknolojisi ile arıtılması konusu değerlendirilip bir özet oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Zeytin karasuyu, Membran Biyo-Reaktörler, Atık arıtımı*

1.GİRİŞ

Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz ülkelerinde zeytin ve zeytinyağı üretimi ekonomik anlamda oldukça önemli bir yere sahiptir. Dünya zeytinyağı üretiminin %97'si Akdeniz ülkelerinde gerçekleştirilmektedir. İspanya (%43), İtalya (%14,3), Yunanistan 9,8 Suriye 5,5 Türkiye 5,2 (IOC, 2015). Dünya çapındaki zeytinyağı üretimi yılda yaklaşık 2 milyon ton olarak tahmin edilmekle birlikte, bu üretimin %80-84'ünün Avrupa Birliği tarafından gerçekleştirildiği bildirilmektedir. Zeytinyağı üretiminde başı çeken ülkeler İspanya (1536600 ton), İtalya (450000 ton), Yunanistan (230000 ton) ve Türkiye'nin (180000 ton) ardından Tunus, Portekiz, Fas ve Cezayir'dir. (Gümrük ve Tic. Bakanlığı 2014).

Zeytinyağının üretimi esnasında çevre üzerinde olumsuz etkiler bırakan zeytin karasuyu ve pirina oluşmaktadır. Zeytincilik sektörünün çözmesi gereken bir problem haline gelen karasu; doğal suları renklendirme, sucul yaşamı tehdit etme, yüzey ve yer altı suyu kirliliğine neden olma, toprak kalitesini ve bitki büyümesini değiştirme, koku yaratma gibi çeşitli olumsuz etkilere sahiptir. (Ün vd., 2006).

2. KARASUYUN FİZİKSEL VE KİMYSAL ÖZELLİKLERİ

Karasu olarak isimlendirdiğimiz zeytin vejetasyon suyu, zeytinin yapısından gelen su, zeytin yıkama suyu ve zeytinyağı üretim aşamasında ilave edilen suların karışımından oluşmaktadır. Zeytinin zeytinyağına dönüştürülmesi sırasında meydana gelen zeytin karasuyu; zeytinin içerisindeki özsu, zeytin yıkama suları, proses sırasında katılan su ve pirinadan sızan suların toplamından meydana gelmektedir (Sassi vd., 2006).

Karasu; zeytinin türüne, olgunluğuna, yetiştiği bölgenin toprak ve iklim şartlarına, üretim prosesine göre farklılık göstermektedir. Bu atıksu; koyu renk, yüksek bulanıklık, kötü koku, yüksek miktarda askıda katı madde, yüksek organik madde konsantrasyonları ile karakterize edilmekte ayrıca yağ ve fenolik bileşikler gibi kirletici özelliği yüksek olan maddeleri içermektedir. Karasu; Zeytinyağı üretimi sırasında açığa çıkan koyu renkli organik ve mineral maddeler bakımından zengin asidik nitelikte sıvı alt üründür. Miktarı ve içeriği; kullanılan yağ çıkarma sistemine, zeytinin çeşidine ve olgunluk derecesine, toprak ve iklim özelliklerine ve hasat zamanına bağlı olarak değişmektedir. Zeytin vejetasyon suyu % 83- 96 oranında su, % 3.5- 15 oranında organik bileşikler ve % 0.2- 2.0 oranında mineral tuzları içermektedir. Bunların dışında belirli oranlarda potasyum, fosfor, azot, magnezyum, demir içerdiği belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: Ege Bölgesi zeytinyağı fabrikalarında oluşan zeytin vejetasyon suyuna ait bazı analiz sonuçları (Işıklı,1992)

Parametreler	Değerler	Parametreler	Değerler(ppm)
Ph	4.9	Azot	504.0
Sıcaklık(^oC)	49.3	Fosfor	153.0
E.C(dS/cm)	5.6	Potasyum	1868.0
Asidite(mg/l,$CaCO_3$)	5183.3	Kalsiyum	150.0
Şeker(%)	3.9	Magnezyum	76.0
$BOİ_5$(g/l)	77.5	Mangan	2.7
KOİ(g/l)	108.3	Çinko	0.9
Toplam katı madde(g/l)	47.7	Bakır	0.3
Toplam sabit katı madde(g/l)	19.5	Demir	1837.0
Toplam uçucu madde(g/l)	23.7	Bor	5.2
Süspanse madde(g/l)	4.8	Sodyum	67.4
Fenol(g/l)	10,6		
Polifenoller(g/l)	40,3		
Yağ gres (g/l)	35,2		

Zeytin karasuyunun yüksek organik kirliliği, fenolik bileşikler, askıda katı madde ve yağ asitleri arıtma proseslerinde sorunlara neden olmaktadır. Bunların dışında üretimin sürekli olmaması, sezonluk yapılması, zeytinyağı üretimi yapan işletmelerin küçük (10-100 m^3) debili olması, tesislerin coğrafi olarak geniş alana yayılması, her bir işletmenin atıksu karakterizasyonunun günler bazında dahi farklılıklar göstermesi karşılaşılan diğer teknik sorunlardır.

3. ZEYTİN KARASUYUNDA FENOL BİLEŞİKLER

Fenolik bileşiklerin zeytin karasuyundaki en önemli toksisite kaynağı olduğu ve karasuyun mikrobiyal degredasyonunu kısıtladığı bilinmektedir (Ena ve ark., 2012). Ayrıca, fenolik türevler, zeytin karasuyunun arıtılması en zor yan ürünü olarak kabul edilmektedir (Kontos ve ark. 2014). Bununla birlikte, zeytin karasuyunda bulunan fenolik bileşiklerin güçlü antioksidant özellikleri keşfedildiğinden beri, karasudan fenolik türevlerin geri kazanımı çalışmaları hız kazanmıştır (Sklavos vd, 2015).

4. ZEYTİN KARASUYUNUN ARITIMINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Zeytin karasuyunun arıtımında bir çok yöntem kullanılmaktadır. Arıtmada kullanılan yöntemleri Fiziksel arıtım, kimyasal arıtım, biyolojik arıtım ve ileri arıtım prosesleri olmak üzere 4 ana başlık altında toplayabiliriz. Genellikle karasu arıtımında bu yöntemler kombine bir şekilde kullanılmaktadır.

Tablo 2: Zeytinyağı Fabrikası Atıksuları İçin Belirlenen Deşarj Kriterleri (S.K.Y.)

Parametreler	Birim	Kompozite numune 2 saatlik	Kompozite numune 24 saatlik
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ	(mg/L)	250	230
Yağ ve Gres	(mg/L)	60	40
pH	-	6-9	6-9
Renk	(Pt-Co)	280	260

5.1.Fiziksel Arıtma Yöntemleri

Zeytin yağ endüstrisi atık suları(karasu), yüksek konsantrasyondaki KOİ, BOİ ve Fenol içeriği ile karakterize edlebilir. Karasuyun fiziksel arıtımı amacı ile pek çok yöntem kullanılmaktadır. Santrifüjleme, çökeltim, filtrasyon, adsorpsiyon, buharlaştırma distilasyon ve havalandırma karasu için kullanılan fiziksel ve fizikokimyasal arıtım yöntemleridir.

5.2.Kimyasal Arıtma Yöntemleri

Zeytin karasuyunun kimyasal arıtımında genellikle kimyasal pıhtılaştırma, oksidasyon, çöktürme prosesleri kullanılmaktadır. Kimyasal pıhtılaştırma; atıksudaki kolloid maddelerin farklı kimyasallar yardımı ile suda çözünemeyen birleşikler haline getirilerek, atıksudan uzaklaştırılmasını amaçlamaktadır. Kimyasal arıtmada genellikle $FeCl_3$, $FeSO_4$, $Ca(OH)_2$, HCl,

H_2SO_4, alüm gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Aktaş vd., 2001). Kimyasal pıhtılaştırma ve yumaklaştırma proseslerini takiben kimyasal çöktürme uygulanır.

Kimyasal arıtma ile; zeytin karasuyunun inorganik içeriği yüksek oranlarda giderilirken, organik içeriğinin gideriminde yeteri kadar verim elde edilememektedir. Zeytinden zeytinyağı üretim prosesinde hiçbir kimyasal madde kullanılmadığı halde, bu arıtım yönteminin seçilmesi halinde çok yüksek miktarda bertarafı zor ve maliyetli kimyasal çamur açığa çıkmaktadır.

Tablo 3: Karasuyun bazı kimyasal proseslerle arıtımı verimleri

Arıtım Yöntemi	**Koşullar**	**Verim**
Kimyasal çöktürme prosesi	Ca(OH)2 eklenmesi	%26 KOİ ve %39 AKM giderimi
Koagülasyon+ floklaştırma+ çökeltim prosesleri	HCl ve Ca(OH)2 ilavesi, pH=2 ve 10	%38 KOİ, %79 AKM ve %23 yağ-gres giderimi
Elektrokoagulasyon prosesi	10 dk uygulama süresinde 12V kullanımı	%96 renk giderimi, %57 KOİ giderimi
Hava flotasyonu	100 ppm çitosan konsantrasyonu,	%95 oranında KOİ giderimi
Elektrofenton + asit kraking prosesi	Fe+2 için 4500 mg/L, H2O2 için 3000 mg/L ve pH 4	% 91 KOİ giderimi
Oksidasyon ve gelişmiş oksidasyon prosesleri	43 A*h/L, 80 derece ve 5 mM NaCl kullanımı	% 40- 60 KOİ giderimi
Oksidasyon prosesi	pH=4,3 400 mg/L çitosan dozunda	Fentonda 85%; elektrofenton da 95% organik madde giderimi, AKM %81 giderimi
Elektrofenton prosesi	Pıhtılaşma ve çökelme işlemleri uygulama süresi 4 ve 8 saat	monofenolik bileşikler %95 ve %50 KOİ giderimi
Ozonlama prosesi	pH 5, T 20°C, O3 konsantrasyon 23 g/Nm3	%90 fenolik bileşiklerin giderimi

5.3.Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Çevre dostu, güvenilir ve uygun maliyetli olan biyolojik arıtmada, organik madde ve inorganik nütrientlerin giderimi sağlanmaktadır. Mikroorganizmaların atıksuya adaptasyonları ve fenolik maddelerin mikroorganizmaları inhibe etmemesi, biyolojik arıtmada üzerinde önemle durulması gereken konulardır (Paraskeva ve Diamadopoulos, 2006). Karasuyun içeriğindeki polifenol ve lipitlerin biyolojik olarak parçalanma reaksiyon hızı, şekerlere ve uçucu asitlere göre daha düşük olması nedeniyle sınırlıdır (Rozzi, Malpei, 1996).

5.3.1. Aerobik arıtım prosesi

Aerobik mikroorganizmaların, oksijen varlığında, kirlilikleri yükseltgeyerek parçalaması temeline dayanan aerobik arıtma, karasudaki kirletici fraksiyonunun bozunmasını sağlar ve çıkış suyundaki toksisiteyi azaltır (Paraskeva ve Diamadopoulos, 2006). Aerobik arıtmada, genellikle atıksuda küçük miktarlarda bulunan çözünmüş ve kolloidal haldeki kirlilikler giderilmektedir (İkizoğlu ve Haskök, 2005).organik madde giderimi sağlarken aynı zamanda biyokütlenin oluşturulduğu bir prosestir.

5.3.2.Anaerobik Arıtma

Anaerobik mikroorganizmalarla gerçekleştirilen bu proses, hidroliz, asitojen ve metanojen olmak üzere üç ana adımdan oluşmaktadır. Anaerobik arıtma, karasu arıtımında kullanılan diğer metotlar içinde en çok kullanılan arıtmadır. Düşük enerji gereksinime sahip olan bu metotta, az çamur üretilir ve oluşan metan gazı enerji üretiminde kullanılır (Paraskeva ve Diamadopoulos, 2006).

5.4.İleri arıtma prosesleri

5.4.1.Fotokimyasal İleri Oksidasyon Prosesleri

İleri oksidasyon prosesleri (İOP), organiklerin oksidatif olarak parçalanması için hidroksil radikallerinin (OH•) üretilmesi prensibine dayanmaktadır. Hidroksil radikali (OH•), ozon ve hidrojen peroksitten daha hızlı reaksiyona girerek, büyük ölçüde arıtma maliyetlerini ve sistem boyutunu azaltır. Ayrıca OH• radikali güçlü, seçici olmayan bir kimyasal oksidandır (Loraine ve Glaze, 1992).

5.4.2.Elektrokimyasal Yöntemler

Elektrokimyasal yöntemler, redoks yöntemleridir. Bu proseslerde sıvı ortamdan elektriksel akım geçirilmekte ve elektrolitlerde oluşan hidrojen ve oksijen gazları kolloidlere yapışarak bunları sıvı yüzeyine doğru çıkarmaktadır. Yüzeyde toplanan kolloidler ise sıyırıcılar tarafından alınmaktadır. Bu yöntemlerin dezavantajı, çok pahalı olmalarıdır. Elektrokimyasal yöntemler, zeytin karasuyundan toksik bileşiklerin giderilmesi için, ön arıtım olarak kullanılabilirler (İkizoğlu ve Haskök, 2005; İnan vd., 2002).

5.4.3.Adsorpsiyon Yöntemi

Adsorpsiyon bir ara yüzey üzerinde çözeltide çözünmüş olan maddelerin toplanması işlemidir. Günümüzde yüzey yapılarına, kimyasal özelliklerine, göre farklı adsorbanlar kullanılmaktadır. En yaygınları aktif karbon olmakla beraber, doğal zeolit, bentonit, kil, montmorillonittir (Stokes ve Evans, 1997).

5.4.4.Membran Prosesi

Membran prosesler, atıksu arıtımında son 30 yıldır popüler olarak kullanılan umut vadeden bir teknolojidir. Düşük alana ihtiyaç duyan membran proseslerde, kimyasal madde kullanılmamaktadır. Bu sistemde atıksu permeat ve konsantrat olmak üzere iki faza ayrılır. Konsantrat, yakma ya da katı atık depolama alanına gönderilerek bertaraf edilebilir (Azbar vd., 2004; Oktav Akdemir ve Özer, 2008). Membran proseslerin en önemli dezavantajı ekonomik olmamalarıdır (Paraskeva vd., 2007).

6. ZEYTİN KARASUYU ARITIMINDA MEBRAN BİYO REAKTÖRLER (MBR)

Membran biyoreaktör (MBR) arıtım sistemleri biyolojik arıtım metotlarından biri olan aktif çamur prosesini membran ayırma prosesiyle birleştiren sistemlerdir (DeCarolis Jr. ve Adham, 2007). Reaktör, konvansiyonel bir aktif çamur prosesine benzer şekilde işletilmekte olup, bu arıtma tekniğinde son çöktürme tankına ve kum filtrasyonu gibi üçüncül arıtma işlemlerine gerek duyulmamaktadır. MBR prosesi hidrolik ve çamur alıkonma sürelerinin birbirinden farklı olmasını olanaklı kılmaktadır. Böylece tüm çamur MBR içinde tutulabilmekte ve çamur yaşının yeterince uzun olması sağlanabilmektedir. Bu sistemlerde, arıtılmış çıkış suyu kalitesinin reaktör içerisindeki biyokütlenin çökebilme özelliklerinden etkilenmesi de olanaksız hale gelmektedir (Song vd., 2008). Ayrıca biyolojik arıtımın biyokütle kaybından ve şişmeden dolayı başarısızlıkla sonuçlanması da bu sistemlerde söz konusu olmamaktadır (Kim vd., 2008). Membran proseslerin en önemli dezavantajı ekonomik olmamalarıdır (Paraskeva vd., 2007). MBR"de kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) üzerine kurulan madde dengesi giriş suyu KOİ"sinin yaklaşık olarak %90"ının karbondioksite oksitlendiğini ve reaktördeki askıda katı madde konsantrasyonunun çamur atılmaksızın neredeyse sabit kaldığını göstermektedir (He vd., 2006). Zeytin karasuyu için Membran biyoreaktörleri ele alacak olursak Fenolik bileşiklerin zeytin karasuyundaki en önemli toksisite kaynağı olduğu ve karasuyun mikrobiyal degredasyonunu kısıtladığı bilinmektedir (Ena vd., 2012). Ayrıca, fenolik türevler, zeytin

karasuyunun arıtılması en zor yan ürünü olarak kabul edilmektedir (Kontos vd.,, 2014). Bununla birlikte, zeytin karasuyunda bulunan fenolik bileşiklerin güçlü antioksidant özellikleri keşfedildiğinden beri, karasudan fenolik türevlerin geri kazanımı çalışmaları hız kazanmıştır (Sklavos vd., 2015). biyolojik arıtım için toksik bileşiklerin membran filitreler sayesinde tutulup geri kazanımı sağlanmasıyla karasuyun ikinci arıtım olan biyolojik arıtımının kolaylaşması sağlanmaktadır.

6.1.Membran biyoreaktör sistemlerinin avantaj ve dezavantajları

Membran biyoreaktör sisteminin avantajları arasında; organik madde gideriminde yüksek verimliliğe sahip olması, geliştirilmiş besi maddesi giderim stabilitesi, arıtımı zor olan atıklara uygulanabilmesi, düşük çamur üretimi, çıkış suyunun yüksek kalitede dezenfeksiyonu, yüksek yükleme hızı, daha az kirlenmiş çamur oluşumu ve reaktör için ihtiyaç duyulan alanın küçük olması sayılabilir (Çinar vd., 2006). Bunun yanı sıra, membran sistemlerinin bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. MBR sistemlerinin uygulanmasına özgü kısıtlamalar, tesislerin ilk yatırım maliyetleriyle ve değişken maliyetleriyle (elektrik tüketimi ve membranların işletme süresi gibi) ilişkilidir. Bu durum bu teknolojinin özellikle büyük miktarlardaki atıksuların arıtımı için uygulanması hususunda bir dezavantaj oluşturmaktadır. Diğer taraftan, MBR"nin kullanımı, çok daha katı deşarj kuralları söz konusu olduğunda veya suyun ıslah edilmesi gerektiğinde daha yerinde olacaktır (Artiga vd., 2005). Özellikle bu teknoloji membran ve membran prosesi maliyetlerinin düşmeye devam ettiği sürece daha da uygun maliyetli bir hal alacaktır (Judd, 2008).

KAYNAKLAR

Aktaş, E., Imre, S., Ersoy, L., 2001. Characterization and lime treatment of olive oil mill wastewater. Water Research, 35 (9), 2336-2340.

Artiga, P., Ficara, E., Malpei, F., Garrido, J.M. ve Mendez, R., 2005. Treatment of two industrial wastewaters in a submerged membrane bioreactor, Desalination, 179, 161-169.

Azbar , N., Tutuk, F., Keskin, T. 2009. Biodegradation performance of an anaerobic hybrid reactor treating olive mill effluent under various organic loading rates, International Biodeterioration & Biodegradation, 63(6), 690-698.

Ben Sassi A., Boularbah, A. Jaouad, G. Walker ve Boussaid, A., 2006. A comparison of olive oil mill wastewaters from three different processes in Morocco, Bioprocess Biochem 41, 74–78.

Çinar, Ö., Hasar, H. ve Kinaci, C., 2006. Modeling of submerged membrane bioreactor treating cheese whey wastewater by artificial neural network, Journal of Biotechnology, 123, 204-209.

DeCarolis, Jr., J.F. ve Adham, S., 2007. Performance investigation of membrane bioreactor systems during municipal wastewater reclamation, Water Environment Research, 79, 2536-2550.

Ena A., Pintıcci C., Carlozzi P., 2012. The recovery of polyphenols from olive mill waste using two adsorbing vegetable matrices, Journal of Biotechnology Volume 157, Issue 4, 573–577.

He, S-b., Xue, G. ve Wang, B-z., 2006. Activated sludge ozonation to reduce sludge production in membrane bioreactor (MBR), Journal of Hazardous Materials, 135, 406-411.

İkizoğlu, E., Haskök, S. 2005. Zeytin karasuyunun fiziksel, kimyasal ve ileri oksidasyon yöntemleri ile arıtımı, Su ve Çevre Teknolojileri Dergisi, Sayı 4, 36-40.

Judd, S., 2008. The status of membrane bioreactor technology, Trends in Biotechnology, 26, 109- 116.

Kontos, S.S., Koutsoukos P.G., Paraskeva C.A., 2014. Removal and recovery of phenolic compounds from olive mill wastewater by cooling crystallization, Chemical Engineering Journal, 251, 319–328.

Loraine, G.A., W.H. Glaze, 1992 Destruction of vapour phase halogenated methanes by means of ultraviolet photolysis, 47th purdue industrial waste conference proceedings, Lewis Publishers, Inc. Chelsea, Michigan, 367-376, USA.

Oktav, A, E., Ozer, A. 2006. Application of microfiltration process to the treatment of olive oil mill wastewater, Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry, ISSN:1579-4377, 13381348.

Paraskeva, P., Diamadopoulos, E. 2006. Review technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 81, 1475-1485.

Paraskeva, C.A., Papadakisa, V.G., Tsarouchia, E., Kanellopoulou, D.G., Koutsoukos, P.G. 2007. Membrane processing for olive mill wastewater fractionation, Desalination, 213, 218-229.

Rozzi, A., Malpei F., 1996. Treatment and disposal of olive mill effluents. Int. Biodeter. Biodeg. 38, 135–144.

Seferoğlu, S., Kılınç,I., 2002. An investigation on use of olive vegatation water as fertilizer for wheat. 13 th International Scientific Centre of Fertilizers CIEC Tokat. Proceedings 350-359.

Sklavos, S., Gatidou G., Stasinakis A., Haralambopoulos D., 2015. Use of solar distillation for olive mill wastewater drying and recovery of polyphenolic compounds, Journal of Environmental Management Volume 162, 46–52.

Song, K-G., Kim, Y. ve Ahn, K-H., 2008. Effect of coagulant addition on membrane fouling and nutrient removal in a submerged membrane bioreactor, Desalination, 221, 467-474.

Stokes, S.R., Evans, F.D.1997. Fundamentals of interfacial engineering, WileyVCH.

T.C Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü 2014 Zeytin ve Zeytinyağı raporu.

BİYOLOJİK AZOT ve FOSFOR GİDERİMİ

Canan TEPE
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
ctepe1912@gmail.com

ÖZET: Azot, her canlının bünyesinde bulunan en temel elementlerden biridir. Canlı bünyesinde, besin maddelerinde ve ölü organizmalarda bulunan azot doğada azot döngüsü içerisinde sürekli aktif haldedir. Evsel atık sular ülkemizde su ortamına çoğunlukla doğrudan karışmaktadır. Azot bileşikleri su kirliliği açısından çeşitli etkilere sahiptir. Bunların en önemlileri; ötrofikasyon, oksijen bilançosunun etkilenmesi ve içme sularındaki toksik etkilerdir. Fosfor, fosfat türleri şeklinde bulunur. Doğal su ortamlarında, su ve atıksu arıtımında gerçekleşen çok sayıda reaksiyona girer. Fosfor kirliliğinin kaynaklarının %83 'ünü endüstri ve kanalizasyon atıksuları oluşturur. Evsel atıksulardaki fosfatın %32-70'i deterjanlardan kaynaklanmaktadır. Belirli parametrelerin üzerindeki azot ve fosfor miktarı akarsu, göl ve denizlerde ötrofikasyona yol açar. Biyolojik azot ve fosfor gideriminim çeşitli yöntemleri vardır.

Anahtar Kelimeler: *Azot, Fosfor, Biyolojik Giderim, Su*

1. GİRİŞ

Günümüzde yerleşim merkezlerinin nüfuslarının artmasıyla birlikte atıksu üretimi artmış, bu da alıcı ortamlara (deniz, göl, baraj vs.) deşarjlarla gelen kirlilik yükünün özümleme kapasitesinin üzerine çıkmasına sebep olmuştur. Atıksuların arıtımı bu sebeple şehirler için vazgeçilmez bir uygulama haline gelmiştir. Başlangıçta biyolojik atıksu arıtımı sadece karbon gideriminden ibaret olmasına rağmen zamanla alıcı ortama verilen azot ve fosforun alıcı ortamdaki biyolojik aktiviteyi arttırdığı görülmüş (ötrofikasyon), bunun için de son zamanlarda azot ve fosforu giderme ihtiyacı doğmuştur. Böylece biyolojik azot ve fosfor giderimini de içeren birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalarla; biyolojik atıksu arıtımı yapan ve sadece karbon gideren tesislerde bazı modifikasyonlar yapılarak, bu tesislerde azot ve fosfor giderimi de sağlanmıştır.

2. BİYOLOJİK AZOT GİDERİMİ

Biyolojik azot gideriminim çeşitli avantajları vardır. Biyolojik azot gideriminde arıtma verimi yüksektir, proses kararlılığı ve güvenirliliği fazladır, az alan gerektirir, maliyeti çok yüksek değildir buda mühendislik açısından çok önemlidir. Biyolojik azot giderim yöntemleri; Konvensiyonel Nitrifikasyon- Denitrifikasyon, Sharon, Anammox, Canon prosesleridir.

2.1. Konvensiyonel Nitrifikasyon – Denitrifikasyon

Toplam azot gideriminde üç basamak mevcuttur. Bunlar; amonifikasyon, nitrifikasyon ve denitrifikasyondur.

Hidroliz ve Amonifikasyon; $\text{Üre} + Organik\ Azot \xrightarrow{amonifikasyon\ bakterileri} NH_4 - N$

Nitrifikasyon; $2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\text{nitrosomonas}} 2\,NO_2^- + 4H_2O + 4H^- + \text{yeni hücreler}$

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\text{nitrobacter}} 2NO_3^- + \text{yeni hücreler}$$

Nitrifikasyon reaksiyonu gerçekleşirken bazı parametreler önemlidir. Bunlar; yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu, sıcaklık, pH (7.5-8.6), düşük C:N oranı, inhibitör bileşiklerdir. Nitrifikasyon yapan bakteriler çok yavaş büyürler buda yüksek STR gerektirir.

Denitrifikasyon; $NO_3^- - N \xrightarrow{\text{denitrifikasyon bakterileri}} N_2$

Denitrifikasyon için gerekli işletme koşulları sağlanmalıdır. Denitrifikasyonu takip eden bir nitrifikasyon ünitesi (anoksik+aerobik), nitrifikasyon için düşük C derişimi, denitrifikasyon için anoksik koşullar ve karbon kaynağı (KOİ) gerekmektedir (Tuncal, 2008).

2.2. Sharon Prosesi

Sharon prosesi yüksek amonyak içeren atıksuların arıtımında yeni, efektif ve düşük maliyetli bir arıtım alternatifi olabilecektir. Bu prosesin kullanımı dışarıdan karbon ilave edilmeksizin düşük oksijen ve enerji gereksinimi ve düşük atık çamur oluşumu özellikleriyle yüksek amonyak içeren endüstriyel atıksuların arıtımında da büyük bir potansiyel oluşturması beklenmektedir.

2.3. Anammox Prosesi

Anammox prosesinde amonyumun anaerobik koşullarda azot gazına dönüşmesini sağlar. Elektron verici o amanyok, elektron alıcısı nitrittir. Karbon kaynağı olarak da CO_2'i kullanır, anahtar enzimi hidroksilamin oksidaredüktazdır. Dezavantajı, sorumlu mikroorganizmaların büyüme hızı çok yavaştır, mikroorganizma türü anaerobik kemolitootoroflardır. Proses oluşan nitrat ile inhibe olmaz fakat 0,1 g/L'den daha yüksek konsantrasyonlarda nitrit, asetilen , fosfat ve oksijen inhibisyona neden olur.

2.4. Canon Prosesi

Yüksek miktarda amonyum, düşük konsantrasyonda organik madde içeren atıksular için ekonomik proses, kısmı nitrifikasyon ve anoksik amanyum oksidasyonuna dayanır. Oksijen sınırlı şartlardadır. Nitrosomonas ve anammox mikroorganizmaları kullanılır (Manav, 2006).

3. BİYOLOJİK FOSFOR GİDERİMİ

3.1. A/O Prosesi (Ana Akımda Fosfor Giderimi)

A/O prosesi atıksulardan eş zamanlı olarak fosfor giderimi ve karbon oksidasyonu için kullanılmaktadır. A/O prosesi önce anaerobik sonra aerobik bölümleri içeren, basit askıda çamur geliştiren sistemdir. A/O prosesinde nitrifikasyon oluşmamaktadır ve biyolojik fosfor giderimi için anaerobik bekleme süresi 30 dakika ile 1 saat arasında değişir. Aerobik kısım tam karışımlı sıvıda katı madde alıkonma süresi sıcaklığa bağlı olarak 2 ile 4 gün arasında değişir.

Şekil 1: A/O Prosesi

3.2. Phostrip Proses (Yan Akımda Fosfor Giderimi)

Bu proses biyolojik ve kimyasal prosesleri içerir. Geri devir aktif çamurunun bir kısmı anaerobik karıştırma tankına gönderilir. Bu tankta bekleme süresi ise 8-12 saat arasında değişir. Asetik asit ya da giriş atıksuyu fosfor salınımı için karıştırıcı tanka ilave edilir. Salınan fosfor üst su ile birlikte tankı geçer ve fosforca fakir aktif çamur havalandırma tankına döndürülür. Fosforca zengin üst su ayrı bir tankta kireçle veya başka bir koagülant ile arıtılır. Böylece fosfor kimyasal çamur içerisinde giderilecektir. Phostrip prosesi, teorik olarak giriş fosfor konsantrasyonuna daha az hassastır. Zayıf atık suların arıtılmasında tercih edilir. Biyolojik olarak parçalanabilen organik madde içeriği artarsa fosfor giderme verimi de artar. Azot giderimi gerekli değil ise A/O ya da Phostrip prosesi ile fosfor giderilebilir. Phostrip prosesi ile 1mg/l çıkış fosfor konsantrasyonu elde etmek mümkündür. A/O prosesi ile bu değere ulaşmak

zordur. Sadece amonyum giderimi ya da toplam azot konsantrasyonunu 6-12mg/l'ye getirmek yeterli ise, tek anoksik üniteli prosesler uygundur (Metcalf&Eddy, 2004).

3.3. Ardışık Kesikli Reaktör (AKR)

Ardışık kesikli reaktör biyolojik arıtma prosesi aktif çamurun bir çeşididir. Bu proses klasik sistemlerdeki birçok tank yerine aynı tankta çoklu adımları kullanılır. Havalandırmalı reaksiyon süresi özellikle sistemdeki BOİ ve azot yüklemesini karşılamak için modifiye edilebilir. Ardışık kesikli reaktörü geliştirmek için döngüye anaerobik adım eklenir. Havalandırılmayan doldurma adımı anaerobik koşullar yaratmak için yeterli olabilir. Anaerobik adıma ilave karışım eklenmesine ihtiyaç duyulabilir. Çökelme ve dinlendirme adımının uzunluğuna özellikle dikkat edilmelidir. Eğer nitrifikasyon olur ve nitrat üretilirse anaerobik aşamadan önce giderilmelidir.

Şekil 2: AKR Prosesi

4. BİRLEŞİK AZOT ve FOSFOR GİDERİM PROSESLERİ

4.1. A2/O Prosesi

A2 /O prosesi A/O prosesinin modifikasyonudur ve denitrifikasyon için anoksik bölge sağlar. Anoksik bölgede bekleme süresi bir saattir(Metcalf&Eddy, 2004). Fosfor gideriminin sağlanabilmesi için biyolojik ünitelerin başına inşa edilecek anaerobik bir havuz ve hemen ardından karbon ve azot gideriminin birlikte yapılacağı courosel tipli bir havalandırma havuzu ile gerçekleştirilmektedir (Nitrifikasyon için oksik ve denitrifikasyon için anoksik bölgelerin oluşturulduğu). Anaerobik havuzda bekletme süresi genellikle 0,50–0,75 st arasında seçilir. Çökelmeleri önlemek üzere dalgıç karıştırıcılar yerleştirilmektedir. Organik karbon ila azot gideriminin yapılacağı havuzlarda ise çamur yaşı genellikle 25 gün seçilmektedir. Courosel tipli bu havuzlarda havalı ve havasız kısımlar ayrı hesaplanmaktadır. Havasız kısımlara da yine dalgıç mikserler yerleştirilmektedir. Proses bu şekilde çalışır (Doğan, 2010).

Şekil 3: A2/O Prosesi

4.2. Bardenpho Prosesi (Beş Aşamalı)

Bardenpho prosesinde fosfor depolayan bakterilerin uçucu yağ asitlerini(UYA) alıp depoladıkları bir ön anaerobik bölge vardır. UYA giriş atıksularında vardır ya da bu bölgede fermantasyonla üretilir. Anaerobik bölgeden çıkan atıksular anoksik bölgeye geçer. Bu bölge denitrifikasyona izin vermek için nitrat azotu sağlaması amacıyla aerobik bölgenin aşağı akımından gelen nitratça zengin karışık sıvının eklendiği ünitedir. Giriş atıksularında bulunan biyolojik indirgenebilir organik maddeler hızlı bir denitrifikasyon için karbon kaynağı olarak kullanılır. Atıksu anoksik bölgeden, nitrifikasyon için oksijen ilave edilen, ilk anaerobik bölgeye geçer. Ayrıca fosfat depolayabilen bakteriler anaerobik bölgede depolanan uçucu yağ asitlerini burada okside ederler. Atıksu ilk aerobik bölgeden ilave denitrifikasyonun olduğu ikinci anoksik bölgeye geçer. İkinci anoksik bölgeden gelen atıksu ikinci aerobik bölgeye geçer. Bu bölgede son çökeltim havuzuna gelmeden önce karışık sıvıdan, anoksik bölgenin yukarı akımından gaz formunda bulunan azotun ayrıldığı bir bölgedir. Ayrıca bu bölge son çökeltim tankında fosfor salınımını minimize eder. 5 aşamalı bardenpho prosesi A2/O prosesinden daha fazla (10-20gün) MCRT'lerde kullanılır ve böylelikle karbon oksidasyon kapasitesi artar.

Şekil 4: Bardenpho Prosesi

4.3. UCT (University of Cape Town) Prosesi

Anaerobik bölgeye nitrat geri devrinin olumsuz etkileri gözlemlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda A2/O prosesi değiştirilerek UCT prosesi geliştirilmiştir. A2/O prosesi ve UCT

prosesi arasında sadece iki fark vardır. Birinci fark geri devir aktif çamurunun anaerobik bölge yerine anoksik bölgeye devredilmesidir. İkinci fark ise anoksik bölgeden anaerobik bölgeye içsel geri devirin eklenmiş olmasıdır. Aktif çamurun anoksik bölgeye geri deviri ile anaerobik bölgeye nitrat girişimi elimine edilmiş olur. Bu sayede anaerobik fosfor salınımı kuvvetlendirilmiş olur. İçsel geri devir özelliği anaerobik bölgede organik madde tüketiminin artmasını sağlar. Anoksik bölgeden gelen karışık sıvı oldukça çözülebilir BOİ içerirken az miktarda nitrat içerir. Anoksik karışık sıvının geri devri anaerbik bölgede fermantasyon oluşumu için optimal koşullar sağlar. Çünkü karışık sıvı daha az konsantrasyondadır. Anaerobik bekleme süresi Phoredox prosesinden daha fazla olmak zorundadır ve 1-2 saat aralığındadır. Anaerobik geri devir oranı giriş atıksu miktarının 2 katı kadardır (Metcalf & Eddy, 2004).

Şekil 5: UCT Prosesi

4.4. VIP (Virgina Intiative Plant) Prosesi

VIP prosesi ile UCT prosesi arasında sadece bir fark vardır genel yapısı benzerdir. VIP prosesinde anaerobik, anoksik ve aerobik tanklar birden fazla parçaya ayrılmıştır. Bu proses yüksek fosfor içeren mikroorganizmaları seçmek için ön bir anaerobik bölgeden, denitrifikasyonu (toplam azot giderimi ile sonuçlanan) sağlamak için karışık bir sıvı geri devirli anoksik bölgeden ve nitrifikasyon ile fosfor alınımı için aerobik bölgeden oluşur. Bu proses konfigürasyonunda geri devir aktif çamuru (nitrat azotu içerecek) denitrifikasyonun olması için anoksik bölgede yönlendirilir. Anoksik geri devirin oluşumunda ilave edilen bir proses geri devir akımı uygulanır. Bu geri devir akımı anoksik bölgeden var olan denitrifiye olmuş karışık sıvıyı alır ve anaerobik bölgeye akan proses giriş atık suyuna iletir. Bu geri devir biyolojik reaksiyonun olması için anaerobik bölgeye karışık sıvının iletilmesi amacıyla gereklidir. Çünkü denitrifiye olmuş karışık sıvı devrettirilir (Şekil 6). Böylelikle anaerobik bölgeye nitrat azotu

ilavesi minimize edilmiş olur. Dolaysıyla biyolojik fosfor giderimiyle nitrat azotunun girişiminin azaltılması prosesin biyolojik fosfor giderim kapasitesini artırır. Anaerobik ve anoksik bölgeler için toplam MCRT değeri 1,5 -3 gün arasındadır. Hidrolik bekleme süreleri ise anaerobik bölge için 60 dakika., anoksik bölge için 90 dakikadır (Doğan, 2010).

Şekil 6: VIP Prosesi

4.5. Johannesburg Prosesi

UCT prosesine alternatif bir prosestir. Anaerobik bölgeye nitrat girişini engelleyerek zayıf atıksularda fosfor giderimini iyileştirmeyi amaçlar. Geri devir aktif çamuru anaerobik bölgeye beslemeden önce denitrifikasyon için yeterli zamanın olacağı anoksik bölgeye yönlendirilir. (Şekil: 7) Karışık sıvıdaki içsel solunumla nitratın azalması ve anoksik bölgede bekleme süresi karışık sıvı konsantrasyonuna bağlıdır. UCT prosesiyle karşılaştırıldığında 1saat bekleme süresine sahip anaerobik bölgede daha yüksek AKM konsantrasyonları elde edilebilir (Balku, 2004).

Şekil 7: Johannesburg Prosesi

4.6. Proseslerin Tasarımı ve Karşılaştırılması

Birleşik azot ve fosfor gideriminde biyolojik giderim proseslerinin tasarımları vardır. Bu tasarım kriterleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1: Biyolojik Azot ve Fosfor Giderim Prosesleri Tasarım Kriterleri

Tasarım parametreleri	**A2/O**	**Bardenpho**	**UCT**	**VIP**
F/M (mgBOI/mgUAKM)	0,15-0,25	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2
Qc , gün	4-27	10-40	10-30	5-10
X, mgAKM/I	3000-5000	2000-4000	2000-4000	1500-3000
Hidrolik kalma zamanı (saat)				
Havasız bölüm	0,5-1,5	1-2	1-2	1-2
Anoksik bölüm 1	0,5-1	2-4	2-4	1-2
Havalı bölüm 1	3,5-6	4-12	4-12	2,5-4
Anoksik bölüm 2	-	2,4	2,4	-
Havalı bölüm 2	-	0,5-1	-	-
Aktif çamur geri dönüşü besleme debisi %	20-50	50-100	50-100	50-100
İç döngü besleme debisi %	100-300	400	100-600	200-400

Atıksularda biyolojik azot ve fosfor gideriminde kullanılan prosesler vardır. Proses ve işlem seçimi; arıtılmış atık suyun potansiyel kullanımına, atık suyun özelliğine, çeşitli proses ve işlemlerin bir arada uygulanabilirliğine, deşarj standartlarına, çeşitli sistemlerin çevresel ve ekonomik fizibilitesine bağlıdır. Bunların yansıra avantaj ve dezavantajlarda önemlidir. Tablo 2'de proseslerin avantaj ve dezavantajları verilmiştir (Metcalf&Eddy, 2004).

Tablo 2: Biyolojik Azot ve Fosfor Giderim Proseslerinin Karşılaştırılması

PROSES	**Avantaj**	**Dezavantaj**
A/O	İşletme kolaylığı Çamur P içeriği %5-7 olduğundan iyi gübre özelliğine sahip, kısa hidrolik kalma zamanı, P giderim verimi düşürüldüğünde, tam Nitrifikasyon meydana gelir.	Aynı zamanda yüksek azot ve fosfor giderim verimliliğine ulaşılmaz. Soğuk iklim şartları altında verim değişkendir. Yüksek BOI/P oranı gereklidir. Havalı çamur yaşı azaltıldığında yüksek oksijen transferi sağlayan havalandırıcılar gerekebilir. Proses kontrol esnekliği azdır.
PhoStrip	Mevcut aktif çamur sisteminde kolaylıkla dönüştürülebilirler. Proses esnektir. P giderimi BOI/P oranı ile kontrol edilmez. Kimyasal kullanımı azdır.	P giderimi için kireç ilavesi gereklidir. Son çöktürücüde P sıyrılmasını önlemek için yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu gereklidir. Sıyırma için ek bir tank gerekir. Kabuk oluşumu bakım problemi yaratabilir.
AKR	Sistem oldukça esnektir. Prosesi çalıştırmak oldukça kolaydır. Çamur hidrolik değişiklikte deşarj edilmez	Yalnızca küçük debili atıksular için uygundur. Gereğinden fazla üniteler gerekir. Çıkış suyu kalitesi güvenli boşaltmaya bağlıdır.
A2/O	Azot ve fosfor giderimi aynı anda olur. Nitrifikasyon için alkalinite sağlaması iyi çökelebilir çamur üretimi Diğerlerine kıyasla işletim kolaylığı Enerji ihtiyacı düşüktür.	Nitrat içeren geri devir aktif çamurunun anaerobik bölgeye devredilmesi halinde fosfor giderim kapasitesinin etkilenmesi İçsel geri devir oranı sebebiyle azot gideriminin kısıtlanması. A/O prosesine nazaran daha yüksek BOI/P oranı gerektirmesi
Bardenpho	Azot konsantrasyonu 3 mg/L altına, fosfor konsantrasyonu 3-5 mg/L altına indirgenebilir.	Yüksek tank hacmi gerektirir. N gideriminde verimlilik düşebilir. P gideriminde verimlilik düşebilir.

UCT	Anaerobik bölgeye nitrat yüklemesini azaltmasıyla fosfor giderim kapasitesini arttırması. Zayıf atıksularda prosesin gelişmiş fosfor giderimi sağlaması. İyi çökelebilir çamur üretimi iyi azot giderimdir.	Çok daha kompleks işletme Ek geri devir sistemleri ihtiyacı
VIP	Anaerobik bölgeye nitrat yüklemesini azaltmasıyla fosfor giderim kapasitesini arttırması, UCT prosesine kıyasla daha az BOİ/P oranı gerektirmesi iyi çökelebilir çamur üretimi	Daha kompleks havalandırma Ek geri devir sistemleri ihtiyacı *Aşamalı işletme için daha fazla ekipman ihtiyacı
Johannesburg	Hidrolik bekleme süresi kısadır.	Yüksek AKM konsantrasyonları elde edilebilir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada bahsedilen proseslerden alıcı ortamların hassasiyetine göre, ülke şartları ve ekonomi de göz önünde tutularak uygun olanının seçilmesi gerekir. Doğru bir sistem tasarımı, besi maddesi ve karbon giderimi esaslarının belirlenmesini ve bu süreçleri sağlayacak organizma gruplarının gelişmesini içine almalıdır. Bu çalışmada besi maddelerinden yalnızca birini veya her ikisini gidermeye yönelik değişik biyolojik prosesler incelenmiştir. Proseslerin verimi biyolojik olarak kolay parçalanabilen organik maddelerin miktarına bağlıdır ve genellikle işletme giderleri fazladır. Günümüzde genellikle A2/O prosesi kullanılmaktadır. A2/O prosesi kullanımı yaygın ve ileride pek çok yerde karşılaşmanız mümkündür.

KAYNAKLAR

Metcalf & Eddy Inc., 2004. Wasterwater engineering, treatment, disposal, reuse.

Tunçal T., 2008. Biyolojik aşırı fosfor giderimi temel özelliklerinin İzmir atıksu arıtma tesisinde araştırılması, İTÜ dergisi su kirlenmesi kontrolü, 18:1 17-31.

Doğan F., 2010. Mevcut atıksu arıtma tesislerinin fosfor giderimi için rehabilitasyonunda seçeneklerinin değerlendirilmesi. Çevre ve Orman Bakanlığı uzmanlık tezi, İstanbul.

Manav N., 2006. Ardışık kesikli reaktör ile evsel atık sulardan azot ve fosfor giderimi . Yüksek lisans tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Ens., İstanbul.

Balku Ş, 2004. Aktif çamur sisteminde enerji optimizasyonu, Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

MADEN DRENAJLARININ ÇEVRESEL VE İNSAN SAĞLIĞI RİSKLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Celal KOÇYİĞİT, Fatma GÜRBÜZ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
celallkocyigit.35@gmail.com

ÖZET: Bu çalışmada, maden drenajları faaliyetleri sonucu oluşabilecek çevresel sorunlar incelenerek bu atık suların çevreye vereceği sorunlar ve arıtım teknolojileri araştırılmıştır. Asit maden drenajları işletme tarafından gerekli tedbir alınmamışsa su kaynaklarına çok ciddi zararlar verebilir. Alıcı ortam içerisindeki canlılar drenajdan gelen toksik metaller, radyoaktif maddeler, düşük pH a maruz kalabilirler. En önemlisi de sızıntılardan yeraltı suları ve içme suları kontamine olabilir, buda insan sağlığı üzerinde ters etkiler oluşturabilir. Dolayısıyla, AMD ile kirletilmiş suların Avrupa yasal düzenlemeleri (EC Decision 2000/60/EC) ve Horizon 2027 su kalitesi kriterlerine ulaşılması gerekmektedir. Çeşitli ülkelerde İnsan sağlığı ve biyoçeşitliliğin kaybı ile ilgili vakalar bildirilmiştir. Bu nedenle maden drenajlarının arıtımı oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Asit maden drenajı, toksik etkileri, arıtımı*

1. GİRİŞ

Madenler, ülkelerin doğal kaynaklarından biri olup sanayinin giderek artan talebini karşılamak için işletilmeleri kaçınılmaz hale gelmektedir. Ülke ekonomilerinin temel sektörlerinden olan madencilik, ulusların sosyo-ekonomik kalkınmaları için gerekli sanayinin temel hammaddelerini ve enerjiyi sağlayan faaliyetleri kapsamaktadır (Çevre Bakanhğı-a,I997).Maden aktiviteleri özellikle kirliliği önlemek için tedbir alınmamışsa su kaynaklarına çok ciddi zararlar verebilir. Asit maden drenajları(AMD) maden aktiviteleri sonucu ortaya çıktığı bilinmektedir. AMD nin oluşmasına pritin çıkarılması sırasında sülfür taşıyan minarellerin oksidasyonuna neden olur. Maden atık suları, yüksek oranda sülfit minaralleri, toksik metaller ve metaloid içerirler. Örneğin, As, Sb, Cu, Pb, Cd, Zn, Hg, Fe, Al, Ti, U, Sn, Mn, Th ve W(Ashley ve Jung, 2008). Erozyon, dağılma, sızdırma atmosferik dağılımları sonucu bu elementler doğada sucul ve karasal ortamlara dağılabilirler ve dolayısıyla su içerisindeki ve topraktaki canlılara negatif etki oluşturur (Akcıl ve Koldas, 2006; Anawar vd 2011). Tarım alanlarının ve şehirleşmenin artması ve genişlemesi ile birlikte madencilikten etkilenen bölgeler artmış ve burada yaşayan insanların üzerinde sağlık riskleri oluşturmuştur (Anavar, 2006 vd Hamilton, 2000). AMD nin fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında pH çözünmüş metallerin oluşması ve metal hidroksit çökeltilerinin oluşmasını etkileyen en önemli faktördür. AMD nin pH ı 1,5 – 6 arasında bulunduğu ortamın jeolojik karakteristliğine göre değişim gösterebilir (Nordstrom, 2009). Yapılan çalışmalarda hedef, AMD ile kirletilmiş suların Avrupa yasal düzenlemeleri (EC Decision 2000/60/EC) ve Horizon 2027 su kalitesi kriterlerine ulaşılması gerekmektedir (Sarmiento vd 2017).

2. MADEN DRENAJLARI GİDERİM

2.1. Maden Drenajlarındaki Metallerin Giderimi

Maden suları aktif ve pasif sistemler ile giderimleri yapılabilir. Bunlar aktif pasif arıtım sistemleridir(Johnson and Hallberg, 2005) Her iki sistemdede solisyonlarda(sıvılarda) asitliği ve metalleri biyo-jeokimyasal reaksiyonlar ile giderilebilir bu işlem sonucunda genellikle metalce zengin çamur meydana gelir(Johnson ve Hallberg, 2005). AMD lerin nötralizasyonu sırasında yüksek miktarda atık meydana gelir. Bu atık çevre üzerindeki etkilerinden kaçınmak için düzgün bir şekilde gideriminin yapılması gerekir. Metal yükünün azaltılması için bu atıklara çeşitli tipte liç çalışmaları yapılmıştır. Buna ilave olarak maden ve minarellerin işletimi sonrası ortaya çıkan atık suyun geri kullanım geri dönüşüm ile ilgili çalışmalar düşünülmektedir (Lottermoser, 2011).

2.2.Aktif Sistemler

AMD ı çözeltisinde izlenmesi zorunluluk arz eden parametreler; pH, asidite, Fe, Mn ve Al gibi metal iyonu konsantrasyonları ile AMD nı sorun haline getiren ilk parametre yüksek H+ iyonu konsantrasyonu (düşük pH), diğeri de, bilhassa mineral asiditesi olarak tanımlanan ve üzerinde daha fazla durulan metal iyonu konsantrasyonudur (Skousen, 1996). Bu nedenle, ilk adım çözeltinin nötrleştirilmesidir. Ayrıca, metal iyonları genelde kimyasal olarak suyun pH değeri 6- 9 arasında iken çökelir. Nihai hedefte, pH ın çok yüksek olması istenmiyorsa (8-8,5) karbonatlı bileşikler yeterli olur. Ancak, ortamın pH seviyesinin daha fazla yükselmesi istenirse, hidroksit bileşikleri ilâve edilmelidir. Bu yalnızca su kalitesine bağlı değildir. Çözeltinin içerdiği metal iyonlarının davranışlarıyla da yakından ilgilidir. Aktif arıtma sistemlerinde pH ın arttırılması için kullanılan kimyasallar genel olarak Hidmte kireç (Ca(OHh)) , Kireçtaşı (CaCOj) , Kastik Soda (NaOH) , Soda Külü (NaıGOj) (Skousen, 1996)

2.3.Pasif Sistemler

Kimyasal ilavesi gerektirmediği için, Pasif arıtım sistemleri düşük enerji kullanımı ile çevresel sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Bu arıtım sistemleri düşük işletim ve bakım maliyetlerinden dolayı tercih edilir. Pasif sistemler, kimyasal biyolojik ve fiziksel arıtım işlemlerini içerir, bu gibi sebeplerle giderek yaygınlaşmaktadır(Akcıl ve Koldas, 2006). Bu sistemlerden beklenen, metallerin, indirgenme veya yükseltgenme reaksiyonlarıyla kimyasal anlamda çöktürülerek sudan uzaklaştırılması ve suyun pH değerinin söz konusu ortamdaki

canlıların yaşamlarını idame ettirecekleri seviyeye yükseltilmesidir. Pasif arıtma teknolojileri arasında; Doğal ve Suni sulak alanlar, Anoksik Kireçtaşı Drenleri (ALD), Ardışık Alkali Üreten Sistemler (SAPS), Kireçtaşı Havuzları ve Açık Kireçtaşı Kanalları başlıca uygulananlardır. Kimi zaman birden fazla sistem bir arada kullanılabilmektedir. Buna göre, uygulama için bir strateji geliştirilmesi gerekmektedir. Arıtma sistemin başarısı; suyun (çözeltinin) kimyasal yapısına, debisine, arazinin topografyasına ve ortamın karakterine bağlıdır. Dolayısıyla, uygulanacak yöntemin seçimi ve tasarımından önce, bu parametrelerin belirlenmesi hayati önem taşımaktadır.(Karadeniz, 2005).Bu sistemlerde Cd, Cu, Ni ve Zn gibi çözünmüş metaller çöktürülerek veya metal sülfitleri oluşturularak etkin şekilde giderimi rapor edilmiştir (Clyde vd 2010). Genel olarak bakteriyel sülfat indirgeme şartları, organik kaynak temin edilerek biyorektörlerde gerçekleşmektedir(Garcia 2001).

3. MADEN DRENAJLARI VE RİSK

3.1. Maden Drenajlarının Risk Değerlendirilmesi

Madencilik, sayısız risk unsurunu içinde barındıran ve potansiyel olarak toksik elementler (PTEs) oluşturan önemli çevre kirletici kaynaklarından biridir (Ji vd 2013). Madencilik, üretim süreci dâhilinde; arama, hazırlık, örtükazı (dekapaj), zenginleştirme, havalandırma, drenaj nedeniyle yüksek risk içeren atıkları oluşturan bir sektördür(European Commission, 2001). Avrupa'da 2000'li yıllara doğru maden atıklarının depolandığı atık barajlarında/havuzlarında meydana gelen kazaların ciddi çevresel sorunlar yaratması bu konu üzerindeki çalışmaları yoğunlaştırmıştır. Özellikle zenginleştirme atıklarının depolandığı havuzlarda meydana gelen sorunlar sonrasında, aşınma ve erozyon durumlarında atık suyun toprağa ve yeraltı sularına karıştığı rapor edilmiştir. Çevre, insan sağlığı ve güvenliği üzerinde sorunlar yaşanmıştır. Örneğin; 1966 yılında Aberfan/İngiltere, 1985 yılında Stava/İtalya, 1998 yılında Aznalcollar/İspanya, 2000 yılında Baia Mare ve Baia Borsa/Romanya kazaları (Commission of the European Communities, 2003). İnsan sağlığı ve biyoçeşitliliğin kaybı ile ilgili Çin (zhao vd 2014) , İspanya (navarro vd 2008) ve Kore (Ji vd 2013) de vakalar bildirilmiştir. Amozonda altın madeninden kaynaklanan yüksek oranda civa kontaminasyonu tespit edilmiştir(Castilhos vd 2015).

3.2. Maden Drenajlarının Çevreye Ekolojik Etkileri

Su kaynakları maden aktiviteleri sonrası özellikle kirliliği önlemek için önlemler alınmamışsa çok ciddi derecede zarar görmektedir. Yapılan bir çalışmada Kanadada 108 maden sahası ve diğer ülkelerde yıllık 20 ile 135 bin tonluk bir üretim sonrası yılda 9500 tonluk kuru çamurun oluştuğu tespit edilmiştir (Zinck ve Griffiht 2013). Madencilik faaliyetleri sonucu oluşabilen çevre sorunları,

1.Doğrudan Bozulma: Maden ocakları çalışma sahalarındaki örtü ve atık yığınları ile madencilik binalarının inşa edildiği diğer alanlardaki toprak ve bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu meydana gelir(Varol ve Başpınar, 2012).

2.Dolaylı Bozulma: Eski maden hafriyat yerleri, örtü ve atık yığınları, maden binaları ile mineral zenginleştirme tesislerinin bulunduğu yerlerde toprak yapısı, su ilişkileri, kimyasal özellikler, toprak ve bitki örtüsü, yerel iklim, insan ve hayvan sağlığının değişime uğraması gibi olaylar görülebilir(Varol ve Başpınar, 2012). Aynı zamanda, maden drenajlarının çevreye ekolojik etkilerini yeraltı ve yerüstü olarak iki kısımda da incelenebilir.

3.2.1.Yerüstü Maden Drenajlarının Çevreye Ekolojik Etkileri

Jeolojik yapı, rölyef ve su rejimindeki doğrudan değişiklikler açık maden işletmelerinde çok daha belirgindir. Bu tür işletmelerde çok miktarda toprak çıkarılarak dış kısma yığılır. Hafriyat yerlerini çoğu zaman su basar ve dışarıya yığılan topraklar çok geniş alanları kaplar. Aynı zamanda tarım ve orman alanları da engellenmiş olur. (Varol ve Başpınar, 2012).

Açık işletmelerin zararlı etkilerinin boyutu; jeolojik yapıya, hidrolojik özelliklere, ocak alanı ve derinliğine, mevcut toprak, bitki örtüsü ve iklim şartlarına bağlıdır. Dış kısımdaki yüksek yığınlar, toprak ve bitki örtüsünü önemli ölçüde bozarlar. Yığınlarda toplanan kayaçlar bozulmaya fazlasıyla direnç gösterirler ve bitki örtüsüne zehirli bileşikler verebilirler. İşletme sonrası hafriyat yerleri, derinlikleri, eğimlerin dikliği ve kayalık olması, su erozyonu ve su basması gibi sebeplerden dolayı, bu alanların yeniden kullanılmaları çok güçtür(www.cevreciyiz.com).

3.2.2. Yeraltı Maden Drenajlarının Çevreye Ekolojik Etkileri

Yeraltı işletmeciliğinde açık işletmelerde olduğu gibi sahadaki flora ve fauna doğrudan zarar görmemektedir. Ancak yeraltında oluşan büyük boşluklar zamanla sahada tasman denen

çökmelere neden olabilmektedir. Bu durum kayaçların gerilmeler sonucu birkaç metreye varan yatay ve/veya dikey hareketleri sonucu oluşmaktadır.

Yeraltı işletmeciliğinde kazı çalışmaları sonucu ortaya çıkan suyun yerüstüne çıkarıldıktan sonra bertaraf edilmesi de diğer bir çevre sorunu olarak görülebilir. Yeraltı kömür madenciliğinde ise atıkların çevreye en etkili olanları, metan, taş, ocak suyu ve ocak ısısıdır(Ceylan ve Özkahraman, 2000).

3.3. Maden Drenajlarında Cevher Hazırlama

Yeraltından çeşitli metotlarla çıkarılan madenler, mineral atıklarıyla beraber çıkarıldığı için mineral dokusuna ulaşıncaya kadar kırma, öğütme ve eleme işlemine tabi tutulurlar. Eleklerden geçirildikten sonra silolarda depolanır. Buraya kadar tüm madenlerde aynı işlemler uygulanır. Bundan sonra zenginleştirme işlemine geçilir. Cevherin yapısına göre önce sulu sistem zenginleştirme ile mineral atıkları temizlenir. Her değişik tür cevheri zenginleştirmek için farklı metotlar uygulanır. Örneğin, demir cevherinin zenginleştirilmesi yüksek ısıda olur. Sonuç olarak zenginleştirme; yeraltından çıkarılan maden cevherinin fiziksel, kimyasal ve minerolojik işlemlere tabi tutularak cevherin posadan ayrılmasıdır(Cem Sarvan, 2007).

3.4. Maden Drenajlarının İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Madencilik aktiviteleri sırasında çok fazla atık su oluşturulur ve bu atık sular ağır metaller, toksik atıklar ve radyoaktif metaller içerebilir. Diğer bir sorun da sülfitten kaynaklanan düşük pH tır. İnsan sağlığı üzerine etkileri daha çok kontamine olmuş su kaynaklarının (yüzey suları, yer alt suları) kullanımı ve kirletilmiş bu sulardaki canlıların tüketimi(balıkçılık) sonrasında oluşur.(Anonim 1, 2012). Türkiye'de 2013 yılında Elitli köyü Çan bölgesinde linyit kömürünün üretilmesi sırasında oluşan asit maden drenajları yüzey sularına karışımı/deşarjı sonucunda balık ölümlerinin gerçekleştiği rapor edilmiştir.

KAYNAKLAR

Akcil, A., Koldas, S., 2006. Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies. J. Clean. Prod. 14, 1139-1145.

Anawar, H.M., Freitas, M.C., Canha, N., Santa-Regina, I., 2011b. Arsenic, antimony and other trace element contamination in a mine tailings affected area and uptake by tolerant plant species. Environ. Geochem. Health 33, 353-362

Anawar, H.M., Garcia-Sanchez, A., Murciego, A., Bujolo, T., 2006. Exposure and bioavailability of arsenic in contaminated soils from the La Parrilla mine. Spain. Environ. Geol. 50, 170-179

Anonim 1, 2012 Mınıng And Health , A Communıty guıde to envıronmental health, 472-492

Ashley, P.M., Lottermoser, B.G., Collins, A.J., Grant, C.D., 2004. Environmental geochemistry of the derelict Webbs Consols mine, new South Wales, Australia. Environ. Geol. 46, 591-604

Castilhos, 2015. Human exposure and risk assessment associated with Mercury contamination in artisanal gold mining areas in the Brazilian Amazon. Environ. Sci. Pollut. Res. 22:11255–11264. http://dx. doi.org/10.1007/s11356-015-4340

Ceylan H. ; Özkahraman H.T. MAY 2000 Madencilik faaliyetlerinde çevresel planlama ve uygulanabilecek doğaya kazandırma alternatifleri, Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 , Zonguldak-Kdz Ereğli, Türkiye

Güney Çetiner E.vd. MADENCİLİK, Cilt 45, Sayı 1 , Sayfa 23 - 34, Mart 2006 (European Commission, 2001)

Hamilton, E.I., 2000. Environmental variable in a holistic evaluation of land contaminated by historic mine wastes: a study of multi-element mine wastes in West Devon, England using arsenic as an element of potential concern to human health. Sci. Total Environ. 249, 171-221

Ji , Assessment of exposure to heavy metals and health risks among residents near abandoned metal mines in Goseong, Korea. Environ. Pollut. 178:322–328. http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol. 2013.03.031.

Johnson, D.B., Hallberg, K.B., 2005. Acid mine drainage remediation options: a review. Sci. Total Environ. 338, 3-14.

Jung, M.C., 2008. Contamination by Cd, Cu, Pb, and Zn in mine wastes from abandoned metal mines classified as mineralization types in Korea. Environ. Geochem. Health 30, 205-217

Karadeniz M. 2005 Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 5-6 Mayıs 2005, Ankara

Lottermoser, B.G., 2011. Mine wastes: recycling, reuse and rehabilitation of mine wastes. Elements 7, 405-410.

Navarro, 2008. Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: a case study in a semi-arid zone. J. Geochem. Explor. 96:183–193. http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo. 2007.04.011.

Nordstrom, D.K., 2009. Acid rock drainage and climate change. J. Geochem. Explor 100, 97-104.

Özkahraman H. T., Ceylan H., Gelişmekte Olan Madencilik Sektöründe ÇED Uygulamasının Olumsuz Etkileri, İnşaat Dünyası, Mayıs 2000; Sayı:205; 119-124

Sarvan C, 2007 http://www.cevreciyiz.com/makale-detay/798/maden-ve-cevre--bolum-1

Skousen, J. G., 1996, Acid Mine Drainage, Acid Mine Drainage Control and Treatment (Compiled by J.G. Skousen and P.P. Ziemkicwicz), W.V,Univ. and N.M.L.R.Cp. 9-12. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, 5-6 Mayıs 2005, Ankara

Zhao, 2014. Source identification and health risk assessment of metals in urban soils around the Tanggu chemical industrial district, Tianjin, China. Sci.Total Environ. 468:654–662. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv. 2013.08.094.

Zinck, J., Griffith, W., 2013. Review of Mine Drainage Treatment and Sludge Management Operations, the Mining Association of Canada, MEND Report 3.43.1. mend-nedem.org/wp-content/uploads/3.43.1_ ReviewMineDrainageTreatmentSludge.pdf. last accessed 29.08.16.

Simge Varol, Ebru Baþpýnar SDÜ,Jeoloji Mühendisligi Bölümü, Isparta SDÜ,Pomza Araþtýrma Mrkz., Isparta (www.cevreciyiz.com).

TOPRAKLARDA AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

Ebru ÖZGÜÇ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
ebru00793@gmail.com

ÖZET: Toprak üzerinde bitkilerin büyüdüğü, mineral ve organik maddeler ile yaşayan organizmalardan oluşan ve yeryüzü kabuğunun üzerini kapsayan dinamik bir varlıktır. Toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik birleşiminin bu kirleticilerden etkilenerek dengesinin bozulmasına toprak kirliliği denir. Ağır metal, metalik özellik gösteren elementlerden oluşan, açık ve tam bir tanımlaması yapılmamış olan grupta bulunan elementlere verilen addır. Ağır metallerin sebep olduğu çevre kirliliği, su, hava ve doğrudan toprak kirliliğine yol açan madencilik çalışmaları, gübre ve pestisitler, sanayi atıkları ve hidrokarbon yanma ürünleri ile toprağa ulaşabilmektedir. Sonuçta ağır metaller, kontamine olmuş topraklarda yapılan bitkisel üretimler ve meraların da kirlenmesi ile gıda zincirine dahil olmakta, tüm canlı sistemlerini etkilediği gibi insan sağlığını da olumsuz olarak etkilemektedir. Toprak kirliliğine sebep olan başlıca ağır metaller arasında kurşun (Pb), civa (Hg), arsenik (As), çinko (Zn), bakır (Cu), krom (Cr) ve kadmiyum (Cd) sayılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Toprak, Ağır Metal, Toprak Kirliliği*

1.GİRİŞ

Toprak esas itibariyle kayaların ve organik materyallerin türlü çaptaki ayrışma ve parçalanma ürünlerinden meydana gelen içerisinde geniş canlılar alemini barındıran ve bitkilere durak ve besin kaynağı görevi gören maddedir. (H.Oğuz, 2008)

Toprak kirliliği katı, sıvı ve radyoaktif artık ve kirleticiler tarafından toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulmasıdır. Topraklarda meydana gelecek tüm olumsuz değişimler insan yaşamını kuvvetle etkileyecek güce sahiptir. İnsanların geçmişten gelen ve geçmişte zararları fark edilmemiş olan alışkanlıkları, bugün toprak kirlenmesi ve bununla birlikte ortaya çıkan yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Toprak kayaçların parçalanmasıyla oluşur. Oluşumu çok uzun sürede gerçekleşen toprak insan eli ile çok kısa sürede tahrip edilir. Tarımın yapılabilmesi için temel unsur verimli tarım arazileridir yani topraktır. Daha çok ürün elde edebilmek için kullanılan gübreler, tarım ilaçları sağladıkları yararın yanı sıra toprak kirliliğinin önemli sebepleri arasında yer almaktadır. Çevreye gelişigüzel atılan çöpler, evsel atıkların ve sanayi atıklarının arıtılmadan toprağa karıştırılması da toprağı kirleten etkenlerdendir.

"Ağır metaller", periyodik cetvelin (öğeler çizelgesi), üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılan ve bilimsel olmayan bir deyimdir. Suyu ağır metaller değil, insanlar kirletir. Ağır metaller çevre kirliliği açısından son derece ciddi kaygılar yaratmaktadır. Metallerin az miktarda bulunmaları büyüme açısından gereklidir, ancak artan oranlarda bulunmaları toksik sonuçlar doğurur. Örneğin askeri gemilerin su altı kesimine sürülen zehirli boyadan sürekli sızan bakırın dipteki tortulara karışması, zaman içinde bu

miktarların çoğalması ciddi tehlike oluşturmaktadır. Bu konuda bataklık bitkilerinden yararlanmak üzere araştırmalar yapılmaktadır. Çünkü bu bitkiler ağır metalleri hücrelerinin içine alarak suyun temizlenmesine yardımcı olurlar. Ancak bu bitkilerin sürekli denetim altında tutulmaları ve zaman zaman biçilmeleri gerekmektedir. Zira ölüp çürümeleri sonucu bünyelerindeki ağır metallerin yeniden suya karışma tehlikesi bulunmaktadır. Dolayısıyla, kirlilik kaynakları saptanıp ortadan kaldırılsa bile, kirletenler hala sistemin içinde var olmaya devam edebiliyorlar. Bu arada, bir sistem içinde bulunabilen mikro su yosunlarının da kirlilik oranıyla birlikte değişmesi ve o ortamda yaşayan hayvanların besin zincirinde değişikliğe neden olması söz konusudur. Böylece ekosistemin desteklediği hayvan türleri de değişikliğe uğrayabilmektedir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bazı elementlerin üretiminin ve gereksinimin sürekli artış göstermesi, bunların çevreye yayılma ve bulaşma olasılığını arttırmaktadır. Bir element gerek maden cevheri halindeyken gerekse işlenirken doğaya karışabilmektedir. Tarımsal atıklar ve diğer katı atıkların karada düzenlenmesi için açılan biriktirme sahaları da toprağın metal yükünü artırabilmektedir. Japonya'da İtaitai ve Minamata hastalıklarının ortaya çıkmasıyla, ilgi odağı haline gelen ağır metaller ile ilgili çalışmalar son 30-40 yılda artış göstermiştir. Son hesaplamalara göre ortalama ~ 0.5, 20, 240, 250 ve 310 milyon ton Cd, Pb, Cu, Zn ve Cu çıkarılarak işlenmiş ve bir kısmı biyosferde birikmiştir. As, Cd, Pb, Cu ve Zn'nun antropojenik kaynaklarının ise sırasıyla 22000, 73000, 400000, 56000 ve 214000 ton civarında olduğu ve atmosferden diğer ekosistemlere dağıldığı hesaplanmıştır. Genel olarak antropojenik kaynaklardan giriş, doğal kaynaklardan girişin birkaç kat üzerindedir. Bu durum insan etkinliklerinin tüm dünyadaki ağır metallerin döngülerini etkilediğini göstermektedir. (Türköz 1995)

Ağır metallerin toprakta birikmesinin sadece toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla hayvan ve insan sağlığı üzerinde de önemli etkileri vardır. Topraklardaki ağır metal kirliliği, endüstrinin ve madencilik aktivitelerinin gelişmesiyle ve atıksuyla yapılan sulamaların ve arıtma çamuru uygulamalarının yaygınlaşmasıyla global bir problem halini almaktadır. Ağır metallerle kirlenmiş toprakları temizleme çalışmaları çevre mühendisliği alanındaki en zor konulardan biridir. Kirlenmiş toprağın kompleks fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile kirleticilerin toprak ortamındaki davranış ve ilişkilerine ait bilgilerin sınırlı olması gibi faktörler, temizleme

faaliyetleri maliyetlerinin yükselmesinin yanı sıra klasik atık bertaraf teknolojilerinin uygulanmasının da sınırlı boyutlarda kalmasına sebep olmuştur. Bu nedenle toprak kirliliğinin giderilmesinde maliyeti düşük ve etkinliği yüksek uygulanabilir yeni teknolojilerin gelişimine acil olarak ihtiyaç vardır. İzolasyon, immobilizasyon, toksisitenin azaltılması, fiziksel ayırma ve ekstraksiyon; toprak temizleme çalışmalarındaki ana yaklaşımlardır. Bu teknolojilerden pek çoğu arazi ölçeğinde kullanılmaktadır. (F. Olcay KOCAER, Hüseyin S. BAŞKAYA, 2003)

2.AĞIR METALLERİN ZARARLARI

Metallerin ekolojik sisteme ve özellikle insan vücuduna etkileri oldukça önemlidir. Bu nedenle aşağıda da öncelikle en yüksek yayınıma sahip olan kurşun, toksikolojik olarak en büyük hasara yol açan kadmiyum, yaşamsal özellik göstermesine rağmen aldığı değerliğe göre kanserojen özellik gösteren krom ve diğer ağır metaller araştırılmıştır. (Walter, 1987)

2.1.Kurşun (Pb)

Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun madenleri ve metal endüstrileri, akü ve pil fabrikaları, petrol rafinerileri, boya endüstrisi ve patlayıcı sanayi atık sularında da istenmeyen konsantrasyonlarda kurşun kirliliğine rastlanır. Tek hücreli canlıların ve balıkların 0,04 – 0,198 mg/l inorganik kurşun içeren suları tolere edebildikleri ancak daha düşük miktarlarda kurşunun besin yoluyla alınmasında akut zehirlenme gösterdikleri bilinmektedir. (CEC, 1980)

2.2.Kadmiyum (Cd)

Kadmiyumun doğada tek başına bulunduğu minerali yoktur. Normal olarak vücudumuzda 40 mg' a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 g'a kadar kadmiyum vücuttan atılabilir. Bu seviyeler, kadmiyumun çoğunu topraktan yani yiyecekler yoluyla alması nedeniyle bölgelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Endüstri bölgelerinde havadaki kadmiyum oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksektir. (Kahvecioğlu vd., 2004)

2.3.Arsenik (As)

Çeşitli arsenik bileşiklerinin vücut dokuları ve fonksiyonları üzerindeki zararlı etkileridir. Arsenikli bileşikler, böcek ve tarım ilaçları, fare zehri, bazı kanser ilaçları, boya, duvar kağıdı, seramik gibi çeşitli ürünlerin imalatında kullanılır.

İnsanda arsenik zehirlenmesi, genellikle arsenik -3- oksit (arsenik anhidrit), bakır asetoarsenit, kalsiyum veya kurşun arsenat gibi arsenik bileşikleriyle hazırlanmış böcek ilaçlarının ağız veya teneffüs yoluyla alınmasından meydana gelir. İlaçlı meyve ve sebzelerin yıkanmadan yenmesi de zehirlenmeye yol açacak seviyede arseniğin vücutta birikmesine sebep olabilir.

Arseniğin zehirli etkilerinin, vücuttaki bazı enzimlerle birleşerek hücre metabolizmasına bozucu etkide bulunmasından ileri geldiği zannedilmektedir. Arsenik zehirlenmesi, ya bir kerede alınan yüksek dozda arsenikten (akut zehirlenme) veya küçük dozlarda ard arda alınmaktan (kronik zehirlenme) kaynaklanır. Akut zehirlenmenin başlıca belirtileri mide bulantısı, kusma, ağız ve boğazda yanma ve şiddetli karın ağrılarıdır. Bunu takiben dolaşım bozukluğu ve kalp yetersizliği başlar ve birkaç saat içinde zehirlenme ölümle neticelenebilir. Kronik zehirlenme ise, yavaş yavaş güçten düşme, boşaltım bozuklukları, deride tümör meydana gelmesi, şuur bozukluğu, sinir sistemi bozukluğu, kansızlık ve tırnaklarda tipik çizgilerin belirmesiyle belli olur.

2.4.Krom (Cr)

Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerin yanması neticesinde doğada altı değerlikli krom oluşmaktadır. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe geri redüklenir. Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanında çökelir. Laboratuvar denemelerinde kromun kanserojen özelliği tespit edilmiştir ve kanserojen etki özellikle bronş sisteminde etkindir.

2.5.Bakır (Cu)

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapılı canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Pestisitlerde yer alan bakır iyonları sağlık açısından çok tehlikelidir. Az miktarda bakır iyonu

alınması vücudun bakır dengesini bozmakta, enzim aktivitesini engellemekte, karaciğer, beyin ve böbreklerin normal çalışmasını bozmaktadır. (Sayılı ve Akman, 1994)

2.6.Kobalt (Co)

Yeryüzünde 25 mg/ton ortalama ile kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır. Kobalt ve kobalt bileşiklerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, kobalt bileşikleri risk teşkil etmektedirler ve kanserojen madde gibi muamele görürler. (Kartal, vd., 2004)

2.7.Nikel (Ni)

Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir vakadır. Nikelin toksikolojik etkileri temel olarak 3 grupta incelenebilmektedir. Bunlar; 1) Kanserojen etki, 2) Solunum sistemine etki, 3) Dermatolojik (alerjik) etkidir. (Şener, 2007)

2.8.Çinko (Zn)

Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazla, yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatın ($ZnCrO_4$) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn^{2+} yüzünden değil anyonik CrO_4^{2-} bileşeni sebebiyledir. (Habashi, 1997)

2.9.Civa (Hg)

Fosil yakıtların yanması, madencilik sektöründe civa içeren kayaçların kırılması, katı atık depo sahalarından sızma, atık pillerin rastgele atılması, diş hekimliğinde kullanılan amalgam dolgular ve evde kullanılan civa içeren aletlerin kırılması gibi insan faaliyetleri sonucunda yılda 20 000 ton civa çevreye yayılmaktadır. Böylece, havada ve suda ki civa oranları yükselmektedir. Kirlenmemiş yüzey sularında ölçülen civa değeri 0.001 mg/l'den daha düşüktür. Ancak, civa kirliliğinin söz konusu olduğu sularda ölçülen civa konsantrasyonun 0.03 mg/l ve daha yüksek olduğu görülmektedir. Bir diğer önemli kirletici kaynak metil civadır.

Suya karışan civanın bakteriler ve organizmalar tarafından metil civaya çevrilmesi ile meydana gelir. Planktonlar, onları yiyen küçük balıklar ve midyeler ve küçük balıklarla beslenen büyük balıklar ve deniz memelileri ile besin zincirine karışır. Civa ile ilgili endüstri kollarında, civa içeren atıkların bulunduğu sahalarda, termik santrallerde çalışanlar ve bu tür tesislerin yakınlarında oturanlar ile civa konsantrasyonu yüksek sularda yaşayan deniz canlılarını sıklıkla tüketen (Deniz canlıların vücudundaki civa konsantrasyonu 1 ppm'den yüksek ise yenmesi sakınca yaratmaktadır.) kişilerin bünyesindeki civa miktarları tehlikeli sınırlar üzerine çıkabilir. (Güven vd., 2004)

3.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ağır metaller küresel kirlilik faktörleri olarak insan ve tüm canlı yaşamında tehlike ve risk oluşturmaktadır. Maruz kalınan doz, genetik, kişinin bağışıklık direnci ve genel sağlık hali, yaş, beslenme düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak insanlarda en başta kanser olmak üzere çeşitli hastalıklara sebep olmaktadırlar. Gıda zincirinden başka, solunum ve deri yoluyla canlılara geçerek zarar verdikleri açık ve nettir. Dünyada ve ülkemizde tehlike oluşturan ağır metallerin neden olduğu toprak kirliliğini en aza indirmek için acil önlemler alınmalıdır. Dünyada tarıma elverişli toprak miktarı çok düşük düzeydedir. Ağır metal kirliliği topraklar yitirilmiş topraklar anlamına gelir. Kirli toprakta sağlıksız yetişen bitkisel ürünler ise insan ve hayvan hayatını doğrudan olumsuz etkilemektedir. Ağır metal toprak kirliliği doğadan yok edilememekte sürekli kalabilmektedir, Bu durumda öncelikle ağır metal maden işletmeciliği ve diğer endüstri üretimleri veya diğer toprak kirletici faaliyetler ve üretim yöntemleri toprak kirliliğine en az zarar verecek hatta hiç zarar vermeyecek koşullarda yapılmalıdır. (Necla Çağlarırmak , A. Zeki Hepçimen, 2010)

4.KAYNAKLAR

URL-1 http://www.academicfoodjournal.com/archive/2010/2/31-35.pdf
URL-2 http://cevremuhendisiyim.com/agir-metaller-ve-etkileri
URL-3 http://dergipark.gov.tr/download/article-file/202877
URL-4 http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdugeo/article/viewFile/2703/2422
URL-5 http://mfozelders.blogspot.com.tr/2012/05/agir-metallerin-topraga-etkisi.html
URL-6 https://tr.wikipedia.org/wiki/Arsenik
URL-7 https://tr.wikipedia.org/wiki/Toprak_kirlili%C4%9Fi

DOĞAL ARITMA SİSTEMLERİ (ANKARA AKDOĞAN KÖYÜ YAPAY SULAK ALAN SİSTEMİ)

Ece TEMEL
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
ece_temel@hotmail.com

ÖZET: Son günlerde su rezervlerinin azalmasından dolayı yaşanan su sıkıntıları ve atık sulardan kaynaklanan çevre kirliliği göz önüne alındığında atık suların arıtılması ve yeniden kullanılabilmesi önemli bir hal almıştır. Kirli suların arıtımı için kullanılan gelişmiş sistemlerin maliyeti ve işletme giderlerinin yüksek oluşu yanında, nitelikli insan işgücüne gereksinim duyulması nedeniyle bazı ülkeler ve kırsal kesimler için atıksuların arıtılması zorlaşmıştır. Bu çalışmada atık suların çevre kirliliği yaratmaması amacıyla, açılan özel tasarlanmış çukurlarda atıkların çökeltilmesi ve bu ortamlarda yaşayabilen bitki türlerinin yetişmesinin sağlanması ile atık suyun arıtılması amaçlanmıştır. Ayrıca Doğal arıtım sistemleri hakkında bilgi verilerek, Ankara Akdoğan Köyünde kurulan yapay sulak alan sistemi üzerinde yapılmış olan çalışmadaki veriler değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; Türkiye'nin sahip olduğu koşullarda ve kurulan sistemlerde de görülüyor ki, Türkiye'de uygun politika ile atıksu sorunlarını azaltmak mümkündür.

Anahtar Kelimeler: *Doğal arıtım, doğal arıtma, yapay sulak alan.*

1. GİRİŞ

Atık suların çevre kirliliği yaratmaması amacıyla açılan özel tasarlanmış çukurlarda atıkların çökeltilmesi ve bu ortamlarda yaşayabilen bitki türlerinin yetişmesinin sağlanması ile atık suyun **arıtılması doğal** arıtmanın içeriğini oluşturur. Şekil 1'de basit bir doğal arıtma görülmektedir.

Şekil 1: Doğal Arıtım

Kirli suların arıtımı için kullanılan gelişmiş sistemlerin maliyeti ve işletme giderlerinin yüksek oluşu yanında, nitelikli insan işgücüne gereksinim duyulması nedeniyle, özellikle küçük yerleşim merkezlerinde arıtma sistemleri işletilememektedir. Alternatif bir çözüm olarak, doğal arıtma sistemleri gündeme gelmiştir. Ülkemiz koşulları dikkate alındığında kırsal bölgelerde

doğal arıtma sistemleri, atıksu sorunlarının ucuz ve sürdürülebilir çözümü için büyük bir önem taşımaktadır.

2. DOĞAL ARITIM SİSTEMLERİ

Doğal arıtma sistemleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin doğal ortamlarda oluşturulduğu basit ve ucuz metotlardır. Bu etkileşimler doğal ortamda su, toprak, bitki, mikroorganizmalar ve atmosfer arasında gerçekleşmektedir. Doğal Arıtma Sistemlerinin genel bir sınıflandırılması:

2.1. Stabilizasyon Havuzları:

Atıksuların içindeki organik maddelerin ayrıştırılıp, zararsız hale getirildiği, topraktan yapılmış nispeten sığ havuzlardır. Küçük yerlerde genellikle çok kullanılır. İnşaat ve işletme masraflarının düşüktür. Hiç arıtılmamış atıksular arıtılabileceği gibi, önceden bir arıtma tesisinden geçirilmiş atıksular da temizlenebilir. Stabilizasyon havuzları başlıca dört grupta toplanabilir:

- Aerobik Havuzlar
- Anaerobik Havuzlar
- Fakültatif Havuzlar
- Olgunlaştırma Havuzları

2.2. Arazide Arıtma Sistemleri:

Arıtma seviyesi, yüzey sularına deşarj sistemi için gerekli arıtma seviyesinden daha düşüktür. Arazide arıtma ayrı azot ve fosfor giderimi gerektirmediğinden, fizibil olduğu takdirde çoğu kez daha uygundur. Arazide arıtma sistemleri başlıca üç grupta toplanabilir:

- Yavaş İnfiltrasyon
- Hızlı İnfiltrasyon
- Arazi Üzerinden Akıtma

2.3. Yapay Sulakalan Sistemleri:

Birçok sucul canlının görev yaptığı havuzlardan oluşur. Ana bileşenleri; bitki, toprak ve sudur. Yapay sulakalan sistemleri “doğal sistemler” tanımını hak eden “ekilmiş sulakalanlar” olarak da bilinen proseslerdir. Bir ya da birden fazla arıtma bölümleri tek bir yapıda birleşebilir.

Doğal sulakalanlarda kendiliğinden meydana gelen bazı proseslerin daha kontrollü bir çerçevede gerçekleştirilmesi için tasarlanmış olan yapay sulakalanların geleneksel arıtma yöntemlerine göre başlıca avantajları şöyle sıralanabilir:

- İleri teknoloji ve pahalı ekipmanlara gereksinim olmaması,
- Kolay uygulanabilirlik,
- Düşük enerji ihtiyacı,
- Düşük maliyet,
- Basit işletim ve işletim kararlılığı,
- Düşük miktarda çamur oluşumu,
- Flora ve fauna habitatlarını destekleyen biyoçeşitlilikte artış sağlamak,
- Hasat edilen sucul bitkilerin çeşitli amaçlarla kullanılmasıdır.

Atıksuda $BOİ_5$, AKM, amonyak azotu (NH_3-N) ve toplam fosfor (TP) gibi parametreleri yüksek verimle giderirler. Kimyasal proseslerin başlıcaları adsorpsiyon ve çökelme olup, bunlar fosfor ve ağır metal gideriminde rol oynayan önemli mekanizmalardır. Biyolojik prosesler içerisinde en önemli prosesler mikroorganizmalar tarafından yürütülen proseslerdir. Bütün bu prosesler, oksijenin varlığına bağlı olarak karbon, azot ve sülfürün yükseltgenmesini ya da indirgenmesini içermektedir. Azotun büyük bir kısmı ise denitrifikasyon prosesi ile çevrilmektedir. Su yüzeyinde gerçekleşen buharlaşma, absorpsiyon ve desorpsiyon gibi prosesler ile güneş ışınları tarafından tetiklenen kimyasal reaksiyonlar, sulakalanlarda yer alan diğer bozunma prosesleridir. Yapay Sulakalan Sistemleri ikiye ayrılır:

2.3.1. Serbest Yüzeysel Akışlı Yapay Sulakalan Sistemi (SYS)

Bu sistemlerde su yüzeyi atmosfere açıktır. İki tip su bitkisi kullanılır; köklü ve yüzücü su bitkileridir. Bu tür sulakalanlarda, sulakalanın kullanımına bağlı olarak su derinliği birkaç cm'den 0.8m'ye kadar değişebilir ortalama derinliği 0.3m'dir. Bu sistemler Hollanda'da 30 yıldır kullanılmaktadır. Şekil 2'de köklü, batık ve yüzen bitkileri içeren serbest yüzey akışlı sulan alan görülmektedir. Şekil 3'te ise SYS Sistemlerinde Gerçekleşen Etkin Arıtım Mekanizmaları görülmektedir.(Bayrak, E. H., 2008)

Şekil 2: Köklü, batık ve yüzen bitkileri içeren serbest yüzey akışlı bir sulakalan

Şekil 3: SYS Sistemlerinde Gerçekleşen Etkin Arıtım Mekanizmaları

2.3.2. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulakalanlar (YAS):

Kazılan havuz, genelde çakıldan oluşan gözenekli bir yapıyla doldurulur. Su seviyesi çakıl yüzeyinin alt kısmında muhafaza edilir. Yarıbatık sucul bitkiler bu ortamın en üst yüzeyine ekilir. Ortamın derinliği 0.3-0.6m'dir. Bu tip sistemlerin var oluşu atıksu arıtmada

küçük yerleşimlerden büyük ölçekli kentsel yerleşimlere doğru uygulanmasına olanak sağlar. Yüzeyaltı akışlı yapay sulakalanlar 2'ye ayrılır:

- **Yüzeyaltı Yatay Akışlı Yapay Sulakalan Sistemi (YAYS):** İlk olarak 1970'li yıllarda Almanya'da kullanılmaya başlanmıştır. Yataktaki ortam toprak veya taş olabilir. Düşük maliyetli, yapısal ve işlevsel özellikler içeren bu sistemler soğuk mevsimlerde de çalışabilmekte ve %40-60 besin maddelerini ayrıştırabilmektedir. Sistemlerde yapılan araştırmalar sonucunda AKM ve $BOİ_5$'in genellikle yüksek verimle arıtıldığı, azot ve fosfor giderim veriminin ise yükleme hızına, substratın tipine ve atıksu bileşenlerine bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Şekil 4'te Yüzeyaltı yatay akışlı sulak alan sistemi görülmektedir. (Bayrak, E. H., 2008)

Şekil 4: Yüzeyaltı Yatay Akışlı Sulakalan Sistemi (YAYS)

- **Yüzeyaltı Düşey Akışlı Sulakalan Sistemi (YADS):** Birkaç paralel yataktan oluşmaktadır. Su, delikli borularla aralıklı olarak alınır. Bu yüzden toprağın oksitlenmesi Yüzeyaltı Yatay Akışlı Sulakalan Sistemine göre daha fazladır. Bu sistemlerde AKM, $BOİ_5$, Amonyak (NH_3) ve fosfor giderimi oldukça yüksektir. Şekil 5'te Yüzeyaltı düşey akışlı sulak alan sistemi görülmektedir.

Şekil 5: Yüzeyaltı Yatay Akışlı Sulakalan Sistemi (YAYS)

2.4. Kök Bölgesi Arıtma Sistemleri:

Doğal sisteme müdahale edilerek taban su geçirmez hale getirilmekte ve yöre koşullarına uygun bitkiler seçilerek yerleştirilmektedir. Kullanılan bitkiler, dokuları yardımıyla atmosferden aldıkları oksijeni 120cm kadar derine inen köklerine iletmekte ve toprak içinde oksijence zengin bölgeler oluşturmaktadır. Böylece su içerisinde mozaik biçiminde bol oksijenli ve oksijensiz bölgeler oluşmaktadır. Bu farklı bölgeler değişik kimyasal olayların meydana gelmesini sağlayarak kirlilik maddelerinin hızlı bir biçimde parçalanmasını sağlarlar. Meydana gelen aerob (oksijenli) ve anaerob (oksijensiz) koşullar aynı zamanda nitrifikasyon ve denitrifikasyonun oluşmasını sağlar. İyi çalışan sistemlerde azot bileşiklerinin %85'i elementer azota, %2-3'ü biyomasa dönüşür. Geri kalan kısım ise organik maddelerle birleşerek humus oluşturur. Bu reaksiyonlar sonucu kötü kokulu gazların çıkışı ve çevreyi rahatsız etmeleri engellenir.

2.5. Yapay Sulakalanlarda Yaygın Olarak Kullanılan Sucul Yabancı Otlar:

Kamış: Suyun bulunduğu her ortamda, özellikle sulanan veya taban arazilerde, göl, bataklık kenarları ve tahliye kanallarında bulunur. Bu nedenle atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılır. Çok yıllık yarıbatık su yabancı otudur. Avrupa'da kök bölgesi metodunda kullanılmaktadır.

Geniş Yapraklı Saz: Dünyada yaygın bir bitkidir. Çok yıllıktır. Besin maddesince zengin yavaş akan sularda ve bataklıklarda bulunur. Kökler boğumludur. Farklı iklim şartlarına uyum sağlama yeteneğine sahip olduğundan üretilmesi kolaydır.

Sivri Hasır Otu: Bataklıklarda drenaj kanallarında ve ıslak kumlarda bulunur.

Sandalye Sazı: Yığınlar şeklinde çok yıllık otsu bitkilerdir. Hafif tuzlu ve tuzlu bataklıklarda, sulakalanlarda ve kıyı sularında yaygın dağılım gösterirler. Sıcaklık isteği 16- 27 ^{o}C olup pH isteği 4- 9'dur.

Kırmızı Nilüfer: Estetik ve gölgeye kısmen dayanıklıdır. 30-70cm su derinliğine gereksinim gösterir.

Su Mercimeği: Yeşil renkte bir su bitkisidir. Su sümbülüne kıyasla daha düşük sıcaklıklara toleranslıdır. Su mercimekleriyle oluşturulan sistemlerde üretilen biyokütle, su sümbülüyle oluşturulan sistemlere kıyasla iki kat daha fazla protein, yağ, azot ve fosfor ihtiva etmektedir. Ülkemizde yaygın olarak görülen su mercimeği kolay hasat edilerek, hayvan yemi

olarak da kullanılır. Dünyanın pek çok bölgesinde yaygın olarak bulunan küçük yüzen su bitkileridir. Nutrient içeriği yüksek tatlı sularda, su yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplayarak gelişirler. Özellikle ılıman tropikal iklimlerde, durgun su ortamlarında, kısmen kirlenmiş sularda, tuzlu sularda ve ötrofik su ortamlarında yaşamlarını sürdürürler. Su mercimeği türleri 5-7 ^{o}C gibi düşük su sıcaklıklarında ve 1-3 ^{o}C gibi düşük hava sıcaklıklarında gelişebilmektedirler. En iyi pH aralığı 4.5 - 7.5'tir. pH'ın 10'un üzerinde olması büyümeyi önemli ölçüde etkilemektedir.

Su mercimeği sistemlerinde, aerobik ve anaerobik bakteriler sayesinde arıtım gerçekleşmektedir. Bu atıksu arıtma sistemleri organik maddelerin, nutrientlerin, ağır metallerin ve patojenlerin gideriminde oldukça etkilidir. Bitki örtüsü altında oluşan anaerobik ortam %90-95 oranında AKM ve BOİ$_5$ giderimini sağlamaktadır.

Su Sümbülü: İleri arıtma için kullanıldığında atıksuda mevcut olan azot ve fosfor miktarı maksimum düzeyde olmaktadır. İkincil ve ileri arıtma tekniğinde ise hem organik maddenin oksidasyonu hem de nutrient giderimi sağlanmaktadır. Geniş kök sistemleri mikroorganizmaların gelişmesi için geniş bir yüzey oluşturup giderim veriminin artmasını sağlar. Sıcaklık 10 ^{o}C'nin altında büyüme hızı azalır.

2.6. Dünya'da ve Türkiye'de Atıksu Arıtımında Yapay Sulakalan Uygulamaları:

Dünya'da Yapay Sulakalanlar: 1996'da yapılan bir araştırmada, ABD ve Kanada'da kullanımda olan 176 adet sistemin 116 tanesi tropikal bölgelerde, diğerleri ise soğuk bir bölge olan Kuzey Dakota'da yer almaktadır. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulakalan sistemlerinin öncüsü olan Danimarka, evsel atıksuların arıtımı için kullanılan yaklaşık 130 adet sulakalana sahiptir. İsveç'e kıyasla Norveç'teki sulakalanlar daha fazladır. Doğu Avrupa'da ise yapay sulakalanlar en fazla Çek Cumhuriyeti'nde uygulanmış ve 50'nin üzerinde yapay sulakalan mevcuttur. Macaristan, Letonya ve Avusturya'da da yapay sulakalanlar tespit edilmiştir.(Bayrak, E. H., 2008)

Türkiye' de Yapay Sulakalanlar: İlk pilot-ölçekli çalışma 1995 yılında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu-Marmara Araştırma Merkezi (TÜBİTAK-MAM) Gebze Kampüsünde kurulan yapay sulakalandır. 2001 yılında ODTÜ Kampüsüne kurulan 2 adet yapay sulakalanla evsel nitelikli suların arıtımı sağlanmıştır. Yine bir pilot-ölçekli çalışma 2003 yılında İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresine (İSKİ) ait Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisi

alanına kurulan 3 adet tesistir. Şanlıurfa Viranşehir yapay sulakalanı ise Kasım 2003'de faaliyetine başlamıştır. Bir Kanada kuruluşu olan KHGM şirketi tarafından ilk inşa edilen proje Ankara-Haymana-Dikilitaş Köyü Yapay Sulakalanıdır. Amaç, yapay sulakalan çıkış suyunun tarımsal sulamada kullanılmasıdır. KHGM'nin bünyesinde kurulan ve işletilen diğer projeler ise Manisa Saruhanlı- Yeni Osmaniye ve Manisa-Akhisar-Sakarya köyleri ile Muğla-Bodrum-Güvercinlik köylerindeki sulakalanlardır. Bölgedeki mevcut olan ve ön arıtma görevi gören fosseptik çıkış sularının arıtılmasında kullanılmaktadır.(Bayrak, E. H., 2008)

3. ANKARA KIZILCAHAMAM AKDOĞAN KÖYÜNDEKİ YAPAY SULAK ALAN TESİSİNDE YAPILMIŞ ÇALIŞMA (Şener, G., 2007):

Tablo 1: Akdoğan Köyü Örnek Projenin Ölçüm Sonuçları

Parametreler	BOI_5 (mg/l)	KOI (mg/l)	AKM (mg/l)	AZOT (mg/l)	FOSFOR (mg/l)	FEKAL KOLİFORM (FC) (Adet)	TOPLAM KARBON (TC) (Adet)
Ortalama Giriş	99	153,7	81,49	30,59	3,84	$1,11x10^6$	$2,86x10^6$
Ortalama Çıkış	29	88,55	18,94	4,46	1,42	$0,09x10^6$	$0,22x10^6$
Giderim Verimi (Eylül-Nisan / 8 Ay)	%70 (%65,5 - %72)	%42,3 (%41 - %46)	%76,8 (%74 - %80)	%85,4 (%12 - %86)	%63 (%55 - %69)	-	-
Giderim Verimi (Ocak-Nisan / 4 Ay)	-	-	-	-	-	%91,8 (%90 - %93)	%91,6 (%91 - %94,5)
Diğer Ülkelerdeki Verimler	İspanya %90 Meksika %86 Amerika %85 Danimarka %80	İspanya %87 Danimarka %66 Çin %65	İspanya %93 Amerika %80 Danimarka %73* Avustralya %60 * Meksika %39 *	Almanya %91 Avustralya %86 Meksika %75 * İspanya %62 * Çin %59 * Danimarka %40 *	Almanya %88 Meksika %80 Avustralya %70	Çin %99,99 Amerika %95	Tanzanya %90

* Akdoğan Köyü hattı üzerinde kurulan yapay sulak alan tesisindeki ölçümlerden daha düşük ölçülmüştür.

4. GÖRÜŞ, ÖNERİ ve SONUÇ

Ortalama sıcaklığı 9°C (2°C – 19°C) ve ortalama yağışı 1,2 mm (0,1 mm – 2,7 mm) olan Ankara İlindeki Akdoğan Köyü'ne; bitki türü olarak kamış kullanılarak kurulan ve işletme maliyeti olmayan, kurulumundaki KDV dahil 2004 yılı maliyeti 31.000 TL olan yapay sulak alan tesisindeki ölçüm sonuçlarına (Tablo 1) göre;

1. Çıkış suyu BOI_5 değeri 50 mg/l'den yukarı çıkmamıştır.
2. KOI, BOI ve AKM verimi SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)'de verilen deşarj standartlarının altında kalmıştır.

3. SKKY alıcı ortam deşarj standartlarında FC ve TC ile ilgili sınır değerler verilmediği için FC ve TC'nin SKKY uygunluğu değerlendirilmemiştir.
4. Proje genel olarak beklentileri karşılamadaki yeterliliğinden dolayı başarılı bir proje olarak gösterilebilir.

Yapay sulak alanların organik madde, AKM, nütrient ve patojen gideriminde etkili olduğu ve kırsal alanda atıksu arıtma tesisi ihtiyacının meydana gelmesi durumunda klasik arıtma tesislerine göre daha ekonomik olduğu görülmüştür.

Türkiye'nin Avrupa, Asya ve Afrika kıtaları arasındaki geçiş noktası üzerinde bulunması, üç tarafının farklı ekolojik karakterdeki denizlerle çevrili oluşu, deniz seviyesinden 5000m'yi aşan yükseklik farklılıkları ve bu özellikleri neticesinde ortaya çıkan iklim çeşitliliği ve sulakalanlar bakımından Türkiye'nin yapay sulak alan tesislerinin kurulumunda uygun olduğu görülmüştür. Ancak ülkemizde daha yeni tanınan bu tür sistemlerin uzman personel, mevzuat, finansman, bilgi dağılımı ile ilgili problemlerin çözülmesi ve arazinin pahalı olduğu yerlerde yapılmaması bu konudaki darboğazlardır.

KAYNAKLAR

- Bayrak, E. H., 2008. Atiksularin aritiminda yapay sulakalan kullanimi, yüksek lisans tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dali, Sivas.
- http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/10954.pdf
- http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/1c1592588411002_ek.pdf
- http://www.tarimkutuphanesi.com/SUALTI,_SUALTI-UZEN_VE_YUZEN_YABANCIOTLAR_00536.html
- http://www.kusgribi.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFAAF6AA849816B2EF07F5342A0B9FE138
- http://www.palmiyemerkezi.com/nilüfer.htm
- http://www.dep.state.pa.us/dep/deputate/minres/bamr/amd/science_of_amd.htm
- http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/bolum10.pdf
- http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/1c1592588411002_ek.pdf
- https://www.researchgate.net/publication/236148941_Sizinti_Sularinin_Dogal_Aritimi
- Şener, G., 2007. Ankara ili kırsal alanlarından kaynaklanan atıksuların doğal arıtma (yapay sulak alan) ile arıtılması, yüksel lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dali, İstanbul.
- www.zema-**aritma**.com/tr/motif-iplik-as-nigde

DÜŞÜK MALİYETLİ ADSORBANLARLA BOYAR MADDE GİDERİMİ

Ekrem EKER[1], Burak AKÖZ[1], Oğuzhan GÖK[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*

ÖZET: Bu çalışmada, sulu çözeltiden adsorbsiyon yöntemiyle boyar madde giderimi yer fıstığı ve antep fıstığı kabuğu kullanılarak giderim çalışmaları yapılmıştır. Adsorbsiyon deneylerinde çalkalamalı inkübatör kullanılmıştır. Başlangıç boyar madde konsantrasyonu 100 mg/L kabul edilmiş olup pH, adsorban miktarı, zaman, çalkalama hızı denenmiştir. Boyar madde olarak Brillant Blue ve K-RED 198 çalışılmıştır. pH derğişimi 3-4-5-6-7-8 aralığında, adsorban miktarı 2 gr, 4 gr, 6 gr, 8gr aralığında, sıcaklık 20°C'de, çalkalama hızı 200 rpm ve süre 30 dk olarak seçilmiştir. En iyi verimin olduğu pH değeri ve adsorban miktarı yakalanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda en yüksek giderim verimi; Brillant Blue için %65 KRED 198 için %73'lük bir giderim verimi elde edilmiştir. Adsorblama kapasitesi (qe) Brillant Blue için 1,087 mg/g, KRed 198 için 1,22 mg/g hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *yer fıstığı, antep fıstığı, boyar madde, adsorbsiyon*

1.GİRİŞ

Çevre kirliliği açısından boyar maddeler önemli organik kirleticilerdir. Tekstil, plastik, deri, kozmetik, kağıt gibi endüstrilerde kullanılmakta olup yüksek toksisite özelliğinde ve ciddi çevresel sorunlara yol açan maddelerdir. Yıllık 100 ton civarında boya nehirler göller gibi alıcı ortama arıtılmadan verilmektedir (Ramaraju vd. 2014). Sucul ortama verilen boyalar kompleks kimyasal yapılarından dolayı kimyasal biyolojik ve diğer özelliklerinden dolayı kararlı yapıya sahip olup bozunmaları gerçekleşememektedir (Attallah vd. 2013).

Bugüne kadar boya giderimi ile ilgili dünya çapında bir metot yoktur. Fakat seçilmiş bir takım boya türlerinin atıksu içerisinden gideriminde; boya türü, kompozisyonu, konsantrasyonu önemli özelliklerdir (Ebrahimi vd. 2013).

Bir çok arıştırmacı sulu çözeltideki boyanın giderimi ile ilgili fiziksel, kimyasal ve biyolojik farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerden bir taneside adsorbsiyon metotudur. Bu metodun kullanılmasının sebebi düşük enerji ihtiyacı kolay işletme çeşitli kimyasalların alınması yüksek kirletici seçici olmasıdır (Akpomie vd. 2015).

Bir fazda bulunan iyon ya da moleküllerin, diğer bir faz yüzeyinde yoğunlaşması ve birikmesi ile gerçekleşen ayırma işlemine adsorbsiyon denir. İyon ya da moleküllerin yüzeyine transfer olduğu maddeye adsorbent, yüzeye transfer olup birikim gösteren maddeye adsorban denilmektedir. Adsorbsiyon dengelenmemiş kuvvetlerin etkisiyle oluşmaktadır (Özdemir, 2006).

Adsorbsiyon ile kirletici giderimi fiziksel, kimyasal, iyonik olmak üzere farklı türlerden oluşmaktadır.

Adsorbsiyon çalışmalarında sıcaklık, pH, adsorban türü ve yapısı, temas süresi, iyon etkisi, kirletici konsantrasyonu giderim verimini etkileyen önemli faktörlerdir (Özdemir, 2006).

Adsorbsiyon ile kirletici gideriminde slikajel, zeolit, aktif karbon, alümina ve düşük maliyetli tarımsal atıklar kullanılmaktadır. Ülkemizde tarımsal olarak üretimi yapılan antep fıstığı ve yer fıstığı atıkları çalışmada adsorban olarak seçilmiştir. Bu atıkların seçilme sebebi düşük maliyetli, kolay ulaşılabilir ve geniş ekim sahaları bulunmasından dolayı tercih edilmesine sebep olmuştur. Kirletici seçiminde ise yaygın kullanımı ve giderimi zor olumsuz çevresel etkileri bulunan Metil Oranj, K-Red 198, Brillant Blue R, Metilen Mavisi boyaları seçilmiştir. Bu çalışmada pH, adsorban miktarı, boya konsantrasyonu gibi çeşitli parametreler kullanılarak laboratuar ölçeğinde boyar madde giderimine etki eden parametreler çalışılmıştır.

2.MATERYAL – METOD

2.1.Kullanılan Adsorban Malzemeleri

Ülkemizde Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde ekimi yapılan yer fıstığı ürün işlendikten sonra ortaya çıkan kabuk kısmı fabrikalardan temin edilmiştir. Malzeme hazırlama safhasında yıkanmış ve yıkanmamış olarak kullanılmıştır. Yıkama işleme deiyonize saf su ile birkaç defa yıkanmış ve 80° C'de 2 saat kurutulmuştur. Malzeme öğütülmüş ve 0,5-1,2 mm aralığına getirilerek kullanılmıştır.

Ülkemizde Güneydoğu Anadolu bölgesinde ekimi yapılan antep fıstığı ürün işlendikten sonra ortaya çıkan kabuk kısmı fabrikalardan temin edilmiştir. Malzeme hazırlama safhasında yıkanmış ve yıkanmamış olarak kullanılmıştır. Yıkama işleme deiyonize saf su ile birkaç defa yıkanmış ve 80° C'de 2 saat kurutulmuştur. Malzeme öğütülmüş ve 1-1,7 mm aralığına getirilerek kullanılmıştır.

2.2.Kullanılan Boyar Maddeler ve Kimyasallar

Bu çalışmada; renk verici boyar madde olarak Brillant Blue , K-Red 198, Metil Oranj ve Metilen Mavisi kullanılmıştır. Boya çözeltilerinin hazırlanmasında saf su kullanılmıştır. pH ayarlamalarında NaOH (Sodyum Hidroksit) ve HCI (Hidroklorik asit) kullanılmıştır. Boyar maddelerin açık formülleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

BOYAR MADDE	FORMÜLÜ	MOL AĞIRLIĞI
Metilen Mavisi	$C_{16}H_{18}N_3SCI$	319,85 g/mol
Brillant Blue	$C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$	792,85 g/mol
Metil Oranj	$C_{14}H_{14}N_3Na_1O_3S_1$	327,33 g/mol
K-RED 198	$C_{27}H_{18}ClN_7Na_4O_{16}S_5$	984,21 g/mol

2.3.Kesikli Adsorbsiyon Deneyleri

Adsorban olarak kullanılan yer fıstığı kabuğu numuneleri kırılarak 0.5 mm'lik elekten geçirilmiştir. İlk deneylerde madde üzerinde hiçbir işlem yapılmamıştır. Daha sonraki deneylerde ise adsorban madde saf su ile iyice yıkandıktan sonra 85°C'de ki etüvde 8 saat kurutulup daha sonra desikatöre alınmaştır. Antep fıstığı kabuğu kırıcı makine ile 1.7 mm'e düşürülmüştür. Yer fıstığında uygulanan tüm işlemler antep fıstığı içinde uygulanmıştır. Deneyler, 250 ml'lik cam erlenlerde gerçekleştirilmiştir. Kesikli adsorbsiyon deneyleri için bir adet ısıtmalı shaker (çalkalayıcı) kullanılmıştır. Cihazda 15 adet erlen haznesi bulunmakta olup karıştırma hızı, süresi ve sıcaklık parametreleri dijital olarak ayarlanabilmektedir. Karıştırma işlemlerinden sonra numuneyi adsorbandan ayırmak için filtre kağıdı kullanılmıştır. Filtre kağıdından geçirilen numunelerin adsorbans değerlerini okumak için spektrofotometre kullanılmıştır.

2.4.Deneyin Yürütülüşü

1000 mg/L' lik boyar maddeler 100mg/L konsanstrasyonuna düşürülmüştür. 6 adet erlene 100 ml boyar madde alınmıştır. Boyar maddelerin pH'ları 3–8 arası değerlere NAOH ve HCI kullanılarak getirilmiştir. Hassas terazide adsorban madde tartılmıştır. Tartılan adsorbanlar hazırlanan numelere eklenip shakerda 30 dk karıştırılmıştır. Süre bitiminden hemen sonra numuler filtre kağıdından geçirilip spektrofotometre cihazında adsorbans değerleri okunmuştur. Tüm işlemler 2 gram 4 gram 6 gram 8 gram yer fıstığı kabuğu ve antep fıstığı kabuğu kullanılarak tekrarlanmıştır.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. pH'ın Boyar Madde Giderimine Etkisi

Başlangıç pH etkisi boyar madde gideriminde önemli adsorbsiyon parametresidir. Çalışmada pH 3-8 arasında çalışılmış olup antep fıstığı kabuğu ile K-Red 198, Metil Oranj, Metilen Mavisi, Brillant Blue R boyaları giderim verimleri şekil 1 de verilmiştir. Sonuçlar doğrultusunda, Metilen Mavisi %19-%32, K-Red 198 %64-%73, Brillant Blue %21-%65, Metil Oranj %41-%51 değer aralığında verimler okunmuştur.

Yapılan çalışmada bulunan sonuçlar dahilinde en iyi verim sonuçları 6 gr antep fıstığı için Şekil 1 de belirtilmiştir. Antep Fıstığı kabuğu kullanılarak yapılan çalışmada en iyi giderim verimi K-RED 198 boyar maddesi için bulunmuştur.

Şekil 1. Antep fıstığı kabuğunun pH değişimine karşı boyar madde % giderim verimi (m=6gr,200 rpm, 20° C)

Yapılan çalışmada bulunan sonuçlar dahilinde en iyi verim sonuçları 6 gr yer fıstığı için Şekil 2 de belirtilmiştir. Yer Fıstığı kabuğu kullanılarak yapılan çalışmada en iyi giderim verimi K-RED 198 boyar maddesi için bulunmuştur.

Şekil 2. Yer fıstığı kabuğunun pH değişimine karşı boyar madde % giderim verimi (m=6gr,200 rpm, 20º C)

4.SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Yapılan kesikli adsorbsiyon çalışmaları sonucunda en iyi verim yer fıstığı kullanılarak t=30 dk, T=20º C, çalkalama hızı=200 rpm kullanılarak pH 3'de K-Red %73, Brillant Blue %65, Metil Oranj %54'lük verim elde edilmiştir.

Antep fıstığı ile yapılan deneylerde t=30 dk, T=20º C, çalkalama hızı=200 K-Red için %65'lik, Metil Oranj için %53'lük, Brillant Blue için %30'luk giderim verimi elde edilmiştir.

Bu yapılan çalışmada giderim verimlerini yükseltmek için zaman, sıcaklık, çalkalama hızı değiştirilip en iyi verim tespit edilmeli ve kullanılan adsorbentler modifiye edilmeli, kinetik ve izoterm çalışmaları yapılmalıdır.

5.KAYNAKLAR

Akpomie K.G., Dawodu F.A., Adebowale K.O., 2015. Mechanism on the sorption of heavy metals from binary solution by a low cost montmorillonite and its desorption potential, Alex. Eng. J. 54, 757-767.

Attallah M.F., Ahmed I.M., Hamed M.M., 2013. Treatment of industrial wastewater containing congo red and naphthol green B using low-cost adsorbent, Environ. Sci. Pollut. Res. 20, 1106–1116.

Ebrahimi A., Arami M., Bahrami H., Pajootan E., 2013. Fish Bone as a low-cost adsorbent for dye removal from wastewater: response surface methodology and classical method, Environ. Model. Assess. 18, 1–10.

Ramaraju B., Reddy P.M.K., Subrahmanyam C., 2014. Low cost absorbent from agricultural waste for removal of dyes, Environ. Prog. Sustain. Energy 33, 38–46.

Özdemir, F., A.,2006. Tekstil Boyalarının Sulu Çözeltilerden Adsorpsiyon Yöntemiyle Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı, Gebze.

Vieira S.S., Magriotis Z.M., Santos N.A.V., Cardoso M.G., Saczk A. A., 2012. Macauba palm (Acrocomia aculeata) cake from biodiesel processing: an efficient and low cost substrate for the adsorption of dye, Chem. Eng. J. 183, 152–161.

KOMPOSTTA AĞIR METAL

Buse ÇEVİREN[1]-Elif ÖCAL[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*
buseceviren1@gmail.com, el_if2671@hotmail.com

ÖZET: Kompostta ağır metallerin belli miktarlar seviyesinde ne kadar bulunduğuna bakılarak hesaplanıp yazılması. Ağır metallerin çevreye ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ele alındı. Birçok ağır metal arasından sadece Ni ve Cr ağır metallerinin marul içerisinde bulunduğu konsantrasyonuna bakılması tercih edildi. Marul kompostunun üç haftalık kompostlaştırma süresince günlük sıcaklık değerleri termometre ile ölçülerek makalemize eklenmesi. Kompostun gözlenen süre boyunca sızıntı suyu hesabına bakılarak bu değerlerin cihazda önce etüvde kurutularak daha sonra asit yardımıyla sıvı hale getirilip bazı parametrelerinin hesaplanması.

Anahtar Kelimeler: *Kompost, Marul, Sıcaklık, Ağır metal.*

1. GİRİŞ

Kullanılma süresi dolan ve yaşadığımız ortamda uzaklaştırılması gereken her türlü katı malzemeye **katı atık** denir. Katı atıklar evde, okulda, hastanede, endüstride, bahçelerde ve daha birçok yerde oluşabilir. Ülkemizde çöp bileşenleri; %68 organik atık, %13 değerlendirilebilir katı atık, %19 diğer atıklardır.(URL-1) Organik atıkların kompostlanması çevre açısından oldukça önemlidir. Yaygın olarak kullanılan kompost ekonomik açıdan fayda sağladığı gibi hem doğa dostudur hem de organiktir. Kompost sayesinde katı atıklar biyokimyasal olarak ayrışabilir çok çeşitli organik maddeleri organizmalar tarafından stabilize edilmiş, mineralize olmuş ürünlere dönüşmesidir. Katı atık oluşumunun minimize edilmesi ve geri döngü ile sisteme verilmesinin en uygun çözümü kompostlamadır (Kocasoy,G.,1994 ve 1996).

Ağır metal, metalik özellikler gösteren elementlerden oluşan, açık ve tam bir tanımlaması yapılmamış olan grupta bulunan elementlere verilen addır. Bu grubun içinde geçiş metalleri, bazı yarı metaller, lantanitler ve aktinitler bulunur.(URL-2) Bazıları yoğunluk, atomik sayı ya da atomik ağırlık, bazıları da kimyasal özellikler ya da toksisite üzerine dayanan birçok tanımlama önerilmiştir.

Cu, Zn, Cr, Cd, Ni, Fe, Pb, Hg, Ag, başlıca ağır metallerdir. Bunların yanında Sn, Al, Mo, Co, Mn, As, Sb de bazen ağır metallere girer.(URL-3)

Ağır metaller yerkabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bozulmaz ve yok edilemezler. Küçük bir miktara kadar vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. İz elementler gibi ağır metaller insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için elzemdirler. Bununla birlikte yüksek konsatrasyonlarda toksik olabilirler. Ağır metal zehirlenmesi

oluşabilmektedir, kontamine olmuş içme suyundan emisyon kaynaklarına yakın ortam hava konsantrasyonun yüksek olmasından veya gıda zinciri yoluyla.

Ağır metaller tehlikelidir çünkü biyobirikme eğilimlidirler. Biyobirikim zamanla biyolojik bir organizmada bir kimyasal konsantrasyonun, kimyasalın doğadaki konstrasyonuyla karşılaştırıldığında artması demektir. Bileşikler herhangi bir zamanda canlı şeylerde birikebilirler ve onların vücuda alınmaları ve depolanması metabolizma edilmelerinden veya atılmalarından daha hızlıdır.(URL-3)

Bu deneysel çalışmada ağır metal olarak nikel (Ni) ve krom (Cr) kulanılmıştır.

Nikel:

Nikel, çevrede çok düşük seviyede bulunan bir elementtir. İnsanlık, nikeli bir çok farklı uygulamalar için uygulanır. Kirli topraklardan elde edilen sebzelerin yüksek miktarlarda tüketilmesiyle nikel alımı artacaktır. Bitkilerin nikeli topladığı bilinir ve dolayısıyla sebzelerden nikel alımı yüksektir.

İnsanlar nikele solunum yoluyla, içme suyuyla veya gıdaların tüketimiyle maruz kalabilir. Nikelin aşırı dozda alınması insan sağlığı için tehlikeli olabilir. Nikelin fazla miktarda alınması aşağıda belirtilen bozukluklara neden olabilir:

- Akciğerlerde tıkanma
- Solunum yetersizliği
- Doğum kusurları
- Kalp rahatsızlıkları
- Astım ve kronik bronşit
- Akciğer, prostat ve gırtlak kanseri riskini artırır.(URL-3)

Krom:

Gıdalar ile alınan kromun organizmada neden olabildiği etkiler:

- Krom, kuvvetli oksidan etkisi nedeniyle hücreleri parçalayabilir ve zarara uğratabilir.
- Akciğerde biriken krom, bronş kanserine neden olabilir.

Sindirim yoluyla yüksek miktarda krom alınması, mide ülseri, böbrekler ve karaciğerde fonksiyon bozulması ve ölüme neden olabilir.

Kromun ani etkilenimiyle oluşan sağlık sorunları:

- Sindirim yoluyla alınma sonrasında ağızda, midede ağrı ve yaralar, yutma güçlüğü, kusma ve kanlı ishal,
- Solunum yoluyla yoğun alınım sonrası burun, üst solunum yolları ve akciğerde tahriş,
- Ciltte alerjik reaksiyon ve zor iyileşen yaralar,
- Sinirim yoluyla yoğun miktarda alınması sonrası dolaşım bozukluğu, kramplar, bilinç kaybı, böbrek yetmezliği, koma ve ölüm oluşabilir. (URL-3)

2. MATERYAL VE METOD

Toplanan ham marul atıklarından 4,5 kg alınarak içerisine 100 mg/l Ni ve 100 mg/l Cr ağır metalleri ilave edildi. Homojen şekilde karıştırıldıktan sonra numune alındı ve ağır metal konsantrayonu kurutulup, ölçülmek üzere etüve konuldu. Geriye kalan marul atıkları kompost reaktörüne konularak sıcaklıkları günlük olarak ölçüldü.

Şekil 1: Kompost reaktörü

Şekil 2: Etüv

3. BULGULAR

Günlük ölçülen sıcaklık değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sıcaklık değerleri

Tarih	Sıcaklık
20.03.2017	17°C
21.03.2017	22°C
22.03.2017	22°C
23.03.2017	20°C
24.03.2017	19°C
28.03.2017	21°C
27.03.2017	21°C
29.03.2017	20°C
30.03.2017	20°C
31.03.2017	19°C
03.04.2017	22°C
04.04.2017	22°C
05.04.2017	21°C
06.04.2017	21°C
07.11.2017	20°C

Ölçülen ortam sıcaklığı ortalama 21.9 °C olarak saptanmıştır. Marul uzunluğu ortalama olarak 7,52 cm'dir. İletkenlik: 2132 µs/cm ve pH: 7,66

Tablo 2. Ham ve kirletilmiş örnekte ölçülen ağır metal değerleri

Ham örnekte ölçülen ağır metal;
2,335 mg/L(Cr)-1,06 mg/L(asit) =1,275 mg/L
1,28 mg/L(Ni)-0,38 mg/L(asit) = 0,9 mg/L
Kirletilen örnekte ölçülen ağır metal;
5,79 mg/L (Cr)-1,06 mg/L (asit) = 4.91 mg/L
5,035mg/L(Ni) -0,38mg/L (asit)=4,655 mg/L

Tablo 3. Ham örnek ve sızıntı suyundan alınarak ölçülen değerler

Ham örnekten alınarak ölçülen değerler:	Sızıntı suyundan alınarak ölçülen değerler:
TOC: 15,49mg/L	TOC:1.289mg/L
TN: 0,7560mg/L	TN:0.1804mg/L
TC: 26,95mg/L	TC:3.921mg/L

Sızıntı suyundaki ağır metal değerleri:

Tablo 4. Numune miktarına göre ölçülen ağır metal değerleri

mg/L	Cr	Ni
7,5	0.024	0,006
12,5	0,029	0,012
25	0,034	0,016

Yapılan çalışma sonucunda, kompostun gözlenen süre boyunca sızıntı suyu hesabına bakılarak bazı ağır metaller ölçülmüştür.Bu değerler Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir.Grafikte görüldüğü gibi değerler birbirine yakın ölçülmüş olup sınırlar içerisinde bulunmuştur.

Şekil 3:Sızıntı suyundaki Cr ağır metalinin grafikle gösterimi

Şekil 4:Sızıntı suyundaki Ni ağır metalinin grafikle gösterimi

4.KAYNAKLAR

URL-1<http://www.renklinot.com/soru-cevap-2/kati-atiklar-nedir-kati-atiklar-nelerdir.html>,alındığı tarih:20.04.2017

URL-2<https://www.turkcebilgi.com/a%C4%9F%C4%B1r_metal>,alındığı tarih:20.04.2017

URL-3<http://hastaneciyiz.blogspot.com.tr/2010/11/agir-metaller-ve-sagliga-etkileri.html>,alındığı tarih:12.04.2017

Kocasoy, G., Atıksu Arıtma Çamuru ve Katı Atık ve Kompost Örneklerinin Analiz Yöntemleri, Birinci Baskı ISBN: 975-518-046-X ve İkinci Baskı ISBN : 975-518-083-4, Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 1994 ve 1996.

ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRDE SÜT ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ BİYOLOJİK ARITIMI

Emine GÜLEN
Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
eminegülen@hotmail.com

ÖZET: Bu çalışmada, süt endüstrisi atıksuyunun Ardışık Kesikli Reaktörde (AKR) arıtımına organik yük ve havalandırma süresinin etkisi araştırılmıştır. Azalan organik yük ve artan hidrolik bekleme süresi (HBS), ardışık kesikli reaktörde KOİ, $BOİ_5$ ve NH_4^+-N giderme verimini artırmıştır. Ardışık Kesikli Reaktörde (AKR) 24 saatlik çevrim süresinde, 7 saatlik havalandırma süresinin KOİ, $BOİ_5$ ve NH_4^+-N giderme verimi bakımından yeterli olduğu belirlenmiştir. Süt endüstrisi atıksuyunun Ardışık Kesikli Reaktörde (AKR) 4 günlük hidrolik bekleme süresi (HBS) ve 0,60 kg $BOİ_5/m^3$-günlük organik yük altında arıtılması sonucu, KOİ parametresi bakımından Su Kirliliği Kalitesi Yönetmeliğindeki (SKKY) deşarj standardını sağlamıştır. Ancak, daha fazla amonyum giderimi için daha yüksek hidrolik bekleme süresinin (HBS) gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Ardışık kesikli reaktör, süt endüstrisi atıksuyu, organik yük, havalandırma süresi.*

GİRİŞ

Süt ve süt ürünlerini işleyen işletmelerden kaynaklanan atıksular kirlenmemiş sular ve kirli sular olmak üzere iki gruba ayrılabilir (Şengül, 1991). İşletmelerin genelde toplam atıksu hacminin % 60-98'ini soğutma suları teşkil eder. Süt mamullerinin elde edilmesinde kullanılan tüm cihazlar ve tanklar işlenmiş süt ve süt ürünlerini içerdiklerinden dolayı sistemde oluşan soğutma suları ile soğutulurlar. İkinci gruptaki atıksular, üretim işlemlerinden gelip, özellikleri çok değişkendir. Süt endüstrisi atıksularının değişken yapısı verimli bir atıksu arıtımını güçleştirmektedir ve uygun arıtılmazsa potansiyel bir çevre kirliliği kaynağıdır (Wang ve diğ., 2006). Süt endüstrisi atıksuları yüksek oranda biyolojik parçalanabilir özelliğe sahiptirler ve fiziksel- kimyasal ve biyolojik metotlar ile arıtılabilmektedir. Aerobik prosesler, özellikle de aktif çamur tesisleri, süt endüstrisi atıksularının arıtımında sıkça kullanılmaktadır, ama yüksek enerji sarfiyatı bu prosesin önemli bir dezavantajıdır (Demirel, 2005). Anaerobik prosesler ise, işletmeye alma süresinin uzun olması, işletme kontrolünün zorluğu, değişken yük, organik ve toksik bileşikler şokuna hassas olması gibi önemli dezavantajlara sahiptir (Öztürk, 2000).

Biyolojik arıtma proseslerinden AKR, evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Steinmetz ve diğ., 2002; Ganesh ve diğ., 2006; Fongsatitkul ve diğ., 2008; Zhan ve diğ., 2009). AKR prosesin atıksuların biyolojik arıtımında işletme esnekliği ve verimli atıksu arıtımı performansına sahip olduğu bilindiğinden, süt endüstrisi atıksularının arıtılmasında da uygun yöntem olabilir. AKR, atıksu arıtımı için kullanılan doldur-boşalt prensibine bağlı olarak işletilen bir aktif çamur sistemidir. AKR'de arıtım alan yerine zamanla olmaktadır. AKR ile klasik aktif çamur sistemde kullanılan prosesler aynıdır. Tek fark, AKR'de

arıtım tek bir reaktörde gerçekleşirken klasik aktif çamur sistemde farklı reaktörlerde gerçekleşmektedir. AKR'de bir çevrim, atıksuyun reaktöre doldurulmasından boşaltılmasına kadar geçen süre için kullanılmaktadır ve beş ardışık fazdan oluşmaktadır: doldurma, reaksiyon, çökelme, boşaltma ve dinlendirme.

Süt endüstrisi atıksuyunun AKR'de arıtılmasıyla % 97 BOİ5, % 93 KOİ, % 97 TAKM ve % 76 TKM giderme verimi elde edilmiştir (Samkutty ve diğ., 1996). AKR, süt endüstrisi atıksularının birincil ve ikincil arıtımında iyi bir proses olduğu belirtilmiştir (Eroğlu ve diğ., 1991; Samkutty ve diğ., 1996). Ardışık kesikli reaktör, Fransa'da Jura dağlarında bulunan küçük peynir yapımı tesislerinden gelen atıksuları arıtmak için kullanılmış ve 0.50 kgKOİ/m3/gün organik yükleme altında % 97,7 KOİ ve % 99,8 BOİ5 giderme verimi elde edilmiştir. AKR'ün oldukça esnek, etkili olduğu ve finansal olarak avantajlı bir çözüm sağladığı belirtilmiştir (Torrijos ve diğ., 2001). Süt endüstrisi atıksuyunun arıtımı için tek ve iki kademeli AKR'ün karşılaştırıldığı çalışmada, 10000 mg/l KOİ içeren atıksuyun tek kademeli AKR'de 1 günlük HBS'de arıtılması sonucunda % 80,2 KOİ, % 63,4 TKM, % 66,2 TUKM, % 75 TKN ve % 38,3 TN giderme verimi elde edilmiştir (Li and Zhang, 2002). Süt endüstrisi atıksuyunun arıtıldığı AKR'de 3 günlük HBS ve 1,34 kg BOİ5/m3-gün gibi yüksek organik yük altında; % 87 KOİ, % 79,9 BOİ5, % 48,7 TKN ve % 79,3 yağ-gres giderimi elde edilmiştir (Sirianuntapiboon ve diğ., 2005).

Günümüzde entegre süt ve süt ürünleri tesislerinin sayısı artmış ve bunun sonucu olarak da bu sanayiden kaynaklanan atıksu miktarı artmıştır. Süt endüstrisi atıksuları yüksek oranda biyolojik olarak parçalanabilir özelliğe sahip olmasına rağmen, değişken bir yapıda olması biyolojik olarak arıtımında verimin azalmasına neden olmaktadır. AKR, bir biyolojik arıtma prosesi olup, değişken yapıdaki atıksuların arıtımında işletme esnekliği gösterebilmekte ve sürekli kontrolün sağlanmasına imkan verebilmektedir. AKR, süt endüstrisi atıksuyunun arıtımında alternatif bir yöntem olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, süt endüstrisi atıksuyunun ardışık kesikli reaktörde (AKR) arıtımına organik yük ve havalandırma süresinin etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada birbirine paralel olarak 3 laboratuvar ölçekli ardışık kesikli reaktör kullanılmıştır. Her bir AKR'ün çalışma hacmi 5 l'dir. AKR'de her bir devir 24 saat olup, günde 1 devir yapılmıştır. Her bir devir; 2 saat doldurma, 19 saat reaksiyon (havalandırma), 1.5 saat çökelme, 0.25 saat boşaltma ve 1.25 saat dinlendirme fazlarından oluşmaktadır. Reaktörlere atıksuyun beslenmesi peristaltik pompa ile gerçekleştirilmiştir. Reaktörler, doldurma fazında bir karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Reaksiyon fazında atıksuyun havalandırılması hava pompası ve difüzör yardımı ile yapılmıştır. Çökeltme, boşaltma ve dinlendirme fazlarında karıştırma ve havalandırma uygulanmamıştır. Reaktörler, oda sıcaklığında (22±2°C) işletilmiştir. Reaktörlerdeki MLSS konsantrasyonu 3000±100 mg/L'de tutulmuştur. Tüm çalışma boyunca reaktörlerdeki çamur yaşı sabit tutulmuş olup, 10 günlük çamur yaşında çalıştırılmışlardır. Bunun için, havalandırma fazının sonunda 500 ml karışık sıvı reaktörden çekilmiştir.

Deneysel Çalışma Planı

Deneyler, iki aşamada tamamlanmıştır. Birinci aşamada, AKR'ün verimine HBS'nin etkisi çalışılmıştır. Bu amaçla, AKR üç farklı hidrolik bekleme süresinde (2 gün, 4 gün ve 6 gün) işletilmiştir. BOİ$_5$ konsantrasyonu 2400 mg/l olan atıksu için 2 gün, 4 gün ve 6 gün HBS'e karşılık gelen organik yükleme hızları sırasıyla 1.2 kg BOİ$_5$/m^3-gün, 0.60 kg BOİ$_5$/m^3-gün ve 0.4 kg BOİ$_5$/m^3-gün'dür. Çalışmanın ikinci aşamasında ise, organik karbon ve amonyum giderimine havalandırma süresinin etkisi araştırılmıştır.

Atıksu ve Çamur

Bu çalışmada kullanılan atıksu bir süt fabrikasından temin edilmiştir. Atıksuyun karakterizasyonu Tablo 1'de verilmiştir. Aktif çamur, bir Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin geri devir hattından alınmış ve aktif çamurun 1 hafta süre boyunca süt endüstrisi atıksuyuna adaptasyonu sağlanmıştır.

Tablo 1: Atıksu karakterizasyonu.

Parametre	Değer
KOİ (mg/l)	4000
BOİ5 (mg/l)	2400
NH_4-N (mg/l)	50
TP (mg/l)	18
pH	6.7

Analitik Yöntemler

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) analizi Standart Metotlara (APHA, AWWA, WCPF, 1998) göre dikromat yöntemiyle yapılmıştır. Amonyum (Kit Kodu: 100683; Ölçüm Aralığı: 2-150 mg/l NH_4^+-N), Toplam fosfor (Kit Kodu: 114729; Ölçüm Aralığı: 0.5-25 mg/l P) analizleri Standart Kit (Merck Specquorant) kullanılarak yapılmıştır. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı ($BOİ_5$) analizi Oxidirect $BOİ_5$ seti ile yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Süt endüstrisi atıksuyunun 2 gün, 4 gün ve 6 günlük hidrolik bekleme sürelerinde işletilen AKR'de arıtılmasıyla elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. AKR'de organik yükün azalması ve HBS'nin artmasıyla çıkış kalitesi ve arıtma verimi artmıştır. 2 gün, 4 gün ve 6 günlük hidrolik bekleme sürelerinde işletilen reaktörlerde KOİ giderme verimi sırasıyla, % 93.2, % 96.8 ve % 97.5 olarak bulunmuştur. Süt ve süt ürünleri sanayisinin 24 saatlik kompozit numune bazında alıcı ortama deşarj standardında KOİ konsantrasyonu 160 mg/l olarak verilmiştir (SKKY, 2004). 4 günlük hidrolik bekleme süresinde ve 0.60 kg BOİ5/m3- günlük organik yükleme altında çıkış KOİ konsantrasyonu 128 mg/l olarak bulunmuş olup, deşarj standardının sağlandığı görülmektedir. Yapılan benzer bir çalışmada, 8 günlük hidrolik bekleme süresinde ve 0.50 kg BOİ5/m3-günlük organik yükleme altında çıkış KOİ konsantrasyonu 122 mg/l olarak bulunmuştur (Sirianuntapiboon ve diğ., 2005).

Tablo 2: 2, 4 ve 6 günlük hidrolik bekleme süresinde AKR'ün çıkış kalitesi ve arıtma verimi.

HBS (gün)	Organik yük (kgBOİ5/m³-gün)	KOİ		BOİ5		NH_4^+-N	
		Çıkış (mg/l)	Arıtma Verimi (%)	Çıkış (mg/l)	Arıtma Verimi (%)	Çıkış (mg/l)	Arıtma Verimi (%)
2	1.20	272	93.2	257	89.3	16	68.0
4	0.60	128	96.8	120	95.0	11	78.0
6	0.40	100	97.5	84	96.5	5	90.0

Şekil 1. KOİ giderme verimine havalandırma süresinin etkisi.

Şekil 2. BOİ5 giderme verimine havalandırma süresinin etkisi.

Şekil 3. NH_4^+-N giderme verimine havalandırma süresinin etkisi.

2 gün, 4 gün ve 6 günlük hidrolik bekleme sürelerinde işletilen reaktörlerde BOİ5 giderme verimi sırasıyla, % 89.3, % 96.8 ve % 97.5 olarak bulunmuştur. 2 gün, 4 gün ve 6 günlük hidrolik bekleme sürelerinde işletilen reaktörlerde NH4+- N giderme verimi ise sırasıyla, % 68.0, % 78.0 ve % 90.0 olarak bulunmuştur. Hidrolik bekleme süresinin 2 günden 6 güne çıkmasıyla % 22'lik daha fazla NH4+-N giderme veriminin elde edildiği görülmektedir. 2 gün, 4 gün ve 6 gün HBS'de çalıştırılan reaktörlerde KOİ, BOİ5 ve NH4+-N giderme verimine havalandırma süresinin etkisi sırasıyla Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir. KOİ, BOİ5 ve NH4+-N giderme veriminin çalışılan tüm HBS'de 7 saatlik havalandırma süresine kadar arttığı ve 7. saatten sonra ise giderme verimlerinde fazla değişimin olmadığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar, 7 saatlik havalandırma süresinin KOİ, BOİ5 ve NH4+-N giderimi için yeterli olduğunu göstermektedir.

Havalandırma süresinin artması, işletme maliyetini artırdığından pratik bir uygulama değildir. AKR, arıtılan atıksuyun karakterine, arıtılmak istenen parametreye ve arıtma şekline paralel olarak bir çevriminde yer alan faz sürelerinin değiştirilmesi mümkündür. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar neticesinde, 19 saatlik havalandırma süresi 7 saate azaltılmıştır. Havalandırma süresindeki bu 12 saatlik fazla süre, dinlendirme faz süresine eklenmiştir. Diğer faz süreleri ise değiştirilmemiştir. Yapılan bu değişiklik sonucu, KOİ, BOİ5 giderme veriminde % 1-2'lik bir azalma ve NH4+-N giderme veriminde % 2-4'lük bir azalma olmuştur. 2 gün, 4 gün ve 6 günlük hidrolik bekleme sürelerinde işletilen reaktörlerde KOİ giderme verimi

sırasıyla, % 92.0, % 96.1 ve % 97.1 olarak bulunmuştur. 4 günlük HBS ve 0.60 kg BOİ5/m3-günlük organik yükleme altında çıkış KOİ konsantrasyonu 155 mg/l olup deşarj standardını sağladığı görülmektedir. 2 gün, 4 gün ve 6 günlük hidrolik bekleme sürelerinde işletilen reaktörlerde BOİ5 giderme verimi sırasıyla, % 88.8, % 94.2 ve % 96.0 olarak bulunmuştur. 2 gün, 4 gün ve 6 günlük hidrolik bekleme sürelerinde işletilen reaktörlerde NH4+-N giderme verimi ise sırasıyla, % 66.0, % 74.0 ve % 88.0 olarak bulunmuştur. Yüksek amonyum gideriminin gerekmediği durumda, 4 günlük HBS ve 0.60 kg BOİ5/m3-günlük organik yük altında işletilen AKR performansının yeterli olduğu görülmektedir. Ancak, yüksek amonyum gideriminin gerekli olması halinde daha yüksek HBS'ne ihtiyaç olduğu görülmektedir. Havalandırma faz süresinin azaltılıp dinlendirme faz süresinin artırılması yanında bir gündeki devir sayısının artırılması şeklinde bir uygulama da yapılabilir. Ancak, eşit debideki atıksuyu aynı HBS'de arıtmak için 2 kat (2×7 saat = 14 saat) havalandırma süresi gerekli olacağından ekonomik değildir. Bu nedenle, bir gündeki devir sayısını artırmak yerine bir devirdeki dinlendirme faz süresini artırmak daha uygundur.

SONUÇLAR

Artan HBS ve azalan organik yük, AKR'de süt endüstrisi atıksuyunun arıtma verimini artırmıştır. 4 günlük HBS ve 0.60 kg $BOİ_5/m^3$- günlük organik yükleme altında çalıştırılan reaktörde çıkış suyundaki KOİ konsantrasyonunun, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğindeki deşarj standardından (160 mg/l) düşük olduğu gözlenmiştir. AKR'de bir çevrimde, 7 saatlik havalandırma süresinde KOİ, $BOİ_5$ ve NH_4^+-N giderme verimi bakımından 19 saatlik havalandırma süresinde elde edilen giderme verimlerine yakın sonuçlar alındığından, işletme maliyeti de göz önünde bulundurularak 7 saatlik havalandırma süresinin yeterli olduğu bulunmuştur. 4 günlük HBS ve 0.60 kg $BOİ_5/m^3$-günlük organik yükün AKR'de süt endüstrisi atıksuyunun arıtılmasında KOİ giderme verimi bakımından uygun neticeler verdiği, daha yüksek amonyum giderme verimi için ise daha yüksek HBS'nin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, eşit debide atıksuyun aynı hidrolik bekleme süresinde arıtılması durumunda, bir gündeki devir sayısını artırmak yerine bir devirdeki dinlendirme faz süresini artırmanın daha ekonomik olduğu ve bu uygulamanın KOİ, $BOİ_5$ ve NH_4^+-N giderme verimine de etkisinin çok az olduğu bulunmuştur.

KAYNAKLAR

APHA, AWWA, WCPF., 1998, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C.

Demirel, B., 2005, Süt endüstrisi atıksularının havasız arıtımı. İTÜ Dergisi/e- Su Kirlenmesi Kontrolü, 15 (1-3), 3-16.

Eroglu V., Öztürk I., Demir I., Akça L. and Alp K., 1991, Sequencing Batch and Hybrid Anaerobic Reactors Treatment of Dairy Wastes. In the Proceedings of 46th Annual Purdue Univ. Industrial Waste Conf., May 13-15, USA.

Fongsatitkul, P., Wareham, D.G. and Elefsiniotis, P., 2008, Treatment of four industrial wastewaters by sequencing batch reactors: Evaluation of COD, TKN and TP removal. Environmental Technology, 29 (11), 1257-1264.

Ganesh, R., Balaji, G. and Ramanujam, R.A., 2006, Biodegradation of tannery wastewater using sequencing batch reactor – Respirometric assessment. Bioresource Technology, 97 (15), 1815- 1821.

Li, X. and Zhang, R., 2002, Aerobic treatment of dairy wastewater with sequencing batch reactor systems. Bioprocess Biosystem Engineering 25, 103-109.

Öztürk, İ., 2000, Anaerobik biyoteknoloji ve atık arıtımındaki uygulamaları. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

Samkutty, P.J., Gough, R.H. and McGrew, P., 1996, Biological treatment of dairy plant wastewater. Journal Environ. Science Health A, 31 (9), 2143-2153.

Sirianuntapiboon, S., Jeeyachok, N. and Larplai, R., 2005, Sequencing batch reactor biofilm system for treatment of milk industry wastewater. Journal of Environmental Management, 76, 177-183.

SKKY, 2004, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Steinmetz, H., Wiese, J. and Schmitt, T.G. 2002, Efficiency of SBR technology in municipal wastewater treatment plants. Water Science and Technology 46 (4), 293-299.

Şengül, F., (1991). Endüstriyel atıksuların özellikleri ve arıtılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.

Torrijos, M., Vutton, V. and Moletta, R., 2001, The SBR process: an efficient and economic solution fort he treatment of wastewater at small cheesemaking dairies in the Jura mountains. Water Science and Technology, 43 (3), 373-380.

Wang, L.K., Hung, Y.T., Lo, H.H. and Yapijakis, C., 2006, Waste treatment in the food processing industry. Taylor and Francis Group, Boca Raton.

Zhan, X.M., Healy, M.G. and Li, J.P., 2009, Nitrogen removal from slaughterhouse wastewater in a sequencing batch reactor under controlled low DO conditions. Bioprocess and Biosystems Engineering, 32 (5), 607-614.

METROLOJİ VE AKREDİTASYON

Emir KARTAL[1,a], Arif ALPER[1,b], Ahmet KILIÇ[3]
Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray,
emir3kartal@gmail.com

Anahtar Kelimeler: (*Laboratuvar, Akreditasyon, Türkak)*

Metroloji

İnsanoğlu var olduğu sürece ölçmeye ihtiyaç duymuştur. Eski çağlarda insan duyu organlarının tepkileri, vücut ölçüleri gibi ilkel ölçme araçları ile yapılan ölçümler, bugün ölçüm bilimi olarak bildiğimiz metrolojinin temelini oluşturmuştur. Zamanı ölçmede kullanılan güneş saati, uzunluk ölçümünde kullanılan basit bir çubuk, tartım işlemlerinde kullanılan ağırlıklarla başlayan bu serüven, günümüzde ihtiyaçlar doğrultusunda kuantum sabitlerine dayalı nano ölçekteki olağanüstü hassas ölçümlere ulaşmıştır. Metroloji, farkına varmasak bile günlük yaşamımızın ayrılmaz bir parçasıdır. Marketlerde, hastanelerde, pazarlarda yapılan ölçümleri sıradan ve rutin bir faaliyet olarak algılamaktayız. Oysa yapılan ölçümlerin güvenilirliği ve sonuçların doğruluğu ticaret, sağlık ve yasal düzenlemelerde büyük önem taşımaktadır. Ölçüm güvenilirliğinin sağlanması ve ölçüm sonuçlarının doğruluğunun temini için, ölçüm birimlerini tanımlayan, gerçekleştiren, muhafaza eden ve yaygınlaştıran metroloji faaliyetleri büyük önem arz etmektedir.

Metrolojinin Amacı

Bütün ölçme sistemlerinin temeli olan Uluslararası Birimler Sistemi (SI - *Système international d'unités*) ve SI'dan türetilen ölçüm birimlerini tanımlamak, Bilim ve teknolojinin kullanımına sunmak. Yapılan ölçümlerin güvenilirliğini ve doğruluğunu sağlamak (TS EN ISO/IEC 17025; Ölçüm sonuçlarının kalitesinin güvencesinin sağlanması)

Neden Standarda İhtiyaç Vardır?

Ölçümler günlük hayatta her vatandaşı etkiler. Geçerli, doğru ve güvenilir fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler modern yaşamın bir gereğidir. Bu nedenle gelişmiş toplumlar gayri safi milli hasılalarının % 6'sına kadar olan kısmını ölçümler ve ölçümlerle ilgili işlemlere harcarlar.

Kimyasal ölçümler;

- Üretim kontrolü,
- Ürün kalitesinin belirlenmesi,
- Ticari amaçla ürün sınıflandırma,
- Uluslararası ticarette teknik engellerin aşılması,
- Çevre kontrolü,
- Sağlık ve tıp alanında hastalıkların teşhis ve tedavisi,
- Adli tıpta suçlu teşhisi,

gibi alanlarda yapılmaktadır.

Yapılan ölçüm ve analiz sonuçlarına dayanarak kararlar verilmektedir.

Kararlar analitik sonuçlara dayalı olduğundan sonucun istenen amaca uygun nitelikte olup olmadığı gibi sonuçların kalitesi ile ilgili bilgiye sahip olmak önemlidir.

Bu nedenle yapılan analiz sonuçlarının

- Doğruluğu,
- Güvenilirliği,
- İzlenebilirliği,
- Sonuçların tüm örneği temsil etmesi,
- Tüm laboratuvarlar tarafından karşılıklı kabul edilebilirliği (Karşılaştırılabilirliği)

büyük önem taşımaktadır.

Farklı laboratuvarların sonuçları arasında büyük farkların olması, bu sonuçlara dayanarak karar vermeyi zorlaştırmakta ve çoğu zaman taraflar arasında anlaşmazlıklara neden olmaktadır.

Bu nedenle ölçümlerin belirlenen amaca uygun kalitede olması gerekmektedir.

Bir analistin yanlış sonuçlar elde etmesinin ve müşterisinin bu sonuca dayanarak hatalı bir karar vermesinin sosyal ve ekonomik etkileri çok büyük olabilir.

- Adli tıpta; yanlış mahkumiyetlere veya suçluların cezalandırılmamasına,
- Ticarette; standart dışı malların piyasaya sürülmesine ve müşteri kaybına neden olarak çok yüksek maliyetlere,
- Çevre kirliliği kontrolünde; tehlikelerin ortaya çıkmamasına veya gerçek olmayan tehlikelerin belirmesine,
- İlaçlarda; aktif etken madde miktarının hatalı olması hastalarda çok kötü sonuçlara neden olabilir.
- Öte yandan analiz maliyetlerinin yüksekliği nedeni ile ölçümlerin tekrarını ortadan kaldırmak için ölçüm sonuçlarının birbirleriyle karşılaştırılabilir olması gerekmektedir.

Tüm bu sektörler için;

"Bir kez ölçüm ve her yerde geçerli sonuç"

ilkesi oldukça önemlidir.

Örneğin kimyasal ölçümlerin kalitesi;

- Ölçüm yöntemine (metot),
- Analiz edilen matrikse (su, atık su, çamur vb) ve matriksin bileşimine,
- Analiz edilecek bileşene,
- Örnek alma ve hazırlama prosedürüne,
- Kullanılan cihaza, kimyasal maddelere, referans malzemelere,
- Laboratuvar koşullarına ve
- Analizi yapan analiste (eğitim ve deneyim) bağlıdır.

Tüm bu değişkenlerin analiz sonucuna ve kalitesine etkisinin incelenmesi ve değerlendirilmesi, istenen kalitede analiz için bir zorunluluktur.

Ölçüm parametrelerinin çokluğu ölçüm işleminin standartlaştırılmasını çoğu zaman güçleştirmektedir.

Akreditasyon

Akreditasyon uygunluk değerlendirme kuruluşlarınca gerçekleştirilen çalışmaların ve dolayısıyla bu çalışmalar sonucunda düzenlendikleri uygunluk teyit belgelerinin (deney ve muayene raporları, kalibrasyon sertifikaları, yönetim sistemi belgeleri, ürün belgeleri, personel belgeleri vb.) güvenilirliğini ve geçerliliğini desteklemek amacıyla oluşturulmuş bir kalite altyapısıdır.

Kapsamı

TÜRKAK tarafından akredite edilecek faaliyet konuları, genel olarak uygunluk değerlendirmesi ‘’Conformity Assessment’’ kavramı içinde yer almaktadır. Buna göre; deney, analiz ve kalibrasyon konusunda rapor ve sertifika veren laboratuvarlar, muhtelif standart ve teknik düzenlemeler temelinde ürün belgelendirmesi yapan kuruluşlar, gözetim faaliyeti yapan kuruluşlar, kalite yönetim, çevre yönetim ve diğer yönetim sistemlerini belgelendiren kuruluşlar ile personel belgelendirmesi yapan kuruluşlar akredite edilecek potansiyel arasında yer almaktadır.

Akreditasyon başvurusunda bulunmak isteyen uygunluk değerlendirme kuruluşları öncelikli olarak ilgili standarda göre kurulmuş ve işletilmekte olan bir kalite yönetim sistemine sahip olmak durumundadırlar. UDK’nın (Uygunluk Değerlendirme Kuruluşu) yapmış olduğu faaliyetlerin kapsamına göre yukarıda belirtilen standartlara ilave olarak Avrupa Akreditasyon Birliği tarafından hazırlanmış olan ek kriterlere de uygunluk sağlanmalıdır.

Akreditasyonun Uluslararası Boyutu

Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC- International laboratory Accreditation Cooperation), laboratuvar ve muayene konularında hizmet veren akreditasyon kuruluşlarının uluslararası birliğidir.

Uluslararası Akreditasyon Forumu (IAF- International Accreditation Forum) belgelendirme kuruluşlarına akreditasyon hizmeti veren akreditasyon kuruluşlarının uluslararası birliğidir.

Avrupa Akreditasyon Birliği (EA- European co-operation for Accreditation), Avrupa Birliği üyesi ülkeler ile aday statüsündeki ülkelerin Akreditasyon Kuruluşlarının üye olduğu üst kuruluştur.

Şema aşağıdaki gibidir.

Dünya, kıtalar ve ulusal akreditasyon kuruluşları

Akreditasyon işlemi gönüllülük esasına dayanır. Akreditasyon ile ilgili ulusal ve uluslararası düzenlemeler, bu konuda mecburiyet getirmemektedir. Genellikle uygunluk değerlendirmesi hizmetlerinin verildiği serbest piyasa ekonomileri, laboratuvarları ve belgelendirme kuruluşlarını akredite olmaya sevk eder. Bir laboratuvar veya belgelendirme kuruluşunun akredite olması ona itibar kazandırır. Belgelendirme kuruluşları ve laboratuvarlar; akreditasyonun dışında kalarak da hayatlarını idame ettirebileceklerini, müşteri bulabileceklerini ve müşteriyi tatmin edebileceklerini düşünüyorlarsa akredite olmadan da hizmet vermeye devam edebilirler. Serbest piyasa ekonomisinde kamu otoriteleri bazı alanlarda akreditasyonu zorunlu kılmaktadır.

ISO 17025

TS EN ISO 17025 Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği için Genel Şartlar Akreditasyon Süreci. TS EN ISO 17025 Standardın ilk baskısı (1999), ISO/IEC Guide 25 ve EN 45001'in uygulamalarında edinilen kapsamlı deneyimlerin sonucu olarak hazırlanmış, ancak bunların her ikisinin de yerini başka standartlar almıştır. TS EN ISO 17025 standardı, bir yönetim sistemini uyguladıklarını, teknik olarak yeterli olduklarını ve geçerli

teknik sonuçları üretebildiklerini göstermek isteyen deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının sağlaması gereken bütün şartları içerir.

Laboratuvar Akreditasyonu Nasıl Gerçekleştirilir

Bir laboratuvarın akreditasyon süreci

Başvuru yapan deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının akreditasyon denetiminden önce getirmesi gereken belgelerin tam olması koşuluyla akreditasyon denetimi çalışmalarına başlanmaktadır. Laboratuvar tarafından TÜRKAK'a gönderilen evrakların denetim ekibi tarafından incelenmesinin ardından denetim ekibi yerinde denetim yapmak için laboratuvara gitmekte ve denetimin bitiminden sonra, denetçi heyetinin hazırlamış olduğu rapor TÜRKAK'a sunulmaktadır. Denetim sonucunda tespit edilmiş olan uygunsuzlukların giderilmesi için laboratuvar tarafından yapılan düzeltici faaliyetlerin denetim heyeti tarafından incelenmesi ve uygun olduğunun görülmesi neticesinde, denetim raporları varsa ilgili Sektör Komitesinin görüşüne sunulmaktadır. Sektör Komitesinden gelen görüşlerin değerlendirilmesi sonucunda laboratuvarın dosyası TÜRKAK Yönetimine sunulmakta ve karar laboratuvara bildirilerek akreditasyon çalışması sonlandırılmaktadır.

Akreditasyon talebini müteakip, dosya incelemesi ve arkasından talep sahibiyle birlikte bilgi alışverişi yapılması bir aylık zaman dilimini kapsamaktadır. Bu işlemleri müteakip başvuru sahibinin müracaat dokümanları tamamlanmışsa denetim için sözleşme yapma noktasına gelinmektedir. Sürecin bu tarzda işlemesi sebebiyle kabul edilen müracaatların sonuçlandırılması laboratuvarların hazırlık durumuna da bağlı olarak en iyi ihtimal ile en az 6 aylık bir zamana ihtiyaç göstermektedir.

ISO 17025 Hakkında Öneri

Genel itibariyle Dünya'daki standartları benimser. Ancak yurtdışı için kurumlarımızdan ekstra belge istenildiği olmuştur ve ayak bağı olmaktadır. Bunun giderilmesi için yurtdışı akredite kuruluşlarıyla kontak kurup bunun giderilmesi gerekmektedir.

Akreditasyon Değerlendirmesi

Akreditasyonun bilinilirliği çok azdır. Buna ön ayak olarak üniversitelerde lisans eğitimlerine seçmeli ders olarak eklenebilir ve sertifika ile ödüllendirilebilir.

Bir laboratuvarın herhangi başka kuruma iş yapabilmesi veya sonuçlarının başka bir yere gönderildiği laboratuvarlar da akreditasyon zorunlu olmalıdır. Yani gönüllülük esasından çıkmalıdır. Eğer zorunlu olursa laboratuvarlar tamamı bir saygınlık kazanır. Yaptıkları deneyler hakkettiği fiyatlara ulaşabilir. Akreditasyon işi pahalı olduğundan hibeler yapılabilir, kalkınma ajansları kurulabilir. Bakanlık tarafından bir koordinatör atanması ve bu tarz desteklerden akredite kuruluşların yararlanması için destek sağlanması gerekmektedir. Akredite kuruluşlar KOSGEB destekleri kapsamına alınabilir. ÇED raporu gibi akreditasyon işlemi de düzenlemeye gidilip sorunu kökten çözebilir.

Avrupa ülkeleriyle kıyaslandığında Profesyonel denetçi ve danışman sayısı yetersizdir. Giderilmesi için daha cezbedici olmalı. Bu yapılırken de niteliklerinden de ödün verilmemesi gerekir.

KAYNAKLAR

url 1 < http://www.turkak.org.tr/turkaksite/DuyuruDetay.aspx?ID=62> 15.04.2017
url 2 < http://www.turkak.org.tr/TURKAKSITE/AkreditasyonAkreditasyonNedir.aspx> 14.04.2017
url 3 < http://www.turkak.org.tr/TURKAKSITE/SSorulanSorular.aspx> 14.04.2017
url 4 < http://www.turkak.org.tr/turkaksite/KurumsalBirimlerLabAkrdBskligi_2.aspx> 19.04.2017

METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ELEKTROKOAGÜLASYON PROSESİ İLE ARITILABİLİRLİĞİ

Emre GÖKKAYA
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Türkiye
emregokkayabrs@gmail.com

ÖZET: Dünya nüfusundaki önlenemeyen artış ve buna bağlı olarak temiz su kaynaklarındaki önlenemeyen azalma, insanoğlunun alternatif ve ucuz işletme maliyetlerinin olduğu arıtma teknolojilerine olan ilgisini arttırmaktadır. Amaçlanan ise hem insani ihtiyaç için hemde endüstriyel işletmelerde kullanılan su ortamının kirletilmesini engellemektir. Elektrokoagülasyon prosesi, kimyasal koagülasyon prosesinin gelişmiş bir alternatifidir. Bu proseste, metal katyonları proses içerisindeki metal elektrotların suda çözünmesi ile suya geçer. Bu metal katyonlar reakte olup sudaki kirleticilerin giderilmesini sağlar. Bu proses kapsamında ağır metal giderimi, süspanse ve kolloidal partikül giderimi, kompleks yapıdaki organik madde giderimi ve bakteri ile virüs giderimi yapılabilir. Elektrokoagülasyon prosesi diğer arıtım teknolojileri ile maliyet ve verim olarak karşılaştırılan çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar elektrokoagülasyon prosesinin bazı avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymuştur. Avantajları; İlk yatırım maliyeti alternatif teknolojilerden belirgin miktarda düşüktür. İşletme maliyeti düşüktür. Düşük enerji ihtiyacı gerektirir. Kimyasal ilavesi yoktur. Fazla bakım gerektirmez. İşgücü ihtiyacı düşüktür. Proses sırasında oluşan çamur miktarı alternatiflerine göre azdır. Suda olması istenmeyen kirleticilerin birden fazlasını tek proses ile giderilmesini sağlar. Dezavantajları; Elektrot, atık su içindeki çözünmüş maddelerin oksidasyonu sonucu oksitlenebilir. Birçok yerde elektrik maliyeti yüksektir (Ancak kullanılması gereken enerji çok düşük olduğundan yüksek bir maliyet oluşturmaz). Atıksudaki süspanse maddelerin yüksek iletkenliğe sahip olması istenir.

***Anahtar Kelimeler**: Elektrokoagülasyon, metal bağlı, avantaj ve dezavantaj*

GİRİŞ

Elektrokoagülasyon Teorisi

Elektrokoagülasyon, elektroliz sonucu anotun çözünmesi ile temizlenecek atıksu içerisinde metal hidroksit floklarının oluşturulmasından ibaret olan bir prosestir. EC prosesinin prensibi koagülasyon, adsorpsiyon , çöktürme ve flotasyon giderme mekanizmalarının biri veya bir kaçına dayandığı , alüminyum ve demir gibi metal anotların anodik çözünmeye uğraması ve hidrolizi ile çok az çözünen $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_2$ ve $Fe(OH)_3$ gibi metal hidroksitlerin oluşması şeklindedir.

EC reaktörü, basit olarak anot ve katot elektrodun bulunduğu elektrolitik hücre ile anot ve katot elektrotların bağlandığı DC güç kaynağından oluşmaktadır [1]

Elektrokoagülasyon prosesinde kullanılan elektrot çeşitlerinden en yaygını alüminyum ve demirdir. Metalik iyonların yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olması, alüminyum ve demirin alternatiflerine göre kolay ulaşılabilir ve düşük maliyette olması, bu elektrotlar ile kararlı yapıda çamurun elde edilmesi bu elektrotların tercih edilmesinin öncelikli sebeplerindendir. Alüminyum ve demir dışında çelik, grafit ve titanyum gibi maddeler elektrot olarak kullanılabilmektedir. Anotta metal elektrotun yükseltgenme ürünleri olarak iyonik

formlar oluşurken, katotta hidrojen ve hidroksil açığa çıkmaktadır. Yüksek akım yoğunluklarında nispeten yüksek hidrojen gazı giderim mekanizmasının yüzeyde toplanmasına işaret etmektedir.

Metal son işlemleri endüstrisi atıksularında üretim proseslerinde kullanılan çok çeşitli kimyasallar ve hammaddeler sonucunda bu endüstriden kaynaklanan atıksularda metaller, organik maddeler, askıda katı maddeler, siyanür, fosfor ve florür bulunmaktadır. Metal son işlemleri endüstrisi atıksularında bulunan kadmiyum, krom, bakır, kurşun, nikel, çinko ve gümüş gibi ağır metaller çevre üzerinde toksik etkiye sahip ve deşarj limitleriyle sınırlandırılmış kirleticilerdir. Endüstri atıksularındaki toksik organik madde kaynaklarından olan şelatlar gibikompleks yapıcıların gideriminde de özel kontrol ve arıtma metotları uygulanmaktadır. Özellikle kaplama banyolarında kullanılan bu kompleks yapıcı organik maddeler metalleri çözelti içinde tuttuğundan metal giderimini oldukça etkilemektedirler. [10]

ELEKTROKOAGÜLASYON PROSESİ

Bir elektrokimyasal arıtım prosesinde en önemli etkenlerden biri kullanılan elektrotun cinsidir. Elektrokoagülasyon prosesinde genellikle alüminyum (Al^{+3}) ve demir (Fe^{+3} veya Fe^{+2}) elektrotlar kullanılmaktadır. Proses işletim sırasında bu elektrotlar atıksuda reakte olarak $Al(OH)^3$, $Fe(OH)^3$ ve $Fe(OH)^3$ gibi metal hidroksit bileşikleri meydana gelmektedir. Bu metal hidroksitler atıksu ortamındaki farklı kirlilik parametrelerini adsorbe ederek çökelmesini sağlar. Kirleticiler bu sayede atıksudan uzaklaştırılmış olur. Bu metod günümüzde birçok sanayi dalında kullanımına başlanmıştır[2]. Elektrokoagülasyon prosesi; kagıt ve kagıt hamuru endüstrisinde, gıda, yag, boya maden sanayi atıksuları [2], organik madde içeren sızıntı suları [3], flor giderimi [2] ve maden üretim islemleri atıksularının arıtımında kullanılmaktadır [4].

Elektrokoagülasyonu Etkileyen Faktörler

Akım Yoğunluğu

Bir akümülatör veya diger bir enerji kaynagından saglanan elektriksel kuvvetin uygulanması sonucu akım olusur. Akım kaynagı elektronları devrenin bir ucundan itip diger ucundan çektiginden bir elektron pompası görevi yapar [5]. Elektrokoagülasyon sistemlerinde elektrotlardan çözünen Al^{3+} ve Fe^{2+} iyonlarının miktarını belirler. Yüksek akım kullanıldıgında elektriksel enerji bosa harcanmıs olur. Daha da önemlisi asırı akım

yogunlugu akım etkisinde önemli derecede azalmaya sebep olur. Akım yogunlugu seçimi; pH ve sıcaklık gibi diger parametreler de baglıdır.[6]

İletkenlik

Su ve atıksu arıtımında iletkenliği arttırmak için genellikle sofra tuzu kullanılır. Sofra tuzu elektrik yüküne katkı sağlar ve diğer anyonik türlerin (HCO3 -, SO42-) olumsuz etkilerini önemli derecede azaltır [7]. Karbonat ve sülfat iyonlarının varlıgı Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarının çökelmesine yol açar ve akım veriminde azalma olur. Bu nedenle elektrokoagülasyon hücrelerinde % 20 Cl^- iyonlarının bulunması tavsiye edilir [8].

pH

Su veya atıksuyun pH'sının etkisi metalhidroksitlerin çözünürlügünde oldugu kadar akım veriminde de önemlidir. Arıtım performansı kirleticilerin yapısına baglıdır. En iyi giderim verimi pH 7 civarında saglanır fakat nötral pH'da güç tüketimi iletkenlik degisimine baglı olarak yüksektir. Elektrokoagülasyon isleminden sonra asidik atık sularda suyun pH'sı artar [8].

METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ELEKTROKOAGÜLASYON PROSESİ İLE ARITILABİLİRLİĞİ

Metal son islemleri endüstrisinde çok degisik ve çok sayıda hammadde kullanılmakta olup; metal olarak bakır, demir, nikel gibi yaygın metaller yanında özel alasımlar ve altın, platin gibi degerli metaller de kullanılmaktadır. İslemlerde kullanılan banyolar çesitli asitler, bazlar, kompleks yapıcılar, siyanür bilesikleri, organik katkı maddeleri, yağlar ve yüzey aktif maddeleri içerebilir. Metal kaplama endüstrisi atıksularının en önemli özelliklerden biri atıksu miktar ve su kalitesinin zamanla degisimidir. Bunun nedeni; endüstride islemlerin çogunlukla kesikli düzende çalısmaları, sürekli düzende çalısan islemlerin atıksularını genellikle belirli aralıklarla bosaltmalarıdır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde metal kaplama endüstrisi atıksuları desarj standartları belirlenmiştir .[9]

Tablo 1 : Metal Sanayi Atıksularının Alıcı Ortama Desarj Standartları

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/L)	600	-
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	125	-
YAĞ VE GRES	(mg/L)	20	-
AMONYUM AZOTU (NH_4-N)	(mg/L)	100	-
AKTİF KLOR	(mg/L)	0,5	-
TOPLAM KROM	(mg/L)	2	-
KROM (Cr^{+6})	(mg/L)	0,5	-
KURŞUN (Pb)	(mg/L)	1	-
TOPLAM SİYANÜR (CN^-)	(mg/L)	0,2	-
KADMİYUM (Cd)	(mg/L)	0,5	-
ALÜMİNYUM (Al)	(mg/L)	3	-
DEMİR (Fe)	(mg/L)	3	-
FLORÜR (F^-)	(mg/L)	50	-
BAKIR (Cu)	(mg/L)	2	-
NİKEL (Ni)	(mg/L)	3	-
ÇİNKO (Zn)	(mg/L)	5	-
GÜMÜŞ (Ag)	(mg/L)	0,1	-
BALIK BİYODENEYİ (ZSF)	-	8	-
pH	-	6-9	-

Ağır Metal İçeren Atıksuların Arıtım Yöntemleri

Endüstrilerden kaynaklanan inorganik atıksuların içerdigi Cd, Cr, Cu, Ni, Zn gibi toksik metaller besin zincirinde birikme egilimi gösterirler. Agır metallerin, sucul çevrede yüksek çözünürlügü nedeniyle canlı organizmalar tarafından absorbe edilebilirligi yüksektir. Besin zincirine bir kere girmeleriyle birlikte insan vücudunda genis konsantrasyonlarda agır metal birikebilir. Bu nedenle metal içerikli atıksuların alıcı ortama desarjından önce arıtılması gerekmektedir. Son yıllarda hem atıksu üretim miktarını azaltmak hem de arıtılan suyun kalitesini artırmak için agır metal içeren atıksularda farklı arıtım teknolojileri gelistirilmistir. Kimyasal çöktürme, koagülasyonflokülasyon, flotasyon, iyon degistirme ve membran filtrasyon gibi teknikler üzerinde çalısılmıstır [11].

İşletme Maliyeti Hesaplamaları

Yapılan deneysel çalışmalar sonrasında hesaplanacak işletme maliyeti için aşağıdaki

$$C_{elektrot} = \frac{I * t_{EC} * M_w}{z * F * v}$$

bağıntılar kullanılır. *[12]*

Bu eşitlikte *v*: elektrolik hücre hacmi, *F*: Faraday sabiti (96485,3 Cloumb/mol ≅ 96500 C/mol), z: anot metalin kimyasal ekivalent değeri veya reaksiyonda transfer edilen elektron sayısı (zAl ve zFe = +3), *M*w: anot metalinin molekül ağırlığı (MAl = 27 g/mol, MFe= 55 g/mol, *I*: akım (Amper), *t*EC: işletme süresi (s) ve *C*elektrot: EC reaktöründeki çözünen alüminyum veya demir metal elektrot miktarıdır (kg elektrot/m^3 arıtılan su miktarı). Enerji tüketimi ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$C_{enerji} = \frac{V * t_{EC} * I}{v}$$

[13]

Bu eşitlikte *V*: volt, *v*: elektrolik hücre veya EC reaktörü hacmi, *I*: akım (Amper), *tEC*: işletme süresi (s) ve *Cenerji*: EC prosesindeki enerji tüketimidir (kWh/m^3).

EC prosesinde işletme maliyeti esas itibariyle elektrot ve enerji tüketiminden kaynaklanmaktadır.

İşletme maliyeti = 0,06*Cenerji + *X* * *C*elektrot [14]

DEĞERLENDİRME

Elektrokoagülasyon prosesi işletme açısından maliyeti düşük ve kolay işletilebilir bir proses olduğu görülmektedir. Çalışmalar incelendiğinde aynı proses birbirinden farklı karakteristik özellik gösteren atıksularda verimli olarak çalıştırılması mümkündür. Kirlilik sebebi organik yük, ağır metal, yağ ve gress, boyar madde, sülfat veya akm gibi değişse de prosesin bu farklı kirlilikleri gideriminde başarılı olduğu çalışmalar sonucunda saptanmıştır. Sistem pH'ı, elektrot cinsi, akım, işletme süresi gibi değişkenler ile optimum çalışma standartları üzerinde daha fazla çalışmanın devam ettiği elektrokoagülasyon prosesi şimdiden birçok endüstri kuruluşunun çözümü haline gelmiştir.[15]

Tablo 2: Kimyasal Koagülasyon ile ElektroKoagülasyon Kıyaslaması

Kimyasal Koagülasyon	**ElektroKoagülasyon**
Koagülant olarak uygun kimyasal maddeler (alum, demir sülfat vb.) ilave edilmektedir	Koagülant, uygun anot materyalinin elektrolitik oksidasyonu sonucu oluşmaktadır
Suya kimyasal madde ilave edilerek gerçekleştirilir	Suya elektrik akımı verilerek gerçekleştirilir.
Yoğun çamur oluşumu gerçekleşir ve oluşan çamur kimyasal içeriklidir.	Oluşan floklar daha az su bağlama eğilimindedir. Daha düşük dirence sahip olacağından çok daha kolay filtre edilebilirler.
Yüksek miktarlarda kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanan ikincil kirlenme sorunu meydana gelmektedir.	İkincil kirlenme sorunu yoktur.
Çeşitli demir ve alüminyum hidroksit polimer kompleksleri ve çökeltileri meydana gelmektedir.	Çeşitli demir ve alüminyum hidroksit polimer kompleksleri ve çökeltileri meydana gelmektedir.
Koagülasyonu gerçekleştiren koagülantlar atıksuya demir ve alüminyum iyonları FeSO4·7H2O ve Al2(SO4)3·18H2O bileşikleri şeklinde verilmektedir.	Koagülasyonu gerçekleştiren koagülantlar atıksuya demir ve alüminyum iyonları şeklinde doğrudan verilir.
Demir ve alüminyum iyonları, hidroksitleri ve polihidroksitleri oluşturması için önce Al2(SO4)3·18H2O bileşiklerinin hidrolizi gerekmektedir.	Demir ve alüminyum iyonları, hidroksitleri ve polihidroksitleri oluşturmak üzere hemen reaksiyona girer.

KAYNAKLAR

[1] Mollah, M.Y., Schennach, R., Parga, J.R., Cocke, D.L., 2001, Electrocoagulation (Ec)-Science And Applications, *Journal of Hazardous Materials*, 84, 29-4.

[2] Holt P.K., Barton, G.W., Wark, M., Mitchell, C.A., A quantitative comparison between chemical dosing and electrocoagulation, Colloids Surf; 2002, p. 211- 233.

[3] Mollah M.Y.A., Schennach R., Parga J.P., Cocke D.L., Electrocoagulation (EC)-Science and applications, Journal of Hazardous Materials 2001, B84: 29-41,

[4] İlhan F., Kurt U., Apaydin Ö., Arslankaya E., Gönüllü M.T., Elektrokimyasal aritim ve uygulamalari: Kati Atik Sizinti Suyu Çalişmasi, Türkay-2007.

[5] Can, T., Alüminyum Elektrotlar Kullanılarak Tekstil Atıksu ve Boyalarının Elektrokoagülasyon ile Arıtımı, Yüksek Lisans Tezi,Gebze Yüksek Teknolojisi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisligi Anabilim Dalı, 2002.

[6] Balasubramanian, N., Madhavan, K., Arsenic Removal From Industrial Through Electrocoagulation, Chemical Eng.Tech; 24, 5, 2001, P:519-521

[7] Chen.G., Electrochemical Technologies in Wastewater Treatment, Seperation and Purification Technology, 2004 P:11-41

[8] Wong, H.M., Shang, C., Cheung, Y.K., Chen, G., Chloride Assisted Electrochemical Disinfection, Taiwan, 2002 .

[9] CAMCI S. 2008 Metal Kaplama Atıksuyunun Elektrokoagülasyon Yöntemi ile Arıtılması Yüksek Lisans Tezi , Samsun

[10] ARSLAN T. 2008 Kompleks Olarak Bağlı Ağır Metal İçerikli Atıksuların ElektroKoagülasyon İle Arıtımı Yüksek Lisans Tezi , İstanbul

[11] Kurniawan, T.A., Chan, Y.S., Lo, W.H., Babel, S., Physico-Chemical Treatment Techniques For Wastewater Laden With Heavy Metals, Chemical Engineering Journal
118 (2006) 83-98.

[12] Şengül, F. ve Müezzinoğlu, A., Çevre Kimyası, D.E.Ü. Müh. Fak. Basım Ünitesi, 4. Baskı, İzmir, 2001.

[13] Zhao, H., Hu, C., Liu, H. and Qu, J., "Role of aluminum speciation in the removal of disinfection by production precursors by a coagulation process", Environmental Science Technolgy, Vol 42, 5752-5758, 2008

[14] Sharp, E.L., Parsons, S.A. and Jerferson, B., "Seasonal variations in natural organic matter and its impact on coagulation in water treatment", Science of the Total Environmen, Vol 363, No 15, 183-194, 2006.

[15]AKARSU C. 2014 Elektrokoagülasyon Prosesi ile Endüstriyel Atıksu Arıtımı, Lisans Tezi, Mersin

SULU ÇÖZELTİDEN YUMURTA KABUĞU İLE Pb^{+2}'NİN ABSORBLANMASI

Eren GÖÇMEN[1], Büşra ŞAHİN[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü 68100 Aksaray, TÜRKİYE*
erengocmen@gmail.com - bussra.sahinn@hotmail.com

ÖZET: Çeşitli ağır metal iyonlarının sulu solüsyondan uzaklaştırılmasında, yumurta kabuklarının özellikleri ve etkinliği düşük maliyetli bir adsorban olarak araştırılmıştır. Başlangıç bulguları, yüksek karbon ve kalsiyum konsantrasyonları ve yüksek porozite ve fonksiyonel grupların bulunması nedeniyle yumurta kabuğunun potansiyelinin etkili bir sorbent olarak uygulanabileceğini gösterdi. Adsorpsiyon deneyleri değişik pH, temas süresi ve yumurta kabuğu konsantrasyonu ile incelendi. Ağır metal iyonlarının çıkarılmasının maksimum yüzdeleri optimum pH, temas süresi ve adsorbent konsantrasyonunda kaydedildi. İzotermlerin ve kinetiklerin değerlendirilmesi yumurta kabuğunun yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu teyit etti. Bu deney, yumurta kabuklarının farklı atıksuyun içindeki ağır metal iyonlarının uzaklaştırılması için etkili, sürdürülebilir ve düşük maliyetli bir adsorban olarak yumurta kabuğunu kullanma kabiliyetini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Adsorpsiyon, Yumurta Kabukları, Ağır metaller, Düşük maliyetli*

GİRİŞ

İnsanların doğal kaynakları aşırı ve yanlış kullanımı sonucu çevre bozulmakta ve tahrip olmaktadır. Özellikle ağır metal endüstrilerinin katı ve sıvı atık maddelerle toprağı ve suyu kirletmesi, havaya karışan zararlı maddelerin yağmurlarla suya ve toprağa karışması, evsel atık suların doğaya karışması, denize dökülen petrol ve katı atıkların artması ve buna benzer bir çok örnek su kirliliğinin artık doğanın dengesini bozduğunu ve canlı hayatını tehdit ettiğini göz önüne sermektedir. Bakır ve kurşun günümüz endüstrisinde çeşitli alanlarda kullanılmakta olup, bu elementlerin oluşturduğu kirliliğin pek çok kaynağı mevcuttur. Kurşun ve bakırın düşük konsantrasyonları dahi sudaki organizmalar ve insan hayatı için zehirlilik etkisi oluşturmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak alternatif proseslerin, arıtım yöntemlerinin ve kullanılan adsorbanların önemini de arttırmaktadır. Sıvı çözeltilerde bulunan ağır metallerin biyosorpsiyon/adsorpsiyon yöntemi ile giderilmesi endüstriyel atık su arıtımında alternatif bir teknoloji olabilmektedir. Tedarik etmesi kolay, ucuz ve adsorplama verimi yüksek olan adsorban arayışları da sürmektedir. Çeşitli endüstrilerin yan ürünlerinden elde edilen bu adsorbanların etkin kullanımı ve endüstriyel boyutta geçerliliği de çok önemlidir.

Pb (Kurşun) Nedir

Kurşun; Periyodik çizelgenin IV A grubunda yer alır. Mavimsi beyaz renkte yumuşak bir elementtir. Dövülerek kolayca şekil alabilir. Yumuşak ve esnek olması nedeniyle çok iyi işlenebilen kurşun, az dayanıklıdır. Bu yüzden başka madenlerle alaşım olarak kullanılması gerekir. Bu nedenle kurşunun birçok bileşiği ve alaşımı vardır. Gümüşsü bir görünümü olan

yeni işlenmiş maden, havanın oksijeniyle temas edince hemen değişmez. Gri bir oksit tabakasıyla kaplanarak aşınmaya karşı son derece dayanıklı bir durum alır. Ancak, sülfürik asit gibi başka madenlerle temasında da koruyucu bir tabaka oluşturan kurşun, aşınmaya karşı korunmuş olur. Elektriği az iletir, korozyona karşı çok dayanıklıdır. Doğada serbest halde ender olarak bulunur. Daha yaygın olarak, başka minerallerle bileşik olarak bulunur. Günümüzdeki filizlerin oluşumunda kurşunun en büyük bölümü kurşun sülfür (PbS) olarak kristalleşip ayrılmıştır. Galen adı verilen bu birincil filiz, aşınma ve kimyasal çözülmelere karşı oldukça dayanıklıdır. En büyük kurşun filizi yatakları yanardağ etkinlikleri sırasında oluşmuştur. Bunlar özellikle hidrotermal yataklardır ve kalkerli kütlelerin damarlarına oluşmuşlardır. Kurşun (Pb); vücuda sindirim ve solunum yolu ile girip birikmekte, insanlar üzerinde akut ve kronik etkiler oluşturmaktadır. Kurşunun en belirgin etkisi çocuklarda ve fetüste gözlenmektedir. Erişkinlerde hemoglobin metabolizmasında aksamalar ve anemi meydana gelebilmektedir. Kurşunun merkezi sinir sistemi üzerindeki etkileri de insan sağlığı açısından çok önemlidir (http://www.nkfu.com).

Pb Giderimi Nasıl Olur?

Kurşun akü üretimi atıksularında bulunur. Atıksulardan genellikle çöktürme ile uzaklaştırılır. Kurşun, karbonat (PbCO3) veya hidroksit (Pb(OH)2) formunda çöktürülür. Kurşun pH=9-9.5'da soda ile karbonatı şeklinde çöktürülür. Bu yöntemle arıtılmış sudaki bakiye kurşun 0.01-0.03 mg/l aralığındadır. pH=11.5'da kireçle çöktürme sonucu bakiye kurşun miktarı 0.019-0.2 mg/l'dir. Bunların dışında sodyum sülfür ile pH=7.5-8.5 da kurşun sülfür formunda çöktürülebilir.(http://www.ukmk11.ogu.edu.tr)

Yumurta Kabuğu Yapısı Ve Kimyasal Bileşimi

Yumurtayı dış etkenlerden koruyan yumurta kabuğu 0. 2-0. 4 mm kalınlığındadır ve oldukça sert bir yapıdadır. Kabuğun üzerinde bulunan gözenekler (porlar) rutubet ve gazı geçirir.Bu porların sayısı yaklaşık 7.000-17. 000 arasında olmaktadır. Gözenekler yumurtanın uç kısımlarında, özellikle hava kamarasının bulunduğu tarafta yan yüzeylere göre daha fazla sayıda bulunur. En dışta kabuğun dış yüzeyini örten keratine benzer bir proteinden oluşan ve kütiküla adı verilen bir zar vardır. Bu yumurtlama esnasında havanın etkisiyle yumurta yüzeyinde albümin'in kurumasıyla oluşur. Elle yoklandığında kayganlık hissi verir. Zamanla

kaybolup donuk bir manzara alır. Kütikül aynı zamanda porların üzerini de örttüğü için yumurtanın korunmasında etkin rol oynar. Kütikül tabakasından sonra süngerimsi tabaka ortaya çıkar. Kabuğun iç yüzünde süngerimsi tabakaya paralel, mamillar tabaka adı verilen bir tabaka daha vardır. Bu tabaka kalın yüzeye paralel dizilmiş kalsiyum zerreciklerinden oluşmuştur (http://www.karagulyumurta.com).

Tablo 1: Yumurta Kabuğu Yapısı Ve Kimyasal Bileşimi

Unsur	Miktar
Kalsiyum Karbonat	93.7
Magnezyum Karbonat	1.0
Kalsiyum Fosfat	1.0
Organik Maddeler	3.3
Su	0.1

Çalışmanın Amacı

Farklı ağır metal iyonlarının sulu çözeltiden uzaklaştırılmasında düşük maliyetli adsorban olarak yumurta kabuklarının özellikleri ve etkinliği araştırılmıştır. Başlangıç bulguları, yüksek karbon ve kalsiyum konsantrasyonları ve yüksek porozite ve fonksiyonel grupların bulunması nedeniyle yumurta kabuğunun potansiyelinin etkili bir sorbent olarak uygulanabileceğini gösterdi. Adsorpsiyon deneyleri değişik pH, temas süresi ve yumurta kabuğu konsantrasyonu ile incelendi. Ağır metal iyonlarının çıkarılmasının maksimum yüzdeleri optimum pH, temas süresi ve adsorbent konsantrasyonunda kaydedildi. İzotermlerin ve kinetiklerin değerlendirilmesi yumurta kabuğunun yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu teyit etti. Bu deney yumurta kabuğunun farklı atık sularda ağır metal iyonlarının uzaklaştırılması için etkili, sürdürülebilir ve düşük maliyetli bir adsorban olarak yumurta kabuğu kullanma becerisini ortaya koymuştur.

MATERYAL VE METOT

Sulu Çözelti

Pb+2 benzetmeli çözelti Pb (NO3) 2 (Merck) 'den hazırlandı. Yaklaşık 1.593 g Pb (NO3) 2 tartılmış ve 1000 mg / L standart Pb + 2 konsantrasyonu hazırlanmış ve gerektiğinde 100 mg / L'lik daha başka çalışma çözeltileri hazırlanmıştır.

Adsorban Olarak Yumurta Kabuğunun Hazırlanması

Yumurta kabuğu toplandı ve kir parçacıklarını gidermek için damıtılmış su ile birkaç kez yıkandı ve 150 ° C'de bir fırında üç saat kurutuldu ve daha sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakıldı, ezildi ve nihayet 0.5 mm parçacık boyutuna elekten geçirildi. Elenmiş adsorban hava geçirmez bir kapta saklandı. Başka hiçbir kimyasal değişiklik yapılmadı. Tablo l'de gösterildiği gibi, yumurta kabuğunun kimyasal bileşimi (CC) kalsiyum oksitin en bol bileşen olduğunu göstermektedir.

Tablo1.Yumurta kabuğu Absorbentinin Yakın Analizi ve Kimyasal Bileşimi

Maddeler	Yakın analiz(ağırlıkça %)	Kimyasal Bileşim	Ağırlıkça(%)
Nem	0.5	C	21.1286
Kül	43.5	Na_2O	0.1046
Ham Elyaf	3.0	MgO	0.9261
Protein	1.35	P_2O_5	0.4149
Karbonhidrat	51.7	CaO	76.9922

Deneyler başlamadan önce yumurta kabukları kurutuldu ve top değirmenine yerleştirildi ve elde edilen kırıntılar, 100 um'den küçük boyut elde etmek için elendi. Merck'ten satın alındığı için, tüm kimyasallar analitik derecedir. PH ölçümleri LABQUEST2 dijital sayaç ile yapıldı. Adsorpsiyon deneyleri, yumurta kabuklarının miktarı, pH ve temas süresini değişkenler olarak toplu sistemlerde gerçekleştirildi. Başlangıç ve çıkış numunelerindeki Pb + 2 konsantrasyonları, Perkin Elmer Optima 2100 DV modeli kullanılarak indüktif olarak bağlanmış plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) kullanılarak analiz edildi. Deneyler, tam olarak ağırlıklandırılmış yumurta kabuğu örneklerinin, kapalı 250 mL Erlenmeyer şişelerindeki 100 mL Pb + 2 çözeltileri ile temas ettirilmesi ile gerçekleştirildi. Süspansiyonlar, termal bir çalkalayıcıda, 250 rpm'de çeyrek süreyle 20 ° C'de çalkalama hızında yürütülmüştür. Belirlenen süreden sonra, süspansiyonlar, 0.45 um gözenekli membran filtreleri filtre çalışması yoluyla filtrelendi. Pb + 2 solüsyonunun başlangıç pH'sı 1 mol / L HC1 veya NaOH solüsyonları ilave edilerek arzu edilen pH'ya ayarlandı. Adsorpsiyon sonrasında karışımlar filtrelendi ve süzüntülerin ICP-OES kullanılarak 261.42 nm'de Pb + 2 içeriği bakımından analiz edildi.

Kurşun Adsorbsiyon Kapasitesi

Deneyler, eşlik eden matematiksel ifadeyi kullanarak yumurta kabuğu yüzeyinde yumurta kabuğu yüzeyine çökelmiş Pb + 2 konsantrasyonu için farklı işlem değişkenleri üzerinde gerçekleştirildi:

Qe (mg / g) = (C0-Ce) * V / 1000 * w (1)

Burada, qe, yumurta kabuğu üzerinde biriken Pb + 2 miktarıdır (mg / g), Ce, adsorpsiyon öncesi solüsyondaki başlangıç çözünen konsantrasyonudur (mg / L), Co, adsorpsiyon sonrası solutun nihai konsantrasyonudur (mg / L), V metal çözeltisinin hacmidir (L) ve w, ES adsorbentinin ağırlığıdır. Adsorpsiyon sistemi, Eşitlik yüzdesi (E%), Eq. 2:

Adsorpsiyon (E) (%) = (C0-Ce) / C0 * 100 (2)

Adsorpsiyon deneyleri üçer defa gerçekleştirildi ve örneklerin ortalama değerleri sunuldu. Buna ek olarak, tüm adsorpsiyon sistemi boyunca sonuçları karşılaştırmak için boş örnekler kullanılmıştır. Verilen veriler adsorpsiyon testlerinden elde edilen ortalama değerlerdir, hata çubukları şekil 1, 2, 3'te gösterilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Pb + 2 için Temas Süresinin Etkisi

Pb + 2'nin adsorpsiyonu 1-150 dakika aralığında zamanın bir fonksiyonu olarak ES üzerinde araştırılmıştır. Verimlilik başlangıçta hızla arttı ve denge% 15 verimlilikle% 15'e ulaştı. En fazla Pb + 2removal, ES için 10 dakika temas zamanında% 97.35 bulundu.

Şekil.1. Adsorban Olarak Yumurta Kabuğu Kullanılarak % $Pb^{+2}nin\ Etkisi$

Tablo1 Adsorban Olarak Yumurta Kabuğu Kullanılarak % $Pb^{+2}nin\ Değişimi$

Zaman	Konsantrasyon	Stok	Doz(gr)
1	22.46	100	2.5
5	10.38	100	2.5
10	2.93	100	2.5
15	2.69	100	2.5
20	12.22	100	2.5
25	3.01	100	2.5
30	7.354	100	2.5
40	2.876	100	2.5
45	9.844	100	2.5
60	0.594	100	2.5
90	4.286	100	2.5
120	4.986	100	2.5
150	47.185	100	2.5

pH 'ın Pb^{+2} ye Etkisi

Farklı pH değerlerinde ES'nin Pb + 2 uzaklaştırma verimi Şekil 2'de gösterilmektedir. PH> 6 değerleri, Pb (OH) 2 olarak çökeldiği için incelenmemiştir; tuzaklanma işlemi aslında adsorpsiyon ve mikro kombinasyonudur Yağış. ES ile Pb + 2 alımının başlangıç solüsyon pH'sının bir fonksiyonu olduğu bulundu. Şekil 2, ES için 100 mg / L başlangıç konsantrasyonunda pH 3.0'da% 94.43 bulunabilen maksimum Pb + 2 giderim verimliliğinin olduğunu göstermektedir. ES ile Pb + 2 adsorpsiyonu için optimum başlangıç pH değeri 3.0 olarak belirlenmiştir.

Şekil.2 PH'nın Pb + 2 kullanan ES verimine etkisi

Yumurta Kabuğunun Etkisi

Sulu çözeltideki adsorbent miktarı, adsorpsiyon çalışmalarında önemli bir parametredir çünkü adsorbatın belirli bir başlangıç konsantrasyonu için bir adsorban kapasitesini oluşturur (Mouni ve diğerleri, 2011). Yumurta kabuğu miktarlarının Pb + 2'nin eliminasyon verimi üzerindeki etkisi Şekil 3'te gösterilmektedir. Yumurta Kabuğunun Pb + 2 rezervuar verimi, sudaki çözeltideki yumurta kabuğu miktarlarının bir fonksiyonudur. Adsorbe edilen Pb + 2 miktarı yumurta kabuğu miktarının 0.1'den 2.5 g'a yükselmesi ile yaklaşık % 32.56'dan % 92.28'e yükselmektedir. Pb + 2'nin yumurta kabuğunun maksimum adsorpsiyon verimliliği, 2.5 g / L ES dozunda% 92.28 olarak bulundu. ES miktarı arttıkça, daha fazla yüzey alanı bulunan metal iyonlarının bağlanma için daha aktif alanlara maruz kalacağı açıklanabilir (Kumar ve ark., 2011). Önceki literatürdeki düşük maliyetli adsorbentlere kıyasla, çalışmamızda kullanılan organik atık göreceli olarak daha yüksek adsorbsiyon kapasitesine sahip ve Pb + 2 için en verimli ve en iyi adsorbent aralıkları içeriyor. Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi Laboratuvarlarının laboratuarlarında SEM ile karakterize edilen ES yüzey fiziksel morfolojisi belirlenmiştir (veriler gösterilmemiştir)

Tablo 2.Yumurta Kabuğu Doz İlişkisi

Doz(gr)	Konsantrasyon	Stok	Zaman(dk)
0.05	15.926	100	60
0.1	70.436	100	60
0.5	50.970	100	60
1.0	32.279	100	60
1.5	29.877	100	60
2	19.718	100	60
2.5	7.727	100	60
3	14.096	100	60
3.5	8.239	100	60

Şekil 3. Yumurta Kabuğu dozunun Pb + 2 adsorpsiyonu üzerine etkisi.

SONUÇLAR

Sulu çözeltilerden Pb(II) metal iyonları uzaklaştırma işlemi yumurta kabuğu (YK) adsorpsiyonuyla gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucu en uygun olanı belirlenmiştir. Pb çözeltisi için yapılmış olan parametrik çalışmaların sonuçları sırasıyla, temas süresi; 10 dakika, pH değeri; Pb 3.0, adsorban miktarı; 2.5 gr verim; %95 bulunmuştur.

KAYNAKLAR

URL-1 <http://www.karagulyumurta.com>, alındığı tarih: 24.04.2017.
URL-2 <http://www.nkfu.com>, alındığı tarih: 24.04.2017.
URL-2 <http://www.ukmk11.ogu.edu.tr>, alındığı tarih: 24.04.2017.

JEOTERMAL ENERJİ VE TÜRKİYE'DE KULLANIMI

Eren KORKMAZ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Ahmet_12973@outlook.com

ÖZET: Gün geçtikçe gelişen sanayi ile teknoloji karşısında ve artan dünya nüfusundan dolayı ülkemizde ve dünyada enerji ihtiyacı hızla artış göstermektedir. Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil kaynaklı enerji ürünleriyle karşılanmaktadır. Mevcut tükenebilir, fosil enerji kaynaklarındaki azalma ve bazı kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Jeotermal enerji de bu kaynaklar arasında yenilenebilir, çevreci ve dışa bağımlı olmadan kullanılabilecek bir kaynak olarak ön plana çıkmaktadır. Jeotermal enerjinin yenilenebilir olması, çevreye zarar vermemesi, kullanma alanlarının çok geniş olması, ilk yatırım maliyetleri d ışında uzun süre masraf çıkartmaması ve yerel bir kaynağımız olması başlıca avantajları ve özellikleridir. Bu çalışmada; büyük bölümü jeotermal enerji ile ısıtılan Kütahya ili Simav ilçesindeki bölgesel ısıtma sistemi incelenmiş, çevresel etkilerinin değerlendirilmesi yapılmış ve sistem için faydalı olacak yenilikler üzerinde durulmuştur.

1. GİRİŞ

Dünyada büyük bir artış gösteren enerji ihtiyacının büyük bir kısmı bir süre daha fosil yakıtlarla karşılanabilecektir. Petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil enerji kaynaklarının rezervleri sınırlı oluşu sebebiyle, zamanla tükenmesi tüm dünyayı yeni enerji kaynakları bulma çabasına sevk etmiştir. Başka bir açıdan bakmak gerekir ise, yaşadığımız çevrenin temiz kalması, gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakma çabası ise insanlara; yeni, sağlıklı, temiz ve yenilenebilir enerji çeşitleri bulmaya sevk etmiştir. Bu yeni enerji kaynaklarından en önemlilerinden biri de jeotermal enerjidir. Bilindiği gibi fosil yakıtların kısıtlı, pahalı ve kirletici olması, kentsel yaşamda insan konforu, finansman ve enerji kaynaklarının rasyonel kullanımı arasında uzlaştırıcı bir seçim yapma zorunluluğunu getirmektedir. İşte bu aşamada jeotermal enerjinin özel bir yeri vardır. Jeotermal enerji üretim maliyeti, diğer enerji kaynaklarına oranla düşüktür. Bu maliyet, bütünleşmiş kullanımlar söz konusu olduğunda daha da düşmektedir. Jeotermal enerji tükenmeyen ve yenilenebilen bir enerji kaynağıdır. Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli oldukları için yer altındaki rezervuar kayaları sürekli beslenmekte, beslenmenin üzerinde kullanım olmadıkça bu kayaların tükenmesi söz konusu olmamaktadır

Bu çalışmada ülkemizde yaygınlaştırılması gereken jeotermal enerjinin tanıtımı ve büyük çoğunluğu jeotermal enerji ile ısıtılan Kütahya ili Simav ilçesinin şu an kullanımda olan şehir ısıtmasının çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve uygulanması gereken yenilikler için getirebilecek öneriler üzerinde durulmuştur. [1]

2. JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIM ALANLARI

Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları Genel olarak jeotermal enerjinin kullanım alanlarını doğrudan ve doğrudan olmayan kullanım olarak ikiye ayırmak mümkündür. Doğrudan kullanım alanları: 150ºC altındaki sıcaklıklarda termal enerji direkt olarak sera, bölge ısıtma, sulu tarım, endüstriyel prosesler gibi alanlarda kullanılmaktadır (Şekil 1).

• Sera Isıtması Dünyanın çeşitli ülkelerinde seraların jeotermal enerji ile ısıtılması suretiyle turfanda sebzecilik, meyvecilik ve çiçekçilik yapılmaktadır.

• Bölge Isıtması İkinci bir doğrudan kullanma uygulaması bölge ısıtmasıdır. Bölge ısıtması soğuk iklim bölgelerine daha uygun bir kullanımdır. Binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada, suyun ısıtılmasında 40ºC üzerindeki sıcaklıkta bulunan jeotermal akışkandan yararlanılmaktadır.

• Endüstriyel Kullanım Jeotermal enerjinin endüstriyel alanda birçok kullanım şekli bulunmaktadır. Bunlar arasında sebze kurutma, tahıl ve kereste kurutma, kağıt ve kağıt hamuru işleme, kimyasal madde elde etme ve atık su işlemeleri sayılabilir.

• Tarımsal ürün kurutma Dünya üzerinde yalnızca on ülke tarımsal ürünlerin kurutulmasında jeotermal enerjiyi kullanmaktadır.

• Soğuk ve Kar Çözme Yol yüzeylerinde soğuk ve kar çözme projesi uygulamaları çok sınırlı bir şekilde Arjantin, İzlanda, Japonya, İsviçre ve Amerika'da görülmektedir.

• Banyo ve Yüzme (Termal Turizm)

Dünya üzerinde 45 ülkede termal kür merkezleri, spa merkezleri, kaplıca havuzları bulanmaktadır. Buna rağmen birçok kaynak kullanım dışı olarak beklemektedir. Jeotermal enerjinin doğrudan olmayan kullanımı ise jeotermal enerji ile elektrik üretimi yoluyla gerçekleşmektedir.[5]

Şekil 1. Jeotermal enerji kullanım alanları

3. DÜNYA'DA JEOTERMAL ENERJİ DURUMU

Tarihi dönemlerden beri her kıtadaki yerlilerin ilkel bazda temizlik, sağlık, eğlence ve ilkel yollarla ısıtma ve yiyecek pişirme amacıyla kullanılan bu kaynak, daha sonra turizm ve modern anlamda ısıtma uygulamaları da dahil olmak üzere dünyada jeotermal kaynak bulunduran tüm ülkelerde kullanılmaya başlanmıştır. 2005 yılı değerlerine göre jeotermal kaynaklardan modern anlamda ısıtma uygulamaları toplam 27 824.8 MWt dir (Lund,W., J., 2005). Elektrik üretimi ise 1904 yılında İtalya'nın Larderello bölgesinde ilk ampulün yakılması ile günümüz teknolojisine yönelik ilk adımla çağdaş kullanıma sunulmuştur. Bugün bu kaynağın dünyadaki elektrik üretimi durumu aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 1). [2]

Tablo 1. Dünyada Jeotermal Enerjiden Elektrik üretimi (Kurulu Güç)

Ülkeler	(2005) MWe
Almanya	0,2
Amerika	2544
Arjantin	07
Avustralya	0,2
Avusturya	1
Salvador	151
Endonezya	797

(Ruggero Bertani, 2005'ten revize edilerek alınmıştır)

4. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ

Türkiye tektonik ve volkanik özellikleri nedeniyle dünya jeotermal kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Ege bölgesinin tektonik çöküntü alanları, Kuzey Anadolu deprem kuşağı ve diğer volkanik yörelerimiz jeotermal kaynaklar ve akışkanlar bakımından başlıca potansiyel alanları teşkil etmektedir. Türkiye'de bilinen jeotermal alanların %95'i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına, diğeri de elektrik üretimine uygundur. Türkiye'nin jeotermal kaynaklarının genellikle düşük ve orta entalpili olmaları nedeniyle, başlıca değerlendirme alanları şu şekilde sıralanabilir: Isıtma (konut, şehir, termal tesis, sera vb.), Termal turizm, Elektrik Üretimi, Kimyasal Madde Üretimi.

Türkiye'de jeotermal sular ile ilgili ilk araştırmalar 1962 yılında MTA tarafından başlatılmıştır. O zamandan beri elde edilen istatistiklere göre, ülkemizin jeotermal elektrik güç potansiyeli yaklaşık olarak 4500 MWe iken jeotermal ısıtma potansiyeli ise 31500 MWt'dır.

Türkiye'de jeotermal enerjiden yararlanma konusundaki en önemli faaliyetler doğrudan kullanım uygulamalarıdır. Halen jeotermal enerjiden yararlanarak 61000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır Mühendislik tasarımı açısından 300000 konut eşdeğeri ısıtma projesi tamamlanmıştır. Konut ısıtmasında ve toplam 565000 m^2'lik sera ısıtmasında yararlanılan temel kapasite 665 MWt'dır. Jeotermal akışkan, 195 adet kaplıcada sağlık amaçlı kullanılmaktadır. Buralardaki kullanım kapasitesi 327 MWt'dır. Türkiye, 1995 yılında, jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarında dünyada 11. sırada iken 2000 yılında 5. sıraya yükselmiştir. Bu durumda, doğrudan kullanım uygulamalarındaki temel kapasite 992 MWt olmaktadır. Ülke genelinde tahmini jeotermal kapasitenin 31500 MWt olduğu göz önüne alınırsa, mevcut potansiyelin ancak %3.2'sinden faydalanıldığı söylenebilir.[3]

5. TÜRKİYE'DEKİ JEOTERMAL ALANLAR VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Türkiye, Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde bulunmasıyla bağlantılı olarak, orojenik magmatik ve volkanik aktivitelerin çok olması nedeni ile jeotermal açıdan büyük bir potansiyele sahiptir. Ülkemizde aktif faylara ve volkanizmaya bağlı olarak başta Ege Bölgesi olmak üzere, Kuzeybatı, Orta Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde 600'ün üzerinde jeotermal kaynak bulunmaktadır Batı Anadolu'daki jeotermal sistemler genelde yüksek sıcaklığa sahip olup, açılma tektoniğine bağlı olarak grabenlerde yer alırlar. Doğu-batı ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu genç grabenlerde yer alan jeotermal sistemlerin en önemlileri Menderes ve Gediz grabeni içinde gelişmiştir. Bu grabenleri oluşturan diri faylar hem jeotermal yönden, hem de depremsellik yönünden aktiftirler (Şekil 2).

Şekil 2. Türkiye Diri Fay Haritası

Türkiye'de jeotermal enerji uygulamaları; daha çok konut ısıtması, sera ısıtması ve kaplıca amaçlı olarak yapılmaktadır. Elektrik üretimine yönelik yüksek sıcaklıklı sahalar bulunmasına rağmen üretim düşük seviyede kalmıştır. Halen 20.4 MWe kurulu güce sahip olan Denizli-Kızıldere santrali ortalama 12 MWe elektrik üretmektedir. Kızıldere sondaj çalışmalarına 1968 yılında başlanmış, santral 1984 yılında işletmeye alınmıştır.

Türkiye'de son yıllarda özellikle kent ısıtmacılığı ve termal turizm-tedavi uygulamalarına yönelik jeotermal enerji kullanımı artmıştır. Bunun dışında sera ısıtması, karbondioksit üretimi gibi uygulamalarda bulunmaktadır. 2000 yılı itibari ile Türkiye'nin ısıtma kapasitesi 493 MWt'dır. Isıtmaya ilave olarak 327 MWt kapasitede jeotermal akışkan 194 kaplıcada termal turizm ve tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu değerlere göre 2000 yılı sonunda Türkiye'nin jeotermal enerji doğrudan kullanım kapasitesi 820 MWt'a ulaşmıştır (Tablo 2).[4]

Tablo 2. Türkiye'deki Mevcut Jeotermal Kullanım Kategorileri **(Ocak 2006)**

Değerlendirme	Kapasite
Jeotermal Merkezi Isıtma (Şehir, konut, termal tesis, sera vb.)	117.000 Konut Eşdeğeri (983 MWt)
Termal Turizm (Kaplıca) Kullanımı	215 Kaplıca (402 MWt) (Yılda 10.000.000 Kişi)
Toplam Isı Kullanımı	1385 MWt (1.000.000 ton/yıl petrol (kalorifer yakıtı) karşılığı 1,4 Milyar TL/yıl, 2007 itibarıyla)
Elektrik Üretimi	1) 20 MWe (Denizli-Kızıldere) işletiliyor. 2) 25/40/(100) MWe kapasiteli Germencik Jeotermal Elektrik Santrali yatırımının çalışmaları devam etmektedir (Hedef 100 MWe'dir). 3) Aydın Salavatlı'da 167°C ile yaklaşık 8 MWe Binary Cycle santrali kurulmaktadır. 4) Kızıldere Jeotermal Santrali'nin atığı olan 140°C'lik jeotermal sudan 6,85 MWe kapasiteli jeotermal santrali lisans almıştır. 5) Çanakkale-Tuzla jeotermal alanında 7,5 MWe kapasiteli bir jeotermal santral üretim lisansı almıştır. 6) 10 MWe Simav Jeotermal Elektrik Üretim Santrali proje aşamasındadır. 7) 10/20 MWe Seferhisar santralı proje aşamasında
Karbondioksit Üretimi	120.000 ton/yıl

Türkiye Jeotermal Derneği verilerine göre revize edilmiştir.

6. JEOTERMAL ENERJİ VE ÇEVRE İLİŞKİSİ

Dünyadaki tüm yerleşim merkezleri ve sanayi tesisleri, kabul edilebilir sınırların üstünde havayı ve biyosferi kirletici maddeyi dışarı atmaktadır. Dünya'daki sosyal gelişmenin devamı için daha fazla enerji üretme amacı ile atmosfere atılan ve asit yağmuruna yol açan gazların etkilerinin azaltılması ihtiyacı bugünün enerji üretim sistemleri ile çelişmektedir. Jeotermal

enerji, fosil yakıtlarının tüketimi ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmurları gibi çevre sorunlarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu durum öncelikle, jeotermal enerjinin çevre yönünden diğer enerji türlerine kıyasla sahip olduğu doğal üstünlüklerden kaynaklanmaktadır. Öte yandan, jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili olarak söz konusu edilebilecek çevre sorunlarının çözümü konusunda son zamanlarda önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bu durum, jeotermal enerjinin çevre açısından önemini daha da artırmıştır [6]

7. JEOTERMAL KAYNAKLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR KULLANIMI

Sürdürülebilirlik; bir toplumun, ekosistemin ya da sürekliliği olan herhangi bir sistemin işlevini kesintisiz, bozulmadan, çürümesine meydan vermeden, aşırı kullanımla tüketmeden ya da hayati bağı olan ana kaynaklara aşırı yüklenmeden varlığını devam ettirmesini sağlamaktır Sürdürülebilirlik, doğal kaynak olarak toprak, su, yer altı ve yer üstü zenginlikleri, bitki örtüsü ve benzeri potansiyellerin kullanımında sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak açısından temel kabul olarak ele alınması gereken bir kavramdır. Jeotermal kaynaklar için sürdürülebilir kalkınma modeli jeotermal kaynakların uzun dönem kullanımlarını (100-300 yıl) ve jeotermal akışkanların yüzeyde oluşturdukları doğal güzelliklerin (traverten, gayzer, çamur havuzu gibi) korunmasını içermektedir. Jeotermal kaynakların gelişiminde; yasal düzenlemelerin ve politikaların oluşturulması, uzun dönemli gözlemlerle oluşturulan saha modellemeleri, akışkanın kullanım sonrası tekrar rezervuara basılması çok amaçlı kullanımları ve sığ derinlikli ve düşük entalpili sahalarda ısı pompalarının kullanılması jeotermal kaynakların sürdürülebilir gelişmesini artıracaktır .[7]

Enerji insan hayatının olmazsa olmaz parçalarındandır. Elektrik, petrol gibi pek çok enerji kaynağının üretilmesi aşamasında çevreye birçok olumsuz etki sirayet etmektedir. İnsanların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve gelişmesinin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Nüfus artışına, sanayinin gelişmesine paralel olarak kurulan büyük ölçekli enerji üretim ve çevrim sistemleri ekolojik dengeyi önemli ölçüde etkiledikleri gibi sınırlar ötesi etkileri de beraberinde getirmektedir.

Bugünün enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları (kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji) ve yenilenebilen enerji kaynakları (odun, bitki atıkları, tezek, jeotermal enerji, güneş, rüzgar, hidrojen, hidrolik,gelgit ve dalga enerjisi) şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Diğer taraftan gelecek nesiller için fosil yakıt yataklarından, kömürün 250 yıl petrolün ise 50 yıl sonra tükeneceği düşünüldüğünde bunların yerine yeni enerji kaynaklarının ikame edilmesinin ne kadar gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınma için temel girdilerden birisi durumundadır. Artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışına paralel olarak enerji tüketimi kaçınılmaz bir şekilde büyümektedir. Enerjinin en tasarruflu ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Bugün fosil yakıtların çevre ve insan sağlığı açısından yarattığı olumsuzluklar her geçen gün katlanarak artmaktadır Fosil yakıtlar yakıldığında altı sera gazının açığa çıkmasına neden olur Bunlardan en belirleyici olanları karbondioksit (CO2) ve metandır Diğerleri ise kükürt, partikül madde, azotoksit, kurum ve küldür Güneş, gün doğumundan gün batımına kadar atmosfere ısı ve ışık vermektedir.[8]

Doğal döngünün devam etmesi için bu ısının tekrar uzaya verilmesi gerekmektedir Oysa fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan CO2 ve metan gazı bünyelerinde ısı tutma özelliğinden dolayı ısının bir kısmını atmosferde tutmaktadır. Böylece dünya ısınmaya başlamakta ve iklim değişiklikleri meydana gelmektedir.

Bugün tüm dünyanın enerji tüketiminde büyük ölçüde bağımlı olduğu enerji kaynakları yenilenemez nitelikte olan fosil kaynaklardır. Bu fosil kaynakların çevreye verdikleri zararlarda özellikle şehirlerdeki hava kirliliği olmak üzere tüm doğal ortam üzerinde kendini hissettirmekte ve bu olumsuzlukların en aza indirilebilmesi içinde çareler aramaktadır. Ancak henüz yoğun şekilde kullanımı olmayan ve çevre üzerindeki etkileri yeterince değerlendirilmemiş olan yenilenebilen enerji kaynaklarının çevresel etkileri üzerinde ayrı ayrı durulmaktadır Ama tamamının ortak yönleri canlılara, doğaya,havaya ve suya verdikleri zararlardır. Yenilenebilir enerji kaynakları canlılar ve atmosfer üzerinde zararlı etkilere yol açmaktadır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Jeotermal enerjinin yer kürede doğal olarak bulunması, yenilenebilir bir enerji olması, yerel bir kaynak olması ve çevre kirliliği oluşturmaması gibi özelliklerinden dolayı uygun alanlarda çözüme yardımcı olabilecek bir enerji kaynağıdır.

Yenilenemeyen petrol, doğalgaz, nükleer gibi enerji kaynaklarına alternatif sürdürülebilir enerji kaynakları kullanımı arttırılmalıdır.

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar ortadadır. Bu amaçla en azından belirli kaynak potansiyeli olan ülkelerde jeotermal enerjinin kullanımı teşvik edilmelidir. Çevresel etkisi bakımından, jeotermal enerjinin doğrudan ve dolaylı kullanımı, fosil yakıtlara oranla sera etkisi veya asit yağmurları gibi etkileri olmaması bakımından üstündür.

Sera ısıtmasından, turizme, tarımsal kullanımlara kadar çeşitli alanlarda kullanılan jeotermal enerji çevreye zarar vermeyen, üretim maliyeti oldukça düşük, yatırımını k ısa zamanda geri kazandıran bir enerji türüdür.

Türkiye'de oldukça büyük bir kaynak potansiyeli bulunan jeotermal enerjiden yeterince faydalanılmamaktadır. Fakat son yıllarda önemi anlaşılmaya başlanan kaynaklarımız üzerine çeşitli projeler geliştirilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] http://www.emo.org.tr/ekler/e7b33fdea3adc80_ek.pdf
[2] ÖZKAYA, M. G.,, VARİYENLİ, H., İ., YONAR, G., 2008. Jeotermal Enerji İle Isıtılan Kütahya İli Simav İlçesindeki Isıtma Sisteminin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi ve Uygulanması Gereken Yenilikler. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 29:2(1-18).
[3] Kadıoğlu, S., Tellioğlu, Z., 1996, "Enerji kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri", Türkiye Enerji Sempozyumu, S: 55-67, Ankara.
[4] KÜLEKÇİ, Ö., C., 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi. Cilt: 1 Sayı: 2 Sayfa: 083-091 DOI: 10.1501/Csaum_0000000017
[5] Anonim, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu.
[6] Toka, B., Arı, N. 2006. Jeotermal Kaynakların Sürdürülebilir Gelişimi Ve Çevresel Etkileri, Dikili-İzmir.
[7] Haskök A.Ş. 2005. Türkiye'nin Mevcut Enerji Kaynaklarının Durum Değerlendirilmesi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
[8] URL-2 https://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/29295d860c049a9_ek.pdf
[9] URL-3 http://www.forumlordum.net/misafir-soru-ve-cevaplari/69008-enerji-kaynaklarinin-avantajlari-ve-dezavantajlari.html

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÜNEŞ ENERJİSİ

Gizem AYDOĞAN[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
gizemaydogan1608@gmail.com

ÖZET: Enerji bugün sahip olduğumuz medeniyetin temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Kalkınmanın ve gelişmişliğin bir göstergesi durumundadır. Ancak son dönem enerji üretim ve tüketim yöntemleri ile yerine yenisi konulamayacak enerji kaynaklarımız tüketilmekte bunun sonucunda da tabiat üzerinde geri dönüşsüz bir tahribata sebep olunmakta ve çevre kirliliği meydana getirilmektedir. Hem fosil kaynakların kısıtlılığı hem de üretimde meydana getirilen çevre kirliliği ile enerji üretiminde hem yenilenebilir ve sınırsız hem de çevreyle uyumlu kaynakların araştırılması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Güneş enerjisi, sahip olduğu potansiyel ve kullanım kolaylığı ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha kolay bir şekilde yaygınlaşabilecek bir fırsata sahiptir. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları arasında hem sahip olduğu mevcut potansiyel hem de üretim teknolojileri bakımından farklı ve önemli bir yeri olan güneş kaynaklı enerji üretim sistemleri, Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli araştırılmıştır. Sonuçta Türkiye için güneş enerjisinden etkin ve yaygın bir şekilde faydalanmak için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Yenilenebilir enerji kaynakları; Güneş enerjisi; Türkiye güneş enerjisi potansiyeli; Güneş enerjisi kullanımı*

GİRİŞ

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ışınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biyokütle enerjileri, güneş enerjisini değişim geçirmiş biçimleridir. Güneş enerjisi, doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesinde de rol oynayarak, akarsu gücünü yaratmaktadır. Fosil yakıtların da, biyokütle niteliğindeki materyallerde birikmiş güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır.

Güneş enerjisi hem bol, hem sürekli ve yenilenebilir hem de bedava bir enerji kaynağıdır. Bunların yanı sıra geleneksel yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların çoğunun güneş enerjisi üretiminde bulunmayışı bu enerji türünü temiz ve çevre dostu bir enerji yapmaktadır. Fosil yakıt kullanımının dayandığı yanma teknolojisinin kaçınılmaz ürünü olan karbondioksit (CO_2) yayılımı (emisyonu) sonucunda, atmosferdeki CO_2 miktarı, son yüzyıl içinde yaklaşık 1,3 kat artmıştır. Önümüzdeki 50 yıl içinde, bu miktarın, bugüne oranla 1,4 kat daha artma olasılığı vardır. Atmosferdeki CO_2 neden olduğu sera etkisi, son yüzyıl içinde dünya ortalama sıcaklığını 0,7 °C yükseltmiştir. Bu sıcaklığın 1 °C yükselmesi, dünya iklim kuşaklarında görünür değişimlere, 3 °C düzeyine varacak artışlar ise, kutuplardaki buzulların erimesine, denizlerin yükselmesine, göllerde kurumalara ve tarımsal kuraklığa neden

olabilecektir. O halde, bu durumda enerji kullanımından vazgeçilemeyeceğine göre, güneş gibi doğal ve alternatif olabilecek kaynaklara yönelinmesi gerekecektir.

Güneş Enerjisi ve Teknolojileri

Güneş 1,4 milyon km çapıyla dünyanın 110 katı büyüklüğünde ve dünyadan 1,5x1011 m uzaklıkta yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı bir yıldızdır. Yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000 °K olup iç bölgelerindeki sıcaklığın 8x106 °K ile 40x106 °K arasında değiştiği tahmin edilmektedir.

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir

Güneş Enerjisi ve Kullanım Alanları

Güneş enerjisi günümüzde konut ve iş yerlerinin iklimlendirilmesi (ısıtma-soğutma), yemek pişirme, sıcak su temin edilmesi ve yüzme havuzu ısıtılmasında; tarımsal teknolojide, sera ısıtması ve tarım ürünlerinin kurutulmasında; sanayide, güneş ocakları, güneş fırınları, pişiricileri, deniz suyundan tuz ve tatlı su üretilmesi, güneş pompaları, güneş pilleri, güneş havuzları, ısı borusu uygulamalarında; ulaşım-iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılmaktadır.

Şekil 1: Güneş enerjisinin kullanım alanları

Türkiye'deki Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları Güneş Enerjisi'nin Avantajları

- Güneş tükenmeyen enerji kaynakları arasındadır. Bu yüzden güneş enerjisi kullanımı için herhangi bir yakıta ihtiyaç yoktur.
- Güneş enerjisinin kullanım alanları çok geniştir. Yiyecekleri kurutmak, sıcak su elde etmek ve enerji üretmek başlıca kullanım alanlarıdır. Bu yöntemler tamamen doğal yoldan yapıldığı için, çevreye hiçbir zararı da yoktur.
- Güneş enerjisi ile elektrik üretmek mümkündür. Güneşten elektrik üretirken fotovoltaik güneş panelleri kullanılır. Bu solar panellerin, elektrik üretimi ve kullanımı aşamasında çevreye hiçbir zararlı etkisi yoktur.
- Güneşten elektrik üreten tesislerin amortisman süreleri yaklaşık 5-6 yıl arasındadır. Bu durum diğer enerji üretim yöntemlerinin önüne geçme imkanı tanır.
- Güneş enerjisinden elektrik üretmek çok kolaydır. Normal bir insan, profesyonellik gerektirmeden kendi elektriğini güneş enerjisi ile üretebilir.

- Güneş enerji santrallerinin bakımları diğer enerji tesislerine göre çok daha kolaydır. Bakım ve işletme maliyetleri düşüktür.
- Güneş enerjisi tesislerinin kurulumu da çok kolaydır. Yaklaşık 1 ila 9 ay arasında güneş santralini kurmak mümkündür.
- Lisanssız güneş enerji santralleri için 1 yıllık güneş ölçüm istasyonu kurmaya gerek yoktur. Bu da zamandan tasarruf demektir. Ancak diğer santraller için en az 1 yıllık ölçüm yapılması şarttır.
- Güneş enerjisinin diğer avantajı ise, rüzgar ve su gibi olmadığı için, tahmin edilebilir hava koşulları mümkündür. Yani güneş sabah doğar, akşam batar işte bu kadar basit. Ancak rüzgar enerjisi gibi tahmin edilmesi zor olan santrallerde bu mümkün değildir.
- Güneş enerjisinin bir avantajı ise dayanıklı malzeme yapısı sayesinde, zor hava koşullarına karşı koyabilmesidir.

Güneş Enerjisi'nin Dezavantajları

- Güneş enerjisinden elektrik üretmek için kullanılması durumunda, güneş enerji santrallerinin yatırım maliyetlerinin yüksek olması bir dezavantajdır. Günümüzdeki güneş paneli teknolojisi ile güneş ışınlarının en fazla %12-%20'sini elektriğe çevirebiliyoruz. Yani güneşten gelen ışıkları verimli kullanamadığımız için bu bir dezavantajdır.
- Güneş santralleri için çok fazla araziye gereksinim duyulmaktadır. Örneğin 1 adet rüzgar türbini tek başına 1 MW'lık güce sahip olurken, 1 MW'lık güneş enerji santrali tek başına 20.000 metrekare alana ancak sığabiliyor.
- Küçük ve akü destekli güneş enerji sistemlerinde kullanılan akülerin ömürleri kısa veya dayanıksız olduğu için çok çabuk bozulabiliyor.
- Güneş kuleleri dediğimiz elektrik üretim yöntemi, özellikle göç eden kuşlar için büyük bir sorun olmaktadır. Güneş aynalarının güneş ışınlarını büyük bir ısı ile güneş kulelerine yansıtması sebebi ile, birçok kuş ve hayvan telef olmaktadır. Güneş kuleleri kurulurken göçmen kuşların, göç yollarından uzakta olmalıdır. Aksi halde bu hayvanlar için büyük bir dezavantaj oluşturmaktadır.
- Fotovoltaik güneş panel üretimi tüm dünyada hızla ilerlemektedir. Yeni çıkacak teknolojiler ile eski tip güneş panellerinin değiştirilmesinden kaynaklanan çevre kirliliği bir muammadır. Yani eski güneş panelleri ne olacak sorusuna bir cevap henüz yoktur.

Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1.700 katıdır.Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1.100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Buna göre genel olarak Türkiye'nin en çok ve en az güneş enerjisi üretilecek ayları sırası ile Haziran ve Aralık olmaktadır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleri gelmektedir. Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar az olduğu Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1.100 kWh'lik enerji üretilebilir ve toplam güneşli saat miktarı ise 2.640 saattir. Buna göre Türkiye'de toplam olarak yıllık alınan enerji miktarı ise yaklaşık 1015 kW saat kadardır.

Türkiye'de Güneş Enerjisinin Kullanımı

- Güneş Kolektörleri; Türkiye'de güneş enerjisinin en yaygın kullanımı sıcak su ısıtma sistemleridir. Halen ülkemizde kurulu olan güneş kollektörü miktarı 2001 yılı için 7,5 milyon m2 civarındadır. Çoğu Akdeniz ve Ege Bölgelerinde kullanılmakta olan bu sistemlerden yılda yaklaşık 290 bin TEP ısı enerjisi üretilmektedir. Sektörde 100'den fazla üretici firmanın bulunduğu ve 2000 kişinin istihdam edildiği tahmin edilmektedir. Yıllık üretim hacmi 750 bin m² olup bu üretimin bir miktarı da ihraç edilmektedir. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kollektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır.
- Güneş Pilleri – Fotovoltaik Sistemler Güneş pilleri; halen ancak elektrik şebekesinin olmadığı, yerleşim yerlerinden uzak yerlerde ekonomik yönden uygun olarak kullanılabilmektedir. Bu nedenle ve istenen güçte kurulabilmeleri nedeniyle genellikle

sinyalizasyon, kırsal elektrik ihtiyacının karşılanması vb. gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Ülkemizde halen telekom istasyonları, Orman Genel Müdürlüğü yangın gözetleme istasyonları, deniz fenerleri ve otoyol aydınlatmasında kullanılan güneş pili kurulu gücü 300 kW civarındadır.

- Ülkemizde güneş enerjisi kullanımında kaynak anlamında bir sorun olmamakla beraber elektrik üretiminde uygulanacak yöntem açısından bazı bölgesel farklılıklar bulunmaktadır. Fotovoltaik sistemler ile bulutlu veya açık her türlü hava şartlarında elektrik üretilebilirken, yoğunlaştırıcı sistemlerde (termik ve mekanik dönüşüm) direk ışınım, yani açık hava, gerekli olmaktadır. Bu nedenle, termik ve mekanik dönüşümlü üreteçler için Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinin tercih edilmesi gerekirken, fotovoltaik üreteçler için Doğu Karadeniz Bölgesi dışındaki tüm bölgeler uygun olmaktadır.

Şekil 2: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Kullanım Potansiyeli

Sonuç ve Öneriler

Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından iyi durumda olmasına rağmen ne yazık ki bu potansiyeli yeterince etkin ve yaygın kullanamamaktadır. Bunun sebebi olarak kurumlar arası koordinasyon eksikliği ve şimdiye kadar devletin bu konuda bir teşvik uygulamamış olması gösterilebilir. Ancak buna rağmen ülkemizde Güneş enerjisi hakkındaki çalışmalar oldukça uzun zamandır yapılmaktadır. Şimdiye kadar yapılmış çalışmaların ve edinilen

tecrübelerin uygulamaya aktarılması ve bir düzen çerçevesinde yapılabilmesi için güneş enerjisi ile ilgili bağımsız bir üst koordinasyon kurulunun kurulması ve bu kurulun bu konuda çalışan ve faaliyet gösteren tarafları bir araya getirip bilgi alışverişini sağlaması ve gerekli kanuni düzenlemelerin yapılmasını sağlamasının gerekliliği ortadadır. Türkiye'de güneş enerjisinin kullanımı (sıcak su elde edilmesi dışında) genelde bilinmemekte, tanıtımı yapılmamakta ve devletçe teşvik edilmemektedir. Dolayısıyla, bu konuda hizmet verecek mühendislik, müşavirlik ve müteahhitlik firmaları ve ilgili sanayi gelişememektedir. İlk yatırım giderleri yüksek olan, ancak yakıt masraflarının olmaması nedeniyle işletme masrafları bulunmayan çevre ile uyumlu, güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli uzun vadeli finansman imkânı sağlandığında bu teknolojiler gelişecek ve enerji darboğazlarının konuşulduğu ülkemizde bu kaynaktan en üst seviyede faydalanmanın yolu açılmış olacaktır. Ayrıca Devletçe, sadece güneş pillerinin değil diğer güneş enerjisinden faydalanma yöntemlerinin de tanıtılması, teşvik edilmesi ve gerekli kanuni düzenlemelerin yapılması gereklidir.

KAYNAKLAR

URL-1<http://www.solar-academy.com/menuis/Turkiye-de-Gunes-Enerjisi-Potansiyeli-ve kullanimi.021859.pdf>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1<http://www.enerjibes.com/gunes-enerjisinin-kullanim-alanlari-nelerdir/>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1<http://www.forumlordum.net/fen-teknoloji/130441-gunes-enerjisinin-yasamimizdaki-olumlu-ve-olumsuz-etkileri.html>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1<https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_enerjisi>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1< http://www.gunessistemleri.com/tarihsel.php>, alındığı tarih: 28.04.2017.

SULU ÇÖZELTİDEN YUMURTA KABUĞU İLE KADMİYUM GİDERİMİ

Gözde ACAR
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
gzd.car@gmail.com

ÖZET: Bu çalışmanın amacı adsorpsiyon yöntemi kullanılarak yumurta kabuğu ile sulu çözeltiden kadmiyumun gideriminin araştırılmasıdır. Çeşitli deneysel parametrelerin (yumurta kabuğu dozu, pH ve temas süresi) kadmiyum adsorpsiyon prosesi üzerindeki etkileri çalışılmıştır. Yukarıda belirtilen parametrelerin optimum değerlerinde, kadmiyum konsantrasyonu 100 mg/L için % 90'dan fazla bir giderme verimi elde edilmiştir. Bu çalışma, yumurta kabuğunun sulu çözeltilerden kadmiyumun giderilmesinde etkili, kolaylıkla elde edilebilen ve düşük maliyetli bir adsorbent olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Adsorbsiyon, Kadmiyum, Yumurta kabuğu*

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği ilk defa kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak da artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında, nüfus artışındaki hızlanmaya bağlı olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır. Ekosistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısım halini almıştır. Kentlerde (evsel atıksular) ve endüstride kullanıldıktan sonra atılan sular için atıksu terimi kullanılmaktadır. Atıksular fiziksel (renk, koku, sıcaklık yükselmesi, asıltı maddeler ve köpüklenme) ve kimyasal (çözünmüş organik maddeler, toksik maddeler ve fosforlu madde varlığı) kirlilik gösterirler. Atıksular içindeki ağır metaller, endüstriyel atık ve bazı pestisitlerin içinde yer almakta iken boyarmaddeler ise kimyasal kirleticiler olarak bilinmektedir. Birçok sanayi kolunda (maden endüstrilerinde, enerji ve yakıt üretiminde, gübre ve pestisit sanayinde, metalurji ve demir ve çelik sanayinde, deri işleme, fotoğraf sanayinde) ağır metal içeren atıklar direkt ya da indirekt olarak doğaya verilmekte ve gün geçtikçe bu durum daha çok yaşanılmaktadır. Özellikle büyümekte olan ülkelerde bu durum ciddi çevresel kirlenmeye ve canlı hayatını tehdit etmeye başlamıştır.

Ağır metaller suda yaşayan canlılar için oldukça zehirli kirleticilerdir. Ağır metaller tehlikelidir çünkü biyobirikime eğilimlidirler. Bileşikler herhangi bir zamanda canlılarda birikebilirler ve onların vücuda alınmaları ve depolanması metabolize edilmelerinden veya atılmalarından daha hızlıdır. Atıksularda çok çeşitli türde ve istenmeyen miktarlarda bulunan boyarmaddeler ise renk kirliliğine neden olan, sudaki yaşamın fotosentetik aktivitesini etkileyen ve biyolojik bozunması çok güç olan kimyasallardır. Atıksulardaki bazı

boyarmaddelerin yapılarında ağır metal iyonlarını içermelerinden ve atıksuya bu ağır metal iyonlarını da salmalarından dolayı canlı yaşamı üzerindeki toksik etkileri daha da fazla olmaktadır. Bu tür atıksuların arıtımında kullanılan klasik yöntemler (kimyasal çöktürme, iyon değişimi, ozonlama, koagulasyon-flokülasyon, adsorpsiyon vb.) yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksekliği, arıtma sonrasında yeni kirleticilerin oluşması gibi nedenlerden dolayı pratik ve ekonomik olmaktan uzaktır. Atıksu arıtımında en yaygın olarak kullanılan aerobik ve anaerobik biyolojik arıtımların bu tür kirleticileri içeren atıksuların arıtımında kullanımı ise, ağır metal iyonlarının biyo-bozunur olmamasıdır. Tez çalışmasında kullanılan yumurta kabuğunun kadmiyumun arıtımında kullanılabileceği incelenmiştir.

1.1. Ağır Metaller ve Etkileri

Metaller canlıların yaşam süresinde önemli roller üstlenirler. İnsanlar için ağır metaller küçük bir miktara kadar vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin sodyum, potasyum, kalsiyum, demir, bakır, selenyum ve çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gereklidirler. Redoks tepkimelerinde kullanılırlar, elektrostatik interaksiyonlarda molekülleri stabilize ederler, enzimlerin yapısal bileşeni olarak görev alırlar ve osmotik basıncın düzenlenmesinde etkilidirler. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler. Ağır metal zehirlenmesi oluşabilmektedir, örneğin kontamine olmuş içme suyundan (kurşun borular), emisyon kaynaklarına yakın ortamın hava konsantrasyonun yüksek olmasından kaynaklanabilir (Muter vd 2001).

Ağır metaller yerkabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bozulmaz ve yok edilemezler. Metaller yüksek konsantrasyonlarda hücre membranına zarar verirler, enzim spesifitesini değiştirirler, hücresel fonksiyonları durdurabilirler ve DNA'nın yapısını bozabilirler. Ağır metalin yarattığı toksisite ağır metalin türünden, konsantrasyonundan, ortam pH'ından ya da metal iyonlarının çözünürlüğünden kaynaklanabilir (Volesky 1990). Endüstriyel ürünlerin üretiminde ağır metallerin yoğun bir biçimde kullanılması nedeniyle, insanların ağır metallere maruz kalma oranı son 50 yılda çok ciddi bir şekilde artmıştır. Cıvalı amalgam dolgular, boyalar ve musluk suyundaki kurşun, işlenmiş gıdalar, kozmetik ürünleri, şampuan, saç ürünleri ve diş macunlarındaki kimyasal kalıntılar nedeniyle insanlar her an ağır metallerle iç içe yaşamaktadır. Günümüzün endüstriyel toplumunda bu durumdan kaçış imkânı ne yazık ki, yok gibi görünmektedir. Ağır metaller bizleri sadece evimizde ve sokakta tehdit etmezler. Ağır metallere maruz kalma konusu bazı iş kollarında çalışan insanlar için çok ciddi

bir tehlikedir. Bu tehlikeye maruz kalan bazı çalışanlar, doktorlar, ilaç sanayi, laboratuvar çalışanları, kuaförler, boyacılar, metal sanayi, kozmetik ve pil üretiminde çalışanlar ve fotoğrafçılardır (Preetha ve Viruthagari 2006). Tablo 1.'de endüstri alanlarında kullanılan ağır metaller özetlenmiştir.

Tablo 1: Farklı endüstrilerde kullanılan ağır metal grupları.

Endüstri Alanı	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir -Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi	+	+	+	+	+	+	+	+

Havaya atılan ağır metaller, sonuçta karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aeresol olarak veya toz halinde solunurlar. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar. Bitkilerde ağır metaller, kloroplastların yapısını bozar ve klorofil pigmentinin sentezini inhibe ederler. Ağır metaller bitkilerin hücre duvarlarından veya hayvanların hücre zarlarından biyolojik sistemlere girmekte, bitki hücrelerinde vakuollerde depolanmakta ve enzimlerle birlikte pek çok yaşamsal faaliyeti düzenlemektedirler (Volesky 1990). Toksiklik uzun süreler boyunca doğada var olmaktadır. Bazı ağır metaller civa örneğinde olduğu üzere az toksik özelliklerinden doğada daha toksik özellik göstermektedir. Besin zincirine katılan ağır metaller en sonunda insanları etkilemektedir. Metaller sadece değerlilik ve tür olarak değişebilirler ve herhangi bir şekilde herhangi bir metotla degrade edilemezler. Ağır metaller düşük konsantrasyonlarda toksiklik gösterirler: 1-10 (ppm). Bazı güçlü metal iyonları ise civa ve kadmiyum gibi 0.001-0.1 ppm gibi çok düşük konsantrasyonlarda bile toksik olabilmektelerdir (Jianlong ve Can 2006).

1.2. Yumurta kabuğunun Yapısı

Yumurta kabuğunun rengi ait olduğu hayvana göre farklılık gösterir. Bazı tavuk ırklarının esmer olan kabuk rengi porfirinden ileri gelir. Yumurtanın kabuk rengi ile bileşimi arasında bir ilgi yoktur. (URL-1). Yumurtanın büyüklüğüne göre % 7. 8-13. 6'sını yumurta

kabuğu oluşturur. Kabuk mineral ve organik maddeler ile sudan ibaret olup % 3-4 oranında bir protein ağı ve % 95-96 oranında birikerek yerleşmiş anorganik tuzlardan oluşmuştur. Tabloda yumurta kabuğunun kimyasal bileşimi görülmektedir. Yumurtayı dış etkenlerden koruyan yumurta kabuğu 0. 2-0. 4 mm kalınlığında ve oldukça sert, sayısı 7. 000-17. 000 arasında bulunan gözenekli bir yapı gösterir. Bu gözenekler rutubet ve gazı geçirirler. Gözenekler yumurtanın uç kısımlarında, özellikle hava kamarasının bulunduğu tarafta yan yüzeylere göre daha fazla sayıda bulunur (URL-1).

Tablo 2: Yumurta Kabuğunun Kimyasal yapısı

Yumurta Kabuğunun Kimyasal Bileşimi	
Unsur	Miktar (%)
Kalsiyum Karbonat	93.7
Magnezyum Karbonat	1.0
Kalsiyum Fosfat	1.0
Organik Maddeler	3.3
Su	0.14

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada 1 L stok kadmiyum çözeltisi hazırlanarak 100 mg/L olacak şekilde çalışma yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bütün kimyasallar analitik saflıkta olup deneyler 3 tekrarlı yapılmıştır. pH ölçümleri LABQUEST2 marka cihaz ile ölçülmüştür. Adsorpsiyon deneyleri boyunca kadmiyum konsantrasyonlarını belirlemek için ise Perkin Elmer Optima 2100 DV model indüktif çift plazma optik emisyon spektrometresi kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. pH'ın Etkisi

Çözeltinin başlangıç pH değeri, adsorpsiyon performanslarının değerlendirilmesi için önemli bir kontrol parametresidir (Bermúdez ve ark., 2011; Celekli ve Bozkurt 2011; Okafor ve diğerleri 2012). Farklı pH değerlerinde yumurta kabuğunun Kadmiyum uzaklaştırma verimi Şekil 2'de gösterilmektedir. 2. En düşük adsorbsiyon verimliliği, pH değerinin 5.0 olduğu zaman% 63.39 olarak gözlenmiştir. Şekil 1, Kadminyum için 100 mg / L başlangıç konsantrasyonunda pH 5'de % 63.39 bulunan en fazla kadminyum kaldırma verimliliğinin olduğunu göstermektedir.

Şekil 1: pH etkisi ($Cd_{initial}$= 100 mg/L, Yumurta kabuğu dozu= 3.5 g, 200 rpm, T= 20 °C)

3.2. Yumurta Kabuğunun Etkisi

Yumurta kabuğu dozlarının kadminyum giderim verimi üzerindeki etkisi Şekil 2'te gösterilmektedir. Adsorbe edilen dozu 0.05 ila 5 g artıracak şekilde adsorbe edilen kadminyum giderimi yaklaşık % 22,45'den% 95.86'a yükselir. Kadminyum'un yumurta kabuğu üzerindeki maksimum adsorpsiyon verimliliği, 3,5 g / L yumurta kabuğu dozunda % 95,86 olarak bulundu.

Şekil 2: Adsorban miktarı ($Cd_{initial}$= 100 mg/L, Yumurta kabuğu dozu= 3.5 g, 200 rpm, T= 20 °C)

3.3. Temas Süresinin Etkisi

3,5 g yumurta kabuğu kullanılarak pH 5 ve 20 0C'de farklı zamanlı kadminyum alımının değişimini göstermektedir. Kadminyumun adsorpsiyonu üzerindeki temas süresinin etkisi için sonuçlar Şekil 2'de gösterilmektedir. Tüm adsorpsiyon deneyleri için başlangıçta yumrta kabuğu üzerine adsorbe edilen kadminyum miktarı arttı.

Şekil 3: Adsorban miktarı (Cd= 100 mg/L, Yumurta kabuğu dozu= 3.5 g, 200 rpm, T= 20 °C)

KAYNAKLAR

Bermúdez YG, Rico ILR, Bermúdez OG, Guibal E (2011) Nickel biosorption using *Gracilaria caudata* and *Sargassum muticum*. Chem Eng J 166: 122-131.

Celekli A, Bozkurt H (2011) Bio-sorption of cadmium and nickel ions using *Spirulina platensis*: kinetic and equilibrium studies. Desalination 275: 141-147.

Okafor PC, Okon PU, Daniel EF, Ebenso EE (2012) Adsorption capacity of coconut (*Cocos nucifera L.*) shell for lead, copper, cadmium and arsenic from aqueous solutions. Int J Electrochem Sci 7: 12354-12369.

Muter, O., Lubinya, I., Miller, D., Grigorjeva, L.,Ventiya, E., Rapoport, A. 2001. Cr(VI) sorption by inact and dehyrated Candida utulis cells in the presence of the other metals. Process Biochemistry, 38; 123-131.

Volesky, B.1990. Biosorption and biosorbents. In: Volesky B, editor. Biosorption of Heavy Metals. CRC press; p. 3–5, . Florida.

Preetha, B. and Viruthagari, H. 2006. Bioaccumulation of Cr(VI), copper(II), Nickel(II) ions growing Rhizopus arrhizus. Biochemical Engeneering Journal, 703; 361-365.

Jianlong, W. and Can, C. 2006. Biosorption of heavy metals by Saccharomyces cerevisiae: A review. Biotechnology Advances, 24; 427–451.

URL-1 < http://www.karagulyumurta.com/altkat/12/yumurtanin_bolumleri.html >, alındığı tarih: 19.04.2017.

TÜRKİYE'DEKİ ARITMA ÇAMURU MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Gülsüm AKIN
Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
arzua913@gmail.com

ÖZET: Türkiye'de kentsel atıksu arıtma tesislerinin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Mevcut ve gelecekte atık suların arıtılması ve ilgili yönetmelik gerekliliklerinin sağlanması, belediyelere yatırım ve işletme maliyeti açısından yük getirmektedir. Yatırımın doğru şekilde yapılabilmesi ve işletme maliyetlerinin minimize edilebilmesi için ülkemizin koşullarına uygun proseslerin seçilmesi gerekmektedir. Genelde yurtdışı kaynaklı tasarım kriterlerinin doğrudan uygulanması tasarım ve işletme açısından ciddi problemler yaratabilmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'deki atıksu arıtma tesislerinin mevcut durumu ve proses seçimi aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar ortaya konulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Türkiye'deki Arıtma Çamuru Miktarı, Mevcut Durum.*

GİRİŞ

Çalışmada hesaplanan çamur miktarlarının gerçek değerlere yakınlığı öncelikle tesislerden alınan anketlerdeki atıksu karakterizasyonunun, atıksu debisinin, arıtma prosesinin ve işletme bilgilerinin güvenilirliğine, sonrasında çamur bertaraf yönteminin ve miktarlarının doğru beyan edilmesine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Türkiye geneli değerlendirme, hem biyolojik arıtma yapan tüm tesisler hem de bölgesel bazda seçilmiş tesisler üzerinden yapılmıştır. Biyolojik arıtma yapan mevcut 201 adet tesisin 10 adetinde çamur üretiminin olmadığı ya da yeni işletmeye alındığı rapor edildiğinden IP 2'de değerlendirmeler 191 adet tesis üzerinden yapılmıştır. Tesis seçiminde, beyan edilen çamur miktarları ile hesaplanan çamur miktarları arasındaki hata oranının [%hata oranı = (beyan edilen çamur miktarı – hesaplanan çamur miktarı)/(beyan edilen çamur miktarı))*100] ±%40 olmasına ve beyan edilen işletme prosesi (Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur (UHAÇ), Klasik Aktif Çamur, (KAÇ)) ile beyan edilen çamur yaşlarının uyumlu olmasına dikkat edilmiştir. Buna göre proses türlerine göre toplam çamur yaşlarının kontrolünde, KAÇ sistemleri için çamur yaşının 20 günün altında olması, UHAÇ sistemleri için ise çamur yaşının 20 gün ve üzerinde olması esas alınmıştır (Metcalf ve Eddy, 2003). Proje kapsamında, AAT'lerinden kaynaklanan çamur miktarlarının hesaplanmasında kullanılmak üzere ön çökeltim, biyolojik arıtma ünitesi, anaerobik veya aerobik çamur çürütme sistemi, çamur yoğunlaştırma ve susuzlaştırma ünitelerinden oluşan atıksu arıtma tesisleri için bir yöntem oluşturulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Çamur Üretimine Ait Hesaplama Yöntemi

Proje kapsamında, AAT'lerinden kaynaklanan çamur miktarlarının hesaplanmasında kullanılmak üzere ön çökeltim, biyolojik arıtma ünitesi, anaerobik veya aerobik çamur çürütme sistemi, çamur yoğunlaştırma ve susuzlaştırma ünitelerinden oluşan atıksu arıtma tesisleri için bir yöntem oluşturulmuştur. Hesaplama yönteminde kentsel ve evsel atıksu arıtma tesisi için konvansiyonel atıksu karakterizasyonu ile birlikte Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) fraksiyonlarına dayalı giriş atıksu karakterizasyonu kullanılmıştır. Hesap ile elde edilen toplam çamur miktarı ile birlikte 90 kişi başına oluşan çamur miktarları anketlerden elde edilen gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Atıksu arıtma tesisinin giriş atıksu özellikleri ile birlikte her bir ünitesinden çıkan çamur miktarının hesaplanmasındaki yaklaşım aşağıda özetlenmektedir.

Giriş Atıksu Karakterizasyonu

Günlük oluşan çamur miktarının hesaplanmasında Ortalama Debi (Qort), Askıda Katı Madde (AKM), Uçucu Askıda Katı Madde (UAKM), Çözünmüş KOİ (SKOİ), İnert Çözünmüş KOİ (SI), İnert Partiküler KOİ (XI), Kolay Ayrışan KOİ (SS), Yavaş Ayrışan KOİ (XS), Biyolojik Olarak Ayrışabilen KOİ (CS), Toplam KOİ (KOİtop), 5 günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ5), Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Hazırlanan program bu fraksiyonların mevcut olmaması durumunda, genel evsel/kentsel atıksu özelliklerini dikkate alarak bir kabul yapmaktadır.

Ön Çökeltim Ünitesi

Ön çökeltime ünitesi olan kentsel ve evsel atıksu arıtma tesislerinden oluşan ön çökeltim çamuru miktarı, çökeltim verimine bağlı olarak hesaplanmaktadır. AKM giderimine paralel olarak atıksudan XI ve XS giderimi sağlanmaktadır. Çözünmüş formdaki organik maddede herhangi bir değişiklik olmamaktadır. Oluşan çamur miktarı günlük katı madde yükü ve çamur debisi olarak hesaplanabilmektedir. (Müller et. al., 2004).

ARAŞTIRMA BULGULARI

Tüm tesislerin değerlendirilmesine göre Türkiye'de bölgeler bazında kişi başına üretilen ortalama çamur miktarlarına ait anket verileri hesaplama sonuçları ile karşılaştırmalı olarak Şekil 1.1'de verilmektedir. (Müller et. al., 2004). Anketlerden alınan bilgilere göre, Türkiye genelinde günlük olarak kişi başına kuru madde bazında üretilen ortalama çamur miktarı 35±16

gKM/EN.gün iken, atıksu arıtma tesisi verilerinin kullanılması ile hesaplanan çamur miktarı ise 35±13 gKM/EN.gün olarak bulunmuştur. Şekil 1.1'de bar diyagramı üzerinde hem anketlerde beyan edilen hem de hesaplamalardan elde edilen çamur miktarlarına ait Türkiye için genel ortalamalar ve standart sapmalar gösterilmektedir. (Egemen et. al., 2001).

Şekil 1.1: Türkiye Genelinde Bölgesel Bazda Günlük Kişi Başına Oluşan Ortalama Çamur Miktarları

Türkiye'de bölgeler bazında kişi başına üretilen ortalama çamur miktarlarının bölge bazında seçilmiş tesisler üzerinden değerlendirilmesi ile Şekil 1.2'deki bar diyagramı elde edilmektedir. 7 coğrafi bölgeden seçilen 2 adet evsel + 2 adet kentsel atıksu arıtma tesisinden (toplam 28 adet tesis) mevsimsel değişikliklerin etkisini de ortaya koymak üzere yaz ve kış aylarını temsilen yılda 2 kez yapılmış olan incelemeye göre Seçilmiş tesisler için Türkiye genelinde ortalama günlük kişi başına üretilen kuru çamur miktarı anketlerden alınan bilgilerden 36±13 gKM/EN.gün, hesaplama ile 35±12 gKM/EN.gün olarak bulunmuştur. Bu değerler, tüm tesislere ait verilerle karşılaştırıldığında (Şekil 1.2), Türkiye için hesaplanan ve anketlerden elde edilen kişi başına oluşan ortalama çamur miktarlarında önemli değişim gözlenmezken, standart sapmaların özellikle anket beyanları için düştüğü ve hesaplanan verilerin sapmasına yaklaştığı görülmektedir. (SASI Group ve Newman, 2005; Magoarou, 1999).

Şekil 1.2: Seçilmiş Tesislere Göre Türkiye Genelinde Bölgesel Bazda Günlük Kişi Başına Oluşan Ortalama Çamur Miktarları

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Farklı ülkelerdeki atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamur miktarının, kişi başına günde oluşan katı madde miktarına çevrilerek bu çalışma sonucunda elde edilen ülkemize ait veriler ile karşılaştırılması Şekil 1.3'de gösterilmiştir. Değerlendirilen ülkeler içinde çamur üretimi, 26- 86 gKM/EN.gün gibi geniş bir aralıkta değişmektedir (SASI Group ve Newman, 2005; Magoarou, 1999). Türkiye'de anket verilerine göre elde edilen kişi başına ortalama çamur miktarı 35 gKM/EN-gün olup, Ülkemiz, Macaristan, Yunanistan ve Japonya'dan sonra gelmektedir. En fazla çamur miktarı ise Finlandiya'da üretilmektedir.

Şekil 1.3 : Türkiye'deki Kişi Başına Ortalama Çamur Miktarının Diğer Ülkelerle Karşılaştırılması

Türkiye'de, bölgeler bazında oluşan günlük toplam çamur miktarları Şekil 1.4'da verilmektedir. Buna göre en az arıtma çamuru, arıtma kapasitesinin en düşük olduğu KB'de

(anket verisi 15 ton KM/gün, hesaplanan 19 ton KM/gün), en fazla ise arıtma kapasitesinin en yüksek olduğu MB'de (anket verisi 295 ton KM/gün, hesaplanan 335 ton KM/gün) oluşmaktadır. Anket verilerine göre diğer bölgelerden DAB'de 28 ton KM/gün (hesaplanan 30 ton KM/gün), GAB'de 42 ton KM/gün (hesaplanan 50 ton KM/gün), EB'de 198ton KM/gün (hesaplanan 236 ton KM/gün), İAB'da 213 ton KM/gün (hesaplanan 223 ton KM/gün) ve AKB'de 115 ton KM/gün (hesaplanan 184 ton KM/gün) çamur üretilmektedir. Türkiye genelinde üretilen çamur miktarı ise anketlerden alınan bilgilere göre toplam 907 ton KM/gün olup, hesaplama yöntemiyle 1087 ton KM/gün olarak elde edilmiştir.

Şekil 1.4: Türkiye Genelinde Bölgesel Bazda Günlük Toplam Çamur Miktarları

Atıksu arıtma tesislerinin çamur üretim kapasitelerine göre anket ve hesaplanan çamur miktarlarının karşılaştırılması için toplam çamur üretimleri kuru madde bazında 5 ton KM/gün'den küçük, 5-10 ton KM/gün aralığında ve 10 ton KM/gün'den büyük miktarlar olacak şekilde gruplanmıştır. Çamur oluşum potansiyeline bağlı olarak anket verileri ile hesaplanan veriler arasındaki farkın değiştiği görülmektedir. Çamur üretim potansiyeli düşük tesisler için anket beyanı ve hesaplanan miktarlar arasındaki fark artarken, bu durumun tersine tesis kapasitesi arttığı zaman anket ile hesaplanan çamur miktarları birbiri ile daha uyumlu olmaktadır. Bar diyagramında farklı debi aralıklarına göre anket verileri ve hesaplanan çamur üretim miktarları verilmektedir. Buna göre kapasitesi yüksek olan atıksu arıtma tesislerinde anket ve hesaplanan çamur değerleri örtüşmektedir. Ancak tesis kapasitesinin küçülmesi ile anket ve hesaplanan çamur miktarları arasındaki fark büyümektedir. Sonuç olarak düşük kapasiteli tesislerde çamur üretimi açısından hassas bir hesap yapılması zor olmaktadır.

KAYNAKÇA

Akyarlı, A. , Şahin, H. 2005. Arıtma Çamurlarının Bertarafında Kireç Kullanımı; I.Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, AÇS2005 23-25 Mart 2005, İzmir.

Arlı, S. 2006. Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metallerin Bitkilerle Giderimi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2006.

Müller J. A., (2003). Conditioning, thickening and dewatering of mechanically disintegrated excess sludge. Seperation Science and Technology, 38, 4, 889-902.

Aksu, T, 2008. Isparta Belediyesi Atık Su Arıtma Tesisinde Oluşan Çamurun Bertaraf Stratejilerinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2008.

Alloway, B., Jackson, P., (1991). The Behaviour of Heavy Metals in Sewage Sludge Avended Soils. Elsevier Science publishers B.V., United Kingdom.

Anonim, 2008.İşlenmiş Arıtma Çamurunun Kullanım Alanları, 2008.www.styd- cevreorman.gov.tr IMAGESstabilize_aritma_camurlari.doc

Arıkan, O. A. , Öztürk, İ., 2008. Arıtma çamuru Kompostlaştırılmasında Organik Evsel Katı Atık İlavesinin Etkisi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı, İstanbul.

Ayvaz, Z., 2000. Atık Su Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi,Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 2000.

Bilgin, N., Eyüpoğlu, H., Üstün, H. (2002) Biyokatıların Arazide Kullanımı, Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.

Çimrin, K.M., Bozkurt M.A., Erdal İ., 2000. Kentsel Arıtma Çamurunun Tarımda Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılması, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 2000.

Dağ, M.C., 2010. Evsel Nitelikli Atıksular Arıtma Prosesleri, 2010.

Damar, Y. 2002. Petrokimya Endüstrisinden Kaynaklanan Sülfürik Asit Atıklarının Kireçli Toprakların Islahı Amacıyla Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2002.

Düring, R.A., Gäth, S. (2002). Utilization of Municipal Organic Wastes in Agriculture Where Do we Stand, Where will we go? J. Plant Nutr. Soil Sci., 165, 544-556.

Filibeli, A. 1996. Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, DEÜ, İZMİR.

İleri, R. 2007. Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Ders Notları.

Kocaer, F.O., Kemiksiz A., Başkaya, H.S., 2003. Arıtma Çamuru Uygulanmış Bir Topraktaki Organik Azotun Mineralizasyonu. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, 2003.

Ludovico Spinosa and P.Aarne Vesilind, 2001. Sludge into Biosolids, Processing, Disposal and Utilization, IWA Publishing, UK, 2001.

Nisanoğlu, G., "Atık su Arıtma Sistemlerinin ve Bu Sistemlerden Elde Edilen Çamurların Tarım Olanaklarında Kullanılması Olanakları" Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri. Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1998.

Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U. 2005. Atık Su Arıtımının Esasları. Evsel, Endüstriyel Atık su Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, 2005.

Palabıyık, H., Çevre Sorunu Olarak Kentsel Katı Atıklar (Çöpler) ve Entegre Katı Atık Yönetimi, Türk İdare Dergisi, 70(420):45-64,1998, Ankara.

AFYONKARAHİSAR'DA BULUNAN JEOTERMAL SAHALARIN İNCELENMESİ

Hasan AYAZ, Prof. Dr. Hatim ELHATİP
Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
hayaz499@gmail.com

ÖZET: Afyonkarahisar bölgesindeki jeotermal sahaların sıcaklıkları ve kimyasal bileşimleri birbirinden farklıdır. Ömer-Gecek sahasındaki jeotermal sular Na-Cl-HCO3 tipli sular, Gazlıgöl sahasındaki jeotermal sular Na-HCO3 tipli sular, Heybeli sahasındaki jeotermal sular Na-Ca-HCO3-SO4 tipli sular, Sandıklı sahasındaki jeotermal sular ise Na-Ca-SO4-HCO3 tipli sular olarak sınıflandırılmaktadır. Tüm sahalarda As (Gazlıgöl hariç), B ve F konsantrasyonları önerilen standart değerin üzerindedir. Ömer-Gecek jeotermal sularında Na ve Cl değerleri, diğer bölgeler ile kıyaslandığında en yüksektir. Gazlıgöl bölgesinde ise diğer bölgelere göre yüksek HCO3 ve düşük SO4 değerleri dikkat çekmektedir. Genel olarak Ömer-Gecek jeotermal sularının derin kökenli, Gazlıgöl, Sandıklı ve Heybeli jeotermal sularının sığ kökenli ve yeraltısuyu ile karışmış sular olduğu söylenebilir. Ömer-Gecek bölgesindeki jeotermal sular, kısmi denge bölgesine yakındır. Gazlıgöl, Sandıklı ve Heybeli bölgesindeki jeotermal sular ise denge durumundan oldukça uzak, olgun olmayan sular grubuna girmektedir. Afyonkarahisar bölgesi jeotermal sularına uygulanan kimyasal jeotermometreler arasında kuvars jeotermometreleri daha uygun sonuçlar vermiştir. Bu hesaplamalara göre Ömer-Gecek jeotermal suları 130-147 °C, Gazlıgöl jeotermal suları 104-119 °C, Sandıklı jeotermal suları 100-120°C ve Heybeli jeotermal suları 74-91 °C arasında değişen rezervuar sıcaklıkları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler. *Su kalitesi, kimyasal analiz, jeotermal kuyu, in sutu, jeotermometre uygulaması*

GİRİŞ

Ülkelerin kalkınma ve büyüme hızına bağlı olarak enerji ihtiyaçları da sürekli olarak artmaktadır. Dünyadaki enerji tüketiminin yaklaşık %90'ı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil enerji kaynaklarının yakın gelecekte tükenecek olması, yeni rezervlerin üretiminin oldukça pahalı olması, çevre kirliliği yaratması nedeniyle, alternatif enerji kaynaklarının devreye girmesi zorunlu hale gelmiştir. Jeotermal enerji, düşük karbondioksit emisyon oranı ile hava kirliliği yaratmaması, yenilenebilir olması ve yerli olması nedeniyle önemli bir alternatif enerji kaynağıdır. Jeotermal kaynaklarının bolluğu sebebiyle Afyonkarahisar ili Türkiye'nin en önemli sahalarındandır. Akkuş vd. (2005)'e göre Afyonkarahisar jeotermal sahalarında , (i) Ömer-Gecek yöresinde 23 adet, (ii) Gazlıgöl yöresinde 4 adet, (iii) Heybeli yöresinde 8 adet ve (iv) Sandıklı yöresinde 10 adet olmak üzere 45 adet jeotermal amaçlı resmi kuyu açıldığı bilinmektedir. Özel şirketler tarafından sıcak ve soğuk su kuyusu olarak açılan kuyu adedi ise bilinmemektedir (Karamanderesi, 2008). Afyonkarahisar termal turizm, konut ve sera ısıtmacılığında jeotermal enerjiyi verimli kullanan önemli sahalardandır. Bu çalışmada Afyonkarahisar ilinde bulunan birbirinden farklı 4 ayrı jeotermal saha bölgenin jeolojisi ile birlikte ele alınmış, güncel analiz verileri yardımıyla hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Analiz verileri ulusal ve uluslararası standartlar ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca her sahaya ait çeşitli jeotermometre uygulamaları ile rezervuar sıcaklıkları belirlenmiştir.

2. MATERYAL METOT

Jeotermal araştırmaların da önemli bir kısmını oluşturan hidrojeokimyasal çalışmalar, yeraltısularının kimyasal özelliklerinin ve kalitelerininbelirlenmesi, kökenlerinin araştırılması, yüzey ve yağış suları ile olası ilişkilerinin incelenmesi vb. araştırmalarda kullanılır. Bu amaçla Ömer-Gecek jeotermal sahasından 3 adet, Gazlıgöl jeotermal sahasından 2 adet, Heybeli jeotermal sahasından 2 adet ve Sandıklı jeotermal sahasından 5 adet olmak üzere toplam 12 adet jeotermal su örneği alınmıştır. Örnek noktaları seçilirken suların fiziksel ve kimyasal özelliklerini yansıtabilecek lokasyonlar seçilmiştir. Örnekler 0,45µm geçirgen-liğindeki filtre ile süzülmüştür. Anyon ve katyon analizleri için polipropilen örnek şişeleri kullanılmıştır. Örnek şişelerinden biri katyon örneklerinin korunması amacıyla derişik HNO3 ilave edilerek asitlendirilmiş, anyon analizi için alınan diğer örnek şişesine ise asit eklenmemiştir. Örnekler şişelendikten ve etiketlendikten sonra +4°C'de muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir. Arazi çalışmalarında sıcaklık (T), hidrojen iyonu aktivitesi (pH), elektriksel iletkenlik (EC) gibi in-situ ölçümleri taşınabilir cihazlarla ölçülmüş, alkalinite titrimetrik yöntemle belirlenmiştir. Alınan örneklerin hidrojeokimyasal analizleri standart metotlar (APHA-AWWA-WEF, 2005) kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezinde İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) ve İyon Kromatografisi (IC) cihazlarında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları için herhangi bir doğruluk ve kesinlik deneyleri yapılmamış olmakla beraber analiz edilen sulara ait yük-denge oranlarının genellikle %5'den az oluşu nedeniyle, sonuçlar güvenilir olarak kabul edilmiştir. Hidrojeokimyasal analiz sonuçları ise AquaChem v.3.7 (Calmbach, 1999) ve SOLMINEQ.88 PC/SHELL (Kharaka vd., 1988) bilgisayar programları kullanılarak değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

Afyonkarahisardaki Jeotermal sahalar

Afyon ili sularının genelde Na–HCO3 karakteri sergilediği görülmektedir. Sular saha bazında incelendiğinde ise her sahanın kendine ait karakteristik kimyasal dağılımı göze çarpmaktadır. Ömer-Gecek sahasına ait kaynak ve sondaj suları bazı örnekler için Na–Cl, bazıları için de Na-HCO_3 karakteri sergilemektedir. Ömer-Gecek sahası kaynak suları genelde arsenik bakımından zengin, sondaj suları ise arseniğe ek olarak flor içermektedir. Sandıklı sahasına ait sular daha çok karışım suları alanına yakınlık sergilemekle birlikte katyon olarak

Na, anyon olarak da SO_4 bakımından zengindir. Gazlıgöl sahası sularında belirgin bir biçimde Na katyon olarak, HCO_3 da anyon olarak baskın durumdadır. Bu sular ayrıca yüksek oranda Bor içeriğine de sahiptirler. Son olarak Heybeli sahası suları incelendiğinde ise sular genelde Na-HCO_3 tipinde olmakla birlikte bazı örnek noktalarında karışım sularına yakınlık görülmektedir. Afyonkarahisar jeotermal sahalarına ait jeotermal sularının in-situ ve hidrojeokimyasal analiz sonuçları (değerler mg/l cinsinden belirtilmiştir) Çizelge 1'de verilmiştir. Afyonkarahisar ili sınırları içerisinde dört adet jeotermal alan bulunmaktadır. Kaynak ve kuyulardan elde edilen sular termal, kaplıca, seraların ısıtılması ve konutların ısıtılması maksadıyla kullanılmaktadır.

Tablo 1. Su kaynaklarının kimyasal analiz sonuçları

Lokasyon	Örnek no	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	SiO_2	Pb^{2+}	Li^+	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Al^{3+}
Ömer-Gecek	AF-14	95,0	7,79	7550	1404,00	111,90	18,72	101,80	118,62	<0,01	3,97	<0,01	<0,01	<0,01
	AF-21	98,0	7,53	7560	1369,00	109,90	18,27	100,50	117,85	<0,01	3,98	<0,01	<0,01	<0,01
	R-260	100,0	7,59	7520	1440,00	115,00	19,73	59,43	115,02	<0,01	4,07	<0,01	<0,01	<0,01
Gazlıgöl	G-1	64,0	8,10	3970	855,50	72,81	18,48	54,20	71,00	<0,01	4,29	<0,01	<0,01	<0,01
	G-2	59,0	7,57	4070	826,40	72,46	17,90	54,19	69,63	<0,01	4,19	<0,01	<0,01	<0,01
Heybeli	H-1A	56,0	6,53	3490	401,40	40,96	61,99	276,50	37,78	<0,01	1,06	<0,01	<0,01	<0,01
	H-4	56,0	6,56	3440	395,50	40,57	62,68	284,10	37,50	<0,01	1,03	<0,01	<0,01	<0,01
Sandıklı	AFS-6	69,0	6,45	1943	208,30	30,14	21,26	135,20	63,32	<0,01	0,23	<0,01	<0,01	<0,01
	AFS-9	69,0	6,52	1982	205,90	34,89	20,56	130,30	64,77	<0,01	0,19	<0,01	0,06	<0,01
	AFS-11	73,6	6,48	2300	276,00	57,92	26,82	150,82	68,62	0,05	0,30	0,05	0,04	<0,01
	AFS-12	73,5	6,47	2250	249,80	46,36	26,92	155,48	68,32	0,05	0,28	0,06	0,04	<0,01
	AFS-15	75,0	7,26	2020	245,40	47,97	27,45	150,10	76,80	<0,01	0,30	<0,01	0,06	0,44
Standartlar	WHO, 2006	-	6,5-8,5	-	200	-	-	-	-	0,01	-	-	2	0,2
	EPA, 2002	-	6,5-8,5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1,3	0,2
	TS 266, 2005	-	6,5-9,5	-	200	-	-	-	-	0,01	-	-	2	0,2
	İTASHY, 2005	-	6,5-9,5	2500	200	-	-	-	-	0,01	-	-	2	0,2
	DMSHY,2004	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	1	0,2

Tablo 1. (devam) (değerler mg/l cinsinden belirtilmiştir)

Örnek no	Mn^{2+}	Fe^{2+}	Sb	As	B	NO_3^-	NO_2^-	HCO_3^-	PO_4	Cl^-	SO_4^{2-}	F^-
AF-14	<0,01	0,20	<0,01	3,00	7,89	7,72	<0,01	1110,2	<0,05	1700,27	455,8	7,53
AF-21	<0,01	0,14	<0,01	2,70	7,91	3,34	<0,01	1134,6	<0,05	1731,64	440,4	5,51
R-260	<0,01	0,19	<0,01	2,35	7,97	4,28	<0,01	945,5	<0,05	1757,55	438,0	6,85
G-1	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	11,49	1,42	<0,01	2897,5	<0,05	121,00	9,67	3,04
G-2	<0,01	0,17	<0,01	<0,01	11,20	1,07	<0,01	2775,5	<0,05	119,35	7,71	3,07
H-1A	<0,01	0,92	<0,01	0,80	1,31	<0,01	<0,01	1464,0	<0,05	122,42	709,98	2,53
H-4	<0,01	0,33	<0,01	0,88	1,24	<0,01	<0,01	1403,0	<0,05	121,67	712,98	2,67
AFS-6	0,15	0,34	<0,01	0,45	0,42	23,08	<0,01	518,5	<0,05	84,83	441,86	3,83
AFS-9	0,16	0,14	<0,01	0,24	1,25	1,11	<0,01	561,2	<0,05	101,15	506,53	3,91
AFS-11	0,06	0,22	<0,01	0,58	0,72	11,30	<0,01	579,5	<0,05	100,88	533,88	3,77
AFS-12	0,19	0,35	<0,01	0,54	0,60	1,23	<0,01	573,4	<0,05	93,60	517,88	3,35
AFS-15	0,14	0,62	<0,01	0,60	0,72	0,98	<0,01	481,9	<0,05	109,51	629,49	4,85
WHO, 2006	0,4	0,3	0,005	0,01	0,5	50	0,2	-	-	250	250	1,5
EPA, 2002	0,05	0,3	-	0,01	1	-	-	-	-	250	250	2
TS 266, 2005	0,05	0,2	0,005	0,01	1	50	0,5	-	-	250	250	1,5
İTASHY, 2005	0,05	0,2	0,005	0,01	1	50	0,5	-	-	250	250	1,5
DMSHY,2004	0,5	-	0,005	0,1	-	50	0,1	-	-	-	-	5

1. Ömer- Gecek jeotermal sahası

Afyon Ömer-Gecek jeotermal alanı Türkiye'nin önemli jeotermal alanlarından biridir ve Afyon Kütahya karayolu üzerinde Afyon'a yaklaşık 15 km uzaklıktadır. Bölgede MTA başta olmak üzere çeşitli kuruluşlar tarafından açılmış çok sayıda sıcak su kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan, 48- 98 °C sıcaklıkta sıcak su elde edilmektedir (Çizelge 2). Bu bölgede meteorik

kökenli sular, başlıca fay sistemleri boyunca derinlere inmekte ve bölgesel gradyanın yüksek olması nedeniyle mağma cep ve odacıkları tarafından ısınarak yine faylar yoluyla yükselerek önce rezervuara sonra yine fay hatları boyunca yükselerek yüzeye çıkmakta ve termal kaynakları oluşturmaktadır.

Tablo 2. Ömer-Gecek jeotermal alanındaki kaynaklar.

Kaynak adı	SıcaklıkC^	debi(L/Sn)
Ömer hamamı kaynakları	51-64	1,5*
Geçek hamımı kaynakları	52-64	2,5*
Kızık hamamı kaynakları	46-74	2,10*

	AF-4	AF-8	AF-8	AF-9 R	9 R-260
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ph	pH 6,70	6,70	6,95	6,25	7,10
TÇM	5900	6018	4816	2807	5869
Ca	214,6	78,8	205,0	157,0	105,8
HCO3	1628	1294	1397	1007	1350
Cl	1754	1862	1261	544	1842
SO_4	494,0	536,6	450,2	207,4	513,6

Ömer-Gecek jeotermal sahasındaki sular kaplıcalarda, turizm tesislerinde, konutların ısıtılmasında ve son yıllarda seracılık alanında kullanılmaktadır. 1994 yılında Afyonkarahisar şehir merkezindeki konutların ısıtılması amacı ile AFJET kurulmuş ve 1998 yılından itibaren, bu sahadan getirilen sıcak su ile şehir merkezinin bir bölümü ısıtılmaktadır. Ayrıca 2009 yılında bu termal kaynağa yakın 40.000 metrekare alan kaplayan jeotermal sera yapılmıştır. Ömer-Gecek havzası Afyonkarahisar ilinin en önemli havzası olup, sıcaklıkları 50 70 °C arasında yaklaşık 340 lt/sn akışkan üretilmektedir. Sahada şu an toplam farklı derinlikteki 25 adet kuyudan 340 lt/sn akışkan üretilmektedir. Bu jeotermal akışkanının 160lt/sn şehir ısıtmasında, geriye kalan kısmı ise termal otellerde kullanılmaktadır. Bu kuyulardan 2 tanesi Afjet tarafından reenjeksiyon için kullanılmaktadır.

2.Gazlıgöl Jeotermal Sahası

Gazlıgöl jeotermal enerji sahası Afyonkarahisar şehir merkezinin 22 km kuzeydoğusunda ve Afyonkarahisar-Eskişehir karayolu üzerinde bulunmaktadır. Gazlıgöl jeotermal sahasından çıkarılan sıcak sular, kaplıcada ve turizm tesislerinde sağlık amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu sıcak su kaynaklarından önümüzdeki yıllarda jeotermal seralarda ısıtma kaynağı olarak istifade edilmesi düşünülmektedir (Çizelge 3.)

Tablo 3. Gazlıgöl jeotermal alanındaki kaynaklar

Kaynak adı	Sıcaklık C^	Debi l/sn
Kükürt kaynagı	54	1.5
Yeni hamam	47,8	0.5
Açık hamam	46	0.17- 0.5
Eski hamam	58	0.5

Bu sahada Ömer-Gecek sahadan farklı olarak sadece sıcaklığı 40-50°C olan sığ zonlar ile, 60-70°C olan geçiş zonundan söz etmek mümkündür. Bu sahada rezervuar olarak mermer kesilmediği için maksimum sıcaklık 70°C'yi geçmemektedir. Bundan dolayı bu sahada daha çok termal turizm ve seracılık yapmak daha uygun olacaktır. Mevcut saha içinde fazla miktarda açılan yaklaşık 35 adet kuyudan yaklaşık 266 lt/sn su çekilmektedir. Kontrolsüz ve birbirine çok yakın olarak açılan bu kuyular kuyu tekniğine uygun açılmadığı için termal akifer de basınç azalmakta ve sıcaklık gittikçe düşmektedir. Ömer-Gecek sahasının aksine bu bölgede termal akışkanın debisi ve sıcaklığı azaldıkça kuyu derinliği artırılmakta ve çoğu kooperatif termal akışkanı alçin çayına deşarj etmektedir. Açılan bütün kuyular sağlık turizmi amaçlı olduğu için üretilen suyun reenjeksiyonu mümkün olmadığı için zaten sığ olan rezervuar hızla tüketilmektedir.

3. Heybeli jeotermal sahası

Heybeli jeotermal sahası Afyonkarahisar ilinin güneydoğusunda yer alan Bolvadin İlçe sınırları içerisinde bulunmaktadır. Heybeli bölgesinde temelde Paleozoyik yaşlı şistler bulunmaktadır. Bu metamorfik temeli killi şist, mikaşist, kalkşist, fillit, kuvarsit, kuvarslı şist ve kuvarsit şistler oluşturur. Şistlerin üzerine geçişli olarak mermer ve kalkşistler yer alır. Bunların üzerine açısal uyumsuzlukla Neojen çökelleri gelir. Gözenekli gölsel kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, tüfit, çakıltaşı, kumtaşı, silt ile temsil edilen Neojen çökellerin maksimum

kalınlığı 300 m. dir. İnceleme alanı Afyonkarahisar ilinin yaklaşık 35 km güneydoğusundadır (Çizelge 4).

Tablo 4. Heybeli-Çay jeotermal alanındaki kaynaklar

Kaynak Adı	**Sıcaklık ^{o}C**	**Debi l/sn**
Heybeli kaynakları	36,5-50	0.1-3,8
Karaburun kaynakları	30	0.5
Çobanhamamı kaynakları	30	0,7
Karaburun	30	0,2

Heybeli jeotermal alanının, çağlar boyunca yoğun bir şekilde kaplıca olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bolvadin belediyesine ait Heybeli Termal Tesisleri'nin ısıtma ve balneolojik kullanım suyu gereksinimini karşılamak amacıyla açılmış olan H-1/A, H-3 ve H-4 kuyuları bulunmaktadır. Sahada Çobanlar Belediyesine ait 4 adet, Bolvadin Belediyesine ait 5 adet olmak üzere toplam 9 adet kuyudan 189 lt/sn akışkan üretilmektedir. Derinlere süzülen meteorojik kökenli sular, ısıtıcı kütle tarafından ısıtıldıktan sonra KB-GD doğrultulu eğim atımlı faylarla yüzeye kadar ulaşmaktadır. Bu fay grubu Heybeli fay grubu olarak isimlendirilmiştir. Afyonkarahisar jeotermal alanları termal sularının jeokimyasal değerlendirmesini yapmış, Heybeli-Karaburun bölgesindeki suların $NaHCO_3$ karakterinde olduğunu belirlemiş, akışkan mineral denge durumlarını incelemiş ve jeotermometre uygulamalarını yaparak rezervuar sıcaklıklarını hesaplamıştır. Çalışma kapsamında Heybeli jeotermal sahasından 2 adet jeotermal su, 1 adet yeraltısuyu örneği alınmıştır. Çalışma alanındaki sulara ait in-situ ve hidrojeokimyasal analiz sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Heybeli jeotermal alanından alınan suların in-situ ve hidrojeokimyasal analiz sonuçları

Parametreler	Ornek adı			Standartlar		
	H-1/A	H4	HSK	DMSHY, 2004	İTASHY, 2005	WHO, 2006
T (°C)	56,0	56,0	11,4	-	-	-
pH	6,53	6,56	6,75	-	6,5-9,5	6,5-8,5
EC (µS/cm)	3490	3440	1330	-	-	-
TDS (mg/l)	**2443**	**2408**	931	-	-	1000
Na^+ (mg/l)	**401,40**	**395,50**	70,89	-	200	200
K^+ (mg/l)	40,96	40,57	1,81	-	-	-
Mg^{++} (mg/l)	61,99	62,68	24,29	-	-	-
Ca^{++} (mg/l)	276,50	284,10	180,80	-	-	-
SiO_2 (mg/l)	37,78	37,50	4,98	-	-	-
Li (mg/l)	1,06	1,03	0,08	-	-	-
Pb (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01
Zn (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-
Cu (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	1	2	2
Al (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	0,2	0,2
Fe (mg/l)	0,92	0,33	<0,01	-	0,2	0,3
Mn (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	0,5	0,05	0,4
Sr (mg/l)	1,18	0,34	0,82	-	-	-
Sb (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	0,005	0,005	0,005
As (mg/l)	**0,80**	**0,88**	<0,01	0,01	0,01	0,01
B (mg/l)	**1,31**	**1,24**	<0,01	-	1	0,5
Ba (mg/l)	0,02	0,02	<0,01	1	-	0,7
Tl (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	-
NO_3^- (mg/l)	<0,10	<0,10	16,61	50	50	50
NO_2^- (mg/l)	<0,10	<0,10	<0,10	0,1	0,5	0,2
NH_4^+ (mg/l)	0,61	0,44	<0,06	-	0,5	1,5
HCO_3^- mg/l)	1464,0	1403,0	671,0	-	-	-
PO_4^{2-} (mg/l)	<0,20	<0,20	<0,20	-	-	-
Cl^- (mg/l)	**122,42**	**121,67**	30,70	-	250	250
SO_4^{2-} (mg/l)	**709,98**	**712,98**	189,45	-	250	250
F^- (mg/l)	2,53	2,67	0,21	5	1,5	1,5
%YD	-4,8	-3,5	-4,9	-	-	-
SI_c (calcite)	0,642	0,666	0,032	-	-	-
SI_d (dolomite)	2,228	2,269	0,425	-	-	-
SI_q (quartz)	0,504	0,501	0,113	-	-	-

4. Sandıklı- Hüdai Jeotermal Saha

Hüdai jeotermal sahası, Sandıklı ilçe sınırı içerisinde Afyon ilinin yaklaşık 40 km güneybatısında yer alır. Bölgede Hamamçay kaynakları olarak çok sayıda sıcak su kaynağı mevcuttur. Ayrıca 10 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Tabanda Koçgazi fillit üyesi çok düşük metamorfizmalı bej, kahvemsi bej renkli ince taneli kumtaşı, siyah ve kahve-mor renkli silttaşı ve bunlarla yer yer arakatkılı metabazik sillerinden oluşur. Alt Kambriyen yaşlı Hüdai formasyonu çoğunlukla kuvarsitlerden meydana gelmekte ve yer yer şistlerle ardalanmalı bulunmaktadır. Jeotermal sistemin örtü kayacını oluşturan Seydişehir formasyonu miltaşı, şeyl ve kuvars kumtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. İstifin alt düzeylerinde ince, alacalı renkli ve yumrulu kireçtaşı bantları izlenmektedir. Afyon Sandıklı Hüdai jeotermal sistemi hem sağlık turizminde hem de konut ısıtması olarak kullanılan bir sistemdir.

Çalışma alanında kaplıca için açılmış 3 adet jeotermal sondaj kuyusu ile Sandıklı'da 5100 konutu ısıtmak için açılmış 6 adet jeotermal sondaj kuyusu bulunmaktadır. Konutlara verilen suyun sıcaklığı 62°C'dir. Jeotermal sistemin rezervuar sıcaklığı ve potansiyeline bağlı olarak yeni açılacak kuyular ile de Sandıklı'da 2500 konutun daha ısıtılması planlanmaktadır. Bu çalışmada Afyon Sandıklı Hüdai jeotermal sisteminin jeotermometre ve karışım modelleri kullanılarak rezervuar sıcaklığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında Sandıklı jeotermal sahasından 4 adet jeotermal akışkandan örnek alınmış ve bu örneklerde in-situ ölçümleri ve hidrojeokimyasal analizler yapılmıştır (Çizelge 6).

Jeotermal akışkan örneklerindeki sıcaklık ölçümleri 69-75°C arasında, EC değerleri ise 1982-2300 µS/cm arasındadır. Jeotermal akışkanların pH değerleri 6,47 ile 7,26 arasında değişmekte olup genel olarak asidik bir karakter sergilerler. AFS-15 nolu jeotermal akışkan örneğinin pH değeri (7,26) diğer jeotermal akışkan örneklerinde göre daha yüksek ölçülmesinin nedeni örnek alımının kuyunun yeni açıldığı zamanda yapılmasından kaynaklanmaktadır. Çalışma alanındaki jeotermal akışkan Na-SO_4-HCO_3 tipli sular fasiyesine girmektedir (Memiş, 2010).

Tablo 6. Sandıklı-Hüdai jeotermal akışkanların in-situ ve hidrojeokimyasal analiz sonuçları (Memiş, 2010)

Örnek no	AFS-9	AFS-11	AFS-12	AFS-15
T (^{o}C)	69,00	73,60	73,50	75,00
pH	6,52	6,48	6,47	7,26
EC (□S/cm)	1982	2300	2250	2020
Na^{+} (mg/l)	205,90	276,00	249,80	245,40
K^{+} (mg/l)	34,89	57,92	46,36	47,97
Mg^{++} (mg/l)	20,56	26,82	26,92	27,45
Ca^{++} (mg/l)	130,30	150,82	155,48	150,10
SiO_2 (mg/l)	64,77	68,62	68,32	76,80
Li (mg/l)	0,19	0,30	0,28	0,30
HCO_3^{-} (mg/l)	561,20	579,50	573,40	481,90
Cl^{-} (mg/l)	101,15	100,88	93,60	109,51
SO_4^{2-} (mg/l)	506,53	533,88	517,88	629,49
F^{-} (mg/l)	3,91	3,77	3,35	4,85

SONUÇLAR

Afyon ili jeotermal suları jeolojik konumlarının benzerliği sebebiyle genelde benzer hidrojeokimyasal fasiyesler ve sıcaklıklar sergilemektedir. Afyon kentinin tamamının ısıtılması için termal akiferin yeterli olup olmadığı konusunda bir bilgi ve çalışma bulunmamaktadır.

Afyonkarahisar bölgesi jeotermal sahalarından Ömer-Gecek sahasındaki jeotermal sular Na-Cl-HCO3 tipli sular, Gazlıgöl sahasındaki jeotermal sular Na-HCO3 tipli sular, Heybeli sahasındaki jeotermal sular Na-Ca-HCO3-SO4 tipli sular, Sandıklı sahasındaki jeotermal sular ise Na-Ca-SO4-HCO3 tipli sular fasiyesine girmektedir. Ömer-Gecek, Heybeli ve Sandıklı jeotermal sahalarında As konsantrasyonları insanların tüketimi için önerilen sınırını aşmaktadır. Afyonkarahisar bölgesi jeotermal sahalarının jeotermometre hesaplamalarına göre en uygun yöntemin kuvars jeotermometre hesaplamaları olduğu söylenebilir. Bu hesaplamalara göre Ömer-Gecek jeotermal suları 130-147 oC, Gazlıgöl jeotermal suları 104-119 oC, Sandıklı jeotermal suları 100-120 oC ve Heybeli jeotermal suları 74-91 oC rezervuar sıcaklıkları vermiştir. Ömer-Gecek sahasındaki jeotermal sular, olgun olmayan sular ile kısmi denge veya olgun sular arasındaki hat üzerindedir. Gazlıgöl, Sandıklı ve Heybeli bölgesindeki jeotermal sular ise denge durumundan oldukça uzak, olgun olmayan sular grubuna girmektedir.

KAYNAKLAR

MARMARA COĞRAFYA DERGİSİ SAYI: 25, OCAK - 2012, S. 108-126, İSTANBUL – ISSN:1303-2429 copyright ©2012

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 8(1): 1-7 (2017), *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 8(1): 1-7 (201*

Selma DEMER, Ümit MEMİŞ, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi, 32200, Isparta (Alınış Tarihi: 17.04.2015 Kabul Tarihi: 03.07.2015)

Ümit MEMİŞ*, Selma DEMER, Nevzat ÖZGÜR, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi/ISPARTA*

Alınış tarihi:29.07.2010, Kabul tarihi:19.10.2010

http://www.marmaracografya.com

http://www.aku.edu.tr

afjet@afjet.com.tr

KARS İLİ İÇME SUYU ARITMA TESİSİ İŞLETİMİ VE İŞLETME PROBLEMLERİ

Hasret ULUÇAY
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
hasretulucay@gmail.com

ÖZET: Su hayatın varlığı ve devamlılığı için vazgeçilmez bir kaynaktır. Öncelikle insanımızın ihtiyacı olan sağlıklı içme ve kullanma suyunun sağlanması gerekmektedir. Uzun yıllar boyunca dikkate alınan temel konu hijyenik olarak elverişli kaynaklar üretmek olmasına rağmen kaynak suları artan endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerle birlikte hızlıca kirlenmeye başlamıştır. Zaman içerisinde toplum taleplerinde daha zorlayıcı sebepler ortaya çıkmış bu kapsamda günümüzde koku, bulanıklık, tat, nitrat, zararlı metal iyonları ve zirai ilaçlar ya da solventler gibi çeşitli organik kimyasallardan arındırılmış suların temin edilmesi beklenir hale gelmiştir. Artan nüfusla birlikte yaşam standartlarının yükselmesi temiz suya olan ihtiyacı arttırmaktadır. Temiz su konusunda sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu sıkıntıları gidermek ve su ihtiyacını karşılamak amacıyla içme suyu arıtma tesisleri zorunlu hale gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: *İçme suyu, Nüfus, Arıtma tesisi, Kirlilik.*

GİRİŞ

Kars'ın içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılayan tesis, Kars Devlet Su İşleri (DSİ) 24. Bölge Müdürlüğü tarafından 1995 yılında yapımına başlanıp, 05.02.2010 tarihinde ihale edilen ve 15.07.2012 yılında işletilmeye açılmıştır. Bu tesis yaklaşık 77 bin kişiye hizmet vermektedir. Açıldığı günden itibaren Kars Belediyesi bünyesinde çalışmakta olup, Arıtma Tesisi tek kademe şeklinde günlük 22 000 m^3 tasfiye kapasitesine sahiptir. Kars İl Merkezine yıllık 8,03 milyon m^3 su verilmesi hedeflenmiştir. Kars İçme Suyu Arıtma Tesisi Selim ilçesine bağlı Bayburt Baraj'ından 28 km isale hattıyla gelen suyla işletilmektedir. Tesis; enerji kırıcı vana odası, debimetre yapısı, giriş yapısı, kaskat havalandırma, M1 karıştırma yapısı, M2 karıştırma yapısı, durultucu yapısı, filtrasyon yapısı, klor temas tankı yapısı ve temiz su deposu yapılarından oluşmuştur. Bu sisiteme ilave olarak kimya binası, klor binası, çamur çökeltme tankı ve belt filtre binası da dahil edilmiştir. Havalandırma Ünitesi: Suyun havalandırılması esnasında serbest karbondioksit ve hidrojen sülfürün ayrılması gerçekleşir. Çözünmüş oksijen miktarı artarak demir ve manganın bertarafı için oksitlenmesi sağlanır. Ayrıca suda bulunabilecek tat ve kokuda iyileşmeler olur. M1 ve M2 Ünitesi: Ham suya koagülant olarak alüminyum sülfat eklenir. Ayrıca sülfürik asit, polielektrolit ve potasyum permanganat M1 karıştırıcısında dozlanır. Karıştırma, sistemde yer alan savak ve dalgıç perdelerin yaratacağı enerji kırılmasıyla sağlanır. M2 karıştırıcısı, M1 karıştırıcısının devamındaki 3 adet batık savaktan oluşmaktadır. Durultucu Ünitesi: Hidrolik karıştırma yapısında dane boyutları büyümüş ve çökebilme yeteneğine sahip flokların çökelmesi için gerekli olan süre sağlanmaktadır. Hızlı Kum Filtre Ünitesi: Durultucu tanklarında çökeltilemeyen ince floklar ve

diğer maddelerin kum tabakasından geçirilerek sudan uzaklaştırılmasını sağlar. Klor Temas Tankı Ünitesi: Arıtılmış suyun kullanıma verilmeden önce, dezenfeksiyonunun yapılması amacıyla filtreden gelen süzülmüş su klor temas tankına gelir. Böylece klor, klor temas tankı içerisindeki bölmeli duvarların da etkisiyle yüksek dereceli bir piston akım içerisinde homojen olarak dağılacak, klorlama etkisinden tam olarak yararlanılır. Bayburt Baraj'ından alınan hamsu aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi İçme Suyu Arıtma Tesisi prosesine göre işletilmektedir.

Şekil 1: Kars ili içme suyu arıtma tesisi prosesi

Kaskat havalandırıcı yapısı

Giriş kanalından kaskat kanalına geçiş, 600 mm çelik boru ile yapılmıştır. Kanalın çıkışında 60 × 60 cm ebatlarında sürgülü kapak bulunmakta ve gerekirse havalandırma yapısı kaskatları by-pass edilmektedir. Havalandırma yapısı 22 000 m^3/gün kapasiteye göre yapılmıştır. Havalandırma çıkışına 50 mm boru ile ön klorlama dozlaması yapılmaktadır. Her biri 50 cm'lik düşü sağlayan 4 kademeli savaktan oluşan kaskat havalandırma ile %60'lık oksijen konsantrasyonu sağlanmaktadır. Havalandırma çıkışında ön klorlamaya maruz kalan su, 600 mm'lik çelik boru ile M1 - M2 karıştırma yapısına girişine iletilmektedir.

Foto 1: Kaskat Havalandırıcı Yapısı

Durultucu havuzları

M1 - M2 yapısı çıkış savağında yükselen su 150 × 35 cm ebatlarındaki kapaktan geçerek durultucu hamsu dağıtım kanalına girmektedir. Hamsu dağıtım kanalından geçen su 2 durultucu yapısına toplam 16 adet 250 mm PVC ani giriş borularından hamsu dağıtım kanaletlerine (2 durultucu için toplam 16 adet) ulaşır. Hamsu trientler (toplam 64 adet iniş ve dağıtım boruları DN 110/2,90 mm ve çıkış boruları DN 50/2,00 mm) vasıtasıyla durultucu tabanına hızlı bir geçiş yapar ve havuz alanında düzgün bir yayılma sağlanmış olur. Yayılıp yükselen su, M1

yapısında dozlanmış kimyasallar sayesinde blanket (çamur battaniyesi) oluşturarak topaklaşmaya başlar. Çamur blanketinden ayrılan durulmuş su, toplam kanaletlerine yükselerek ulaşır ve kanalet deliklerinden (1 kanalette 15 delik + 3 köpük alma deliği) geçerek durulmuş su toplama kanalına (2 durultucu için 2 durulmuş su toplama kanalı)geçiş yapar. Buradan toplanan durulmuş sular hat boyunca ilerler ve 2 adet 80 × 80 cm'lik kapaklardan geçerek filtre yapısına ulaşmaktadır.

Foto 2: Durultucu Ünitesi

Hızlı kum filtre havuzları

Filtre binalarında 6 adet aşağı akışlı yer çekimli tipte filtre teçhiz edilmiştir. Bu sistemde seçilen filtreler yüksek verimli, açık tip, kumla filtrelenme sistemidir. Filte yatağını teşkil eden kum ve çakıl, betonarme plaklar üzerine yapılmıştır. Betonarme plaklar nozullar ile dağıtılmıştır. Nozullar filtrasyon sırasında filtre yatağındaki suyu alt bölmeye aktarır, geri yıkama süresince ise basınçlı hava ve yıkama suyunun filtre yatağına düzgün dağılmasını sağlar. Durultucudan gelen su, filtre havuzlarında süzülerek, alt bölmeye geçer ve filtre çıkışlarında tek hat halinde toplanan filtrelenmiş su DN 600 mm kolektör ile geri yıkama haznesine iletilir.

Foto 3: Filtre Havuzları

Geri yıkama suyu tankı

Geri yıkama suyu tankı filtre çıkışında suyun toplandığı ve klor temas tankına gönderildiği hazneden alınmaktadır. Filtre çıkışlarından tek hat halinde toplanan filtrelenmiş su DN 60 mm kolektör ile geri yıkama haznesinde su seviyesinin kontrol edilmesi için 1 adet seviye ölçüm sensörleri bulunmaktadır. Bir geri yıkama devresi için gerekli su hacmi 400m^3'tür ve filtreleri yıkamak için su dalgıç pompalar tarafından pompalanır. Dalgıç pompaların debisi 390m^3 /saattir. Geri yıkama suyu tankındaki suyun bir bölümü klorlama tesisine, servis suyuna ve yangın hidrantlarına pompalanır.

Klor temas tankı

Arıtılmış suyun kullanıma verilmeden önce, dezenfeksiyonun yapılması için klor temas tankına 2 adet 60 × 60 cm boyutlarındaki açıklıktan geçerek ulaşmaktadır. Klor temas tankına by-pass hattı da bağlanmaktadır. Son klorlama ve kireç (gerekli durumda), klor temas tankının girişinde yapılmaktadır. Böylece klor, klor temas tankı içerisindeki bölmeli duvarların da etkisiyle yüksek dereceli bir piston akım içerisinde homojen olarak dağılacak ve klorlama etkisinden tam olarak yararlanılacaktır. Dozlama sistemi vakum prensibine göre inşa edilmiştir. Su 30 dk olarak belirlenmiş bekletme süresinin ardından temiz su tutma tankına savaklanır. Klor temas tankı Q = 0,225m^3/s'lik bir debiye 30 dk bekleme süresini sağlamak üzere projelendirilmiştir.

Foto 4: Klor Temas Tankı

Temiz su

Temiz su tankı 1 saatlik depolama süresine göre boyutlandırılmıştır. Tasarımda 1 tank, 2 göz ve herbir gözde akış için 1 adet yönlendirme perdesi konulmuştur. Temiz su tankı çıkışına elektromanyetik debimetre konulmuştur. Arıtılmış su elektromanyetik debimetreden DN 600 mm'lik hat ile arıtılmış su mevcut depoya verilmektedir. Su yüksekliği 3,50 m'dir.

Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmalar sonucunda, Tablo 1'de görüldüğü gibi Kars ili içme suyu arıtma tesisi çıkış suyu parametreleri **"*İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği'ne*"** uygun değerlerdedir. Tesiste karşılaşılan en önemli sorun durultucunun eski sisteme (battaniye sistemi) göre yapılmasından kaynaklı doz ayarlamalarında çok etkilenmesi ve hemen sonuç vermemesi. Ayrıca durultucunun dibine eğim verilmediği için dipteki çamur alınamamaktadır. Buda bakterilerin dipte fazla olmasına neden olmaktadır. Ancak yıllık temizliklerde bu sorun giderilmektedir. Çözüm; durultucunun lamelli olması buda şimdi mümkün değildir ileriki zamanlarda düşünülmektedir. Öneri ise; durultucunun dibine eğim verilerek, belirli aralıklarla dipteki çamur temizlenmeli.

Tablo1: Kars ili içme suyu arıtma tesisi Ekim 2016 içme suyu analiz sonuçları

Parametreler	**Arıtılmış Su**	**İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği İzin verilen En Yüksek Değer**
Alüminyum	0,041 (µg/L)	200 (µg/L)
Nitrat	11,3 (mg/L)	50 (mg/L)
Nitrit	0,007 (mg/L)	0,50 (mg/L)
Amonyum	0,05 (mg/L)	0,50 (mg/L)
Sülfat	65 (mg/L)	250 (mg/L)
Demir	0,005 (µg/l)	200 (µg/L)
Mangan	0,010 (mg/L)	50 (mg/L)
Florur	0,075 (mg/L)	1,5 (mg/L)
Bakır	0,020 (mg/L)	2 (mg/L)
Siyanür	0,005 (µg/L)	50 (µg/L)
Krom	0,010 (µg/L)	50 (µg/L)
Kadminyum	0,614 (µg/L)	5 (µg/L)
Nikel	3,690 (µg/L)	20 (µg/L)
Kurşun	5,0 (µg/L)	10 (µg/L)
İletkenlik	551 ($\mu S/cm^{-1}$)	2500 ($\mu S/cm^{-1}$)
Sertlik	31,98 (mg $CaCO_3$/L)	
Ph	8,13	6,5-9,5
Bulanıklık (NTU)	0,71 NTU	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok
Arsenik	2,21 (µg/l)	10 (µg/L)

Kaynaklar

URL-1 < www.dsi.gov.tr/docs/laboratuvar/24.pdf?sfvrsn=6>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1 < bolge24.dsi.gov.tr/>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1 < www.kars.bel.tr/icerik-detay/iletisim/197>, alındığı tarih: 28.04.2017.

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Havva ALGIN
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
havva_algin_20@hotmail.com

ÖZET: Sanayileşme ile birlikte bilim ve teknolojinin hızla gelişmesi ve yeni enerji kaynaklarının üretimde kullanılması üretim süreçlerini daha karmaşık hale getirmiştir. Sanayileşmenin getirdiği otomasyon, kitlesel üretim, yığınlar halinde çalışma vb. gelişmeler çalışma hayatının asıl özneleri olan çalışanları, işletmeleri, yakın ve uzak çevreyi çeşitli açılardan etkilemiştir. Çalışma hayatı, iş sağlığı ve güvenliğini etkileyen pek çok riski içinde barındırır. Meslek hastalıkları ve iş kazaları bu riskler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Çalışma koşullarından kaynaklanan olumsuzluklar ya da kişisel nedenli yapılan hatalar sonucunda oluşan iş kazaları ve meslek hastalıkları iş sağlığı ve iş güvenliği kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Çalışma ortamlarının sağlığa uygun olmayışı, çalışanların yeterli eğitimden uzak olması ve ergonomik olumsuzlukların yanında çalışanların bilinçsizliği ya da kişilik yapılarından kaynaklanan sorunlar iş sağlığı ve güvenliğini tehdit etmektedir. Öte yandan, çalışanlardan kaynaklanan hatalar ya da çalışma koşullarından kaynaklanan hatalar önlenebilir hatalardır. Bu sebeple çalışma hayatındaki iş kazalarının ve meslek hastalıklarının meydana gelmeden önlenmesi için risk faktörlerinin neler olduğunun ortaya konulması gerekmektedi

Anahtar sözcükler: *Tekstil, İş Sağlığı ve İş Güvenliği, İş Kazaları, Meslek Hastalıkları, Risk Analizi ve Değerlendirmesi, Hazır Giyim.*

İSG TANIMI VE ÖNEMİ

Centel (2000)'e göre; iş sağlığı kavram olarak, çalışan bir kişinin çalışma şartları ile kullanılan araç ve gereçlerden doğabilecek tehlikelerden arındırılmış veya bu tehlikelerin en aza indirildiği bir iş çevresinde huzurlu biçimde yaşayabilmesini anlatır. İş güvenliği de; kavram olarak, çalışanların işte karşılaştıkları tehlikelerin, ortadan kaldırılması veya azaltılması için getirilmiş yükümlere ait teknik kuralların bütünüdür.İşyerlerinde işin yürütülmesi nedeniyle oluşan tehlikelerden ve sağlığa zarar verebilecek koşullardan korunmak için yapılan metotlu çalışmalara ise iş güvenliği denir. İş güvenliği çalışanların yanı sıra, işletme güvenliği ve üretim güvenliğini de sağlar. İş güvenliği tedbirleri olay olmadan kazaların önlenmesini sağlar. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin en temel amacı çalışanların korunmasıdır. Çalışanları işyerinin olumsuz etkilerinden korumak, rahat ve güvenli bir ortamda çalışmalarını sağlamak, başka bir ifadeyle çalışanları iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı koruyarak ruh ve beden bütünlüklerinin sağlanması iş güvenliğinin en başta gelen amacıdır.

TEKSTİL FAKTÖRÜ

Tekstil, hayvansal veya bitkisel lifli kullanım ürünleridir. Giyilebilen her şey ve bazı dekorasyon ürünlerini de içine alan bir imalat sektörüdür. Kullanılıcak materyalin elde edilmesinden kullanıma hazır hale gelene kadar geçirdiği sürecin tamamı tekstil işkolunun çalışma alanlarına dahildir.

Tekstil, ilk gününden bu yana çok büyük değişimler göstermiştir. M.Ö. 34000 yılında bugünün Gürcistan topraklarında mağarada yaşayan insanlar, keten liflerini örerek kendilerine giyecek üretiyorlardı. Bugün ise kullanılan teknoloji ve işgücü sayesinde yüksek üretim hızında, bir çok farklı yöntemle çok çeşitli giysiler ve ev dekorasyon malzemeleri üretilmektedir.

Tekstil sektörü, dış ticarette ülke ekonomisine en çok katkıyı sağlayan üretim sektörlerinden biridir. Türkiye'de tekstil ürünlerinin üretimi gelişen teknolojiye rağmen hala insan işgücü odaklıdır. Bu da tekstil sektörünün İş Sağlığı Güvenliği açısından son derece ciddiye alınması gereken bir işkolu olmasını gerektirir.

Kullanılan ana hammadde (pamuk, yün vb.) ve uygulama yöntemleri farklı olsa da tekstil ürünlerinin üretimi şu şekilde aşamalara bölünebilir.

İplik Üretimi, Kumaş Üretimi, Terbiye, Hazır Giysi Üretimi (Konfeksiyon)

TEKSTİL İŞKOLUNDA TEHLİKELER, HASTALIKLAR ve KAZALAR

1. Hastalıklar

1.1. Kimyasal Tehlikelerden Kaynaklanan Hastalıklar

Tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılan çok çeşitli kimyasal maddeler vardır. Bunlar boyalarda, yapıştırıcılarda, kumaşların işlenmesinde kullanılan ve insan sağlığına zararlı olabilen tehlikeli maddelerdir. Bunlardan azo boyarmaddeler, kanserojen* boyarmaddeler, fitalatlar ve perflorlu bileşikler kanserojen maddelerdir. Kanserojen boyarmaddeler deriye temas ettiklerinde kolayca emilirler. Tekstil sektöründe çalışanlarda sık görülen kanser* türlerinden biri mesane kanseridir.

Tekstil ürünlerinin üretimi sırasında ortaya çıkan toz, ısınan plastiğin buharı, formaldehit ve benzeri kimyasal maddelerin uzun süreler solunması sonucu, çalışanlarda astım* hastalığının görülme riski artar.

Su geçirmez kıyafetlerin üretiminde kıyafetler su geçirmez maddelerle kaplanırlar. Bu işlem sırasında çeşitli solventlerle seyreltilmiş erimiş plastik kullanılır. Solventlerin içeriğinde insan sağlığına zararlı olan hatta insanda kansere neden olduğu bilinen dimetilformamid maddesi bulunabilir.

1.2. Fiziksel Tehlikelerden Kaynaklanan Hastalıklar

Tekstil sektöre insan gücüne dayalı bir sektör olduğundan çalışma ortamları oldukça kalabalık ve sıkışıktır. Bu koşullarda çalışanların vücut yapılarına uygun çalışma ortamlarının düzenlenmesi zorlaşır. Dikiş makinelerinde çalışanların etraflarında bulunması gereken iş parçalarına uzanırken vücutlarının düzgün duruşunun bozulması, ayakta çalışan kesim ve ütüleme işlerini yapan çalışanların uzun süre ayakta durması ve boylarına uygun olmayan yükseklikteki tezgahlarda çalışması, kullanılan el aletlerinin el ve bileğin normal duruşunu bozacak şekilde kullanılmak durumunda olması, taşıma işlerini yapan çalışanların eğilip kalkması gibi çoğaltılabilecek bir çok çalışma ortamı örneğinde; çalışanlarda kas ve iskelet sistemi hastalıklarının görülme riski vardır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, dikiş makinesi kullanan çalışanların yüksek seviyelerdeElektromanyetik Alana sunuk (maruz) kaldıklarından dolayı Alzheimer* hastalığına yakalandıkları görüşü ortaya atılmaktadır.

2. Kazalar

Tekstil sektörünün tüm aşamalarında bir çok makine kullanılır. Bu makinelerin kullanımı sırasında gerekli önlemler alınmadığı takdirde ciddi iş kazaları yaşanabilir. Özellikle makinelerin hareketli kısımlarına parmak, el ve kolların sıkışması ezilmelere kopmalara, kırılmalara ve amputasyona* neden olabilecek sonuçlar doğurabilir. Örneğin, Harman Hallaç makinelerinde bulunan döner silindirlere işçinin elini veya kolunu kaptırması kötü sonuçlar verebilecek iş kazalarındandır.

Ütüleme işlerinin yapıldığı pres makinelerinde çalışan işçilerin vücutlarının ütü veya presin sıcak kısımlarına temas etmesi veya sıkışması çalışanın vücudunda ciddi yanıklara* neden olabilir.

Kullanılan makineler ve el aletlerinin kullanımı sırasında küçük kazalar olabileceği gibi çok ciddi kazalar da yaşanabilir. Tekstil sektöründe kullanılan dikiş makinelerinin iğneleri çalışanların eline batabileceği gibi kırılarak fırlayıp gözlerine de batabilir. Kullanılan makas, bıçak gibi kesici aletler de benzer yaralanmalara neden olabilirler. Ayrıca, kalabalık ve yakın çalışmadan dolayı işçiler başkasının kullandığı aletlerden dolayı da yaralanabilirler.

Taşıma işlemlerinin yapıldığı araçların kullanımı sırasında veya elle taşıma işleri sırasında taşınılan yüklerin düşmesi veya kaldırma araçlarının çarpması sonucu kazalar da

görülebilir. İşyerlerinde çalışan sayısının çok fazla olması ve yerleşim planlarının genellikle sıkışık olması nedeniyle böyle kazaların yaşanması tekstil sektöründe çok olasıdır.

TEKSTİL İŞKOLU İÇİN SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Tekstil sektöründe kullanılan yapıştırıcılar, boyalar, kumaş işlemede kullanılan solventler gibi çok çeşitli kimyasal maddeler kullanılır. İplik, dokuma- örme işletmelerinde tehlikeli kimyasal kullanımı nadirken terbiye ve konveksiyon işletmelerinde çok çeşitli ve tehlikeli kimyasallar kullanılır. Kullanılan kimyasalların bazılarının insan sağlığına etkileri biliniyorken, bazılarınınki sadece tahmin edilmektedir. Bunu önlemek için kullanılan tehlikeli kimyasal maddeler yerine insan sağlığına zarar vermeyenler kullanılmalıdır.Çalışanların vücut duruşları, çalışılan tezgah veya makinenin yüksekliği, kullanılacak malzemeye erişim, kullanılan el aletleri gibi bir çok konuda geliştirici çalışmalar yapılmalı ve çalışma ortamı ergonomik hale getirilmelidir. Oturarak yapılan çalışmalarda, omurganın 'S' duruşu korunacak şekilde oturulmalı, kollar ve bilekler zorlanacak şekilde bükülmemelidir. Çalışma sırasında omurgayı bükerek yapılacak hareketlerden kaçınılmalıdır. Kullanılan malzemeler sırt duruşu bozulmadan ulaşılabilir alanda bulunmalıdır. Kullanılan el aletlerinin el ve bileği zorlamayacak şekilde seçilmesi gerekir. Aletler mümkün olduğunca hafif olmalıdır.

Tekstil sektöründe gürültü, aynı toz gibi, iplik, dokuma, örme işlerinde daha çok ortaya çıkar. Yine de ileri aşamalarda da gürültüye sunuk kalınarak yapılan çeşitli çalışmalar bulunur. Gürültülü makinelerin kullanıldığı alanlarda çalışan işçilerin çalışma planları yapılırken, sürekli gürültülü ortamlarda bulunmamasına dikkat edilmelidir. Tekstil işlerinin özellikle konveksiyon alanında yapılan işleri hassas işler olduğundan çalışanların gözlerinin yorulmaması için ortamın çok iyi aydınlatılmış olması gerekir. Genel aydınlatmanın yapılan iş için yeterli olmadığı durumlarda, çalışana veya makineye özel aydınlatma da kullanılmalıdır. Örneğin dikiş makinelerinin iğne bölümlerinin aydınlatılması için bir bölgesel ışık kullanılabilir.

TEKSTİL İŞKOLUNDAKİ FARKLI ÇALIŞMA ALANLARI

1. Pamuk İpliği Üretim
2. Yün Üretimi
3. İpek Üretimi
4. Viskoz Üretimi
5. Sentetik Elyaf Üretimi
6. Dokumasız Kumaş Üretimi
7. Dokuma ve Örme
8. Halı ve Kilim Dokuma
9. El Dokuması

MESLEK HASTALIKLAR

- Akciğer kanseri, yapısal olarak normal akciğer dokusundan olan hücrelerin gereksinim ve kontrol dışı çoğalarak akciğer içinde bir kitle (tümör) oluşturmasıdır.
- Alzheimer hastalığında henüz bilinmeyen nedenlerle beynin belli bölgelerinde proteinler birikerek sinir hücrelerini hasara uğratmakta; birbirleri ile olan bağlantılarını koparmakta ve sinir uyarılarını taşıyan bazı kimyasal maddelerin miktarını azaltmaktadır. Kısacası, beynin iletişim ağı ciddi anlamda bozulmaktadır. Bunun sonucunda da bilgiler ve zihinsel beceriler birer birer yitirilmektedir.
- Astım, solunum yollarının ataklar halinde gelen tıkanmaları ile kendini gösteren kronik bir hastalığıdır
- Bisinoz, genellikle pamuk tozlarını soluyan işçilerde görülen meslek hastalığıdır.
- Kanserojen madde; solunduğunda, ağız yoluyla alındığında, deriye nüfuz ettiğinde kanser oluşumuna neden olan veya kanser oluşumunu hızlandıran maddelerdir.
- Yanık, ısı, ışın, elektrik veya kimyasal maddelere sunuk kalma sonucunda deri ve derialtı dokularda meydana gelen yaralanmadır.

RİSK ANALİZİ

	SONUÇLAR				
OLASILIK	ÇOK CİDDİ 5	CİDDİ 4	ORTA 3	HAFİF 2	ÇOK HAFİF 1
ÇOK YÜKSEK 5	YÜKSEK 25	YÜKSEK 20	YÜKSEK 15	ORTA 10	DÜŞÜK 5
YÜKSEK 4	YÜKSEK 20	YÜKSEK 16	ORTA 12	ORTA 8	DÜŞÜK 4
ORTA 3	ORTA 15	ORTA 12	ORTA 9	DÜŞÜK 6	DÜŞÜK 3
AZ	ORTA	ORTA	DÜŞÜK	DÜŞÜK	DÜŞÜK
ÇOK AZ 1	DÜŞÜK 5	DÜŞÜK 4	DÜŞÜK 3	DÜŞÜK 2	DÜŞÜK 1

Şekil-2:Risk Değerlendirme Matrisinin Oluşumu

Şekil-2:Risk Değerlendirme Aşamaları

Şekil - 3: Risk Yönetim Süreci

Amaçlar	Olası Çıktı Örnekleri
Nitel Analiz	Bir sistemi veya süreci etkileyen potansiyel olumsuzlukların listelenmesi
Nicel Analiz	İstenmeyen olayların meydana gelme sıklığının tahminine ilişkin sayısal veriler
Hem Nitel Hem Nicel Analiz	Dalları, kökü ve yaprıklarının her birinde ayrı bir olasılığı tanımlayan ağaca benzeyen bir grafik gösterim

Şekil-4:Nicel-Nitel Analiz

Sıra No	Tehlike Kaynağı	Risk
1	Hızarda eldivensiz kesim yapılması	El ve parmak kopması
2	Yerde, kırık fiş veya priz olması	Elektrik çarpması Kısa devre,Yangın
3	Seyyar kabloların yerde ve kontrolsüz bulunması	Kaçak akım Takılıp düşme
4	Yemekhane kısmının temiz olmaması	Enfeksiyon

Şekil-5:Risk Ve Tehlike Farkı

Sonuç	Eylem
Katlanılamaz Riskler 25)	Belirlenen risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir iş faaliyeti mevcutsa derhal durdurulmalıdır. Gerçekleştirilen faaliyetlere rağmen riski düşürmek mümkün olmuyorsa, faaliyet engellenmelidir.
Önemli Riskler (15, 16, 20)	Belirlenen risk azaltılıncaya kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir iş faaliyeti mevcutsa derhal durdurulmalıdır. Risk işin devam etmesi ile ilgili ise acil önlem alınmalı ve bu önlemler sonucunda faaliyetlerin devamına karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler (8, 9, 10, 12)	Belirlenen riskleri düşürmek için faaliyetler başlatılmalıdır. Risk azaltma önlemleri zaman alabilir.
Katlanılabilir Riskler (2, 3, 4, 5, 6)	Belirlenen riskleri düşürmek için ilave kontrol proseslerine ihtiyaç olmayabilir. Ancak mevcut kontroller sürdürülmeli ve bu kontrollerin sürdürüldüğü denetlenmelidir.
Önemsiz (1)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol prosesleri planlamaya ve gerçekleştirilecek faaliyetlerin kayıtlarını saklamaya gerek olmayabilir.

Şekil-6:Sonuçların Değerlendirilmesi

KAYNAKLAR

1.Herbert, R, Plattus, B. 87. Clothing and Finished Textile Products. Encyclopedia of Occupational Health and Safety, Jeanne Mager Stellman, Editor. Uluslararası Çalışma Örgütü, Cenevre. © 2011. http://www.ilo.org/iloenc/part-xiv/clothing-and-finished-textile-products

2. Uğurlu, F. Tekstil Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı. 2011

3. Sözer, N. Tekstil Ürünlerinde Kimyasal Gereklilikler ve Riskler. Tekstil ve Mühendis. Sayı: 68. 2007.

4.www.isguvenligi.net

5. Tekstil sektörü iş sağlığı ve güvenliği. İSG Dergisi
6. ÇSGB;TEKSTİL SEKTÖRÜNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ İş Müfettişi Yardımcılığı Etüdü Fatih UĞURLU
7.Hazır giyim üretiminde meslek hastalıkları, yorgunluk ve iş kazaları risk faktörlerinin değerlendirilmesi: Örnek Bir Uygulama Ayçin TAŞOLUK YÜKSEK LİSANS TEZİ

KATI ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMESİ (MARDİN İLİ İÇİN KATI ATIK GERİ KAZANIMI)

İbrahim Ozan KARAKOÇ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
poet_165@hotmail.com

ÖZET: Katı atıklar günümüzün en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Katı atıklar her türlü insan faaliyetleri sonucunda oluşan, evsel, ticari, endüstriyel kaynaklı olabilen, üreticisi tarafından kullanılmayan, istenmeyen tüm katı maddelerdir. Atıklar insan sağlığını, hayvan ve bitki yaşamını tehlikeye sokmamak, hava, su, toprağı kirletmemek, hammadde ve enerji potansiyelinden verimli bir şekilde yararlanmak amacıyla çeşitli işlemlere tabi tutulmaktadır. Bu çalışmada Mardin ili ele alınarak katı atıkların geri kazanılmasına ilişkin yapılabilinecekler ve bilgilendirmeler incelenmiştir. Katı atık yönetimi konularının genellikle fen bilimleri tarafından ele alındığı ve çözüm önerisi olarak çoğunlukla bertaraf teknikleri üzerine durulduğu görülmektedir. Katı atık sorununun hem çevre hem de bir yönetim sorunu olarak sosyal bilimler çatısı altında ele alındığı çalışma sayısının az olduğu dikkat çekmektedir. Sosyal bilimler çatısı altında yapılacak her türlü çalışma, katı atık yönetiminden sorumlu olan yerel yönetimlerin uygulayacağı politikaları etkileyerek sorunun çözümünde anahtar rol oynayacaktır. Bu neden ile Mardin ili içinde uygun politika ile katı atık sorunlarını azaltmak mümkündür.

Anahtar kelimeler: *Katı atık, geri dönüşüm, çevre politikası, geri kazanım.*

1.GİRİŞ

Katı atıklar, insan aktivitelerinden ileri gelen ve normalde katı halde bulunan, kullanılamaz hale gelmiş veya istenmeyen maddelerin tümünü kapsar. Geri dönüşüm ve tekrar kullanımın ötesinde, atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşenlerin fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesine "geri kazanım" denilmektedir. Geri kazanımla, doğal kaynaklarımız korunur, enerji tasarrufu sağlanır, ekonomiye katkı sağlanır, Çöplüğe giden atık miktarı azalır ve geleceğe yatırım yapılır. Türkiye'de atıkların geri kazanımı konusunda uzun yıllardır süre gelen çalışmalar vardır. Cam, kâğıt, karton, plastik ve metal gibi atıklar özellikle çöp dökme sahalarından ve sokak toplayıcıları kanalıyla sokaklardan toplanmakta ve ham madde kaynağı olarak çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. Kullanılmış ambalajların ve diğer değerlendirilebilir atıkların genel çöpten ayrı ve temiz olarak toplanması yöntemi geri kazanım sürecinin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Ayrı toplanan geri kazanılabilir atıkların geri dönüşüm işlemine tabi tutulabilmesi için cinslerine göre de ayrılmaları gerekmektedir. (*URL-1*)

2. KATI ATIKLAR

Kullanılma süresi dolan ve yaşadığımız ortamdan uzaklaştırılması gereken her türlü katı malzemeye katı atık denir. Katı atıklar evde, okulda, hastanede, endüstride, bahçelerde ve daha birçok yerde oluşabilir. Katı atıklar oluştukları yerlere göre adlandırılırlar.

Katı Atıkları Kaynaklarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

- Evsel Katı Atıklar
- Endüstriyel Nitelikli Katı Atıklar
- Tehlikeli Atıklar
- Evsel Nitelikli Endüstriyel Atıklar
- Tıbbi Atıklar
- Özel Nitelikli Katı Atıklar*(Kolukısa, Z.Ü., 2013)*

2.1. Katı Atık Bileşenleri

Ülkemizde çöp bileşenleri; %68 organik atık, %13 değerlendirilebilir katı atık, %19 diğer atıklardır.

Katı atık miktarı ve bileşimi, mevsimlere, bölgelerin coğrafik ve yaşayanların ekonomik ve kültürel seviyelerine göre değişmektedir.

2.2. Katı Atıkların Düzensiz Depolanmasının Sakıncaları

- Yer altı, içme ve kullanma sularının kirliliği,
- Depo gazının meydana getirdiği hayati tehlike ve kirlilikler,
- Görüntü kirliliği,
- Hava kirliliği,
- Taşıyıcı haşere üreme riski,
- İnsan sağlığı üzerinde kısa ve uzun vadedeki olumsuz etkisi,
- Heyelan riski, gibi olumsuzluklara neden olmaktadır.*(Mardin İli 2014 Çevre Durum Raporu, 2014)*

3.KATI ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ

3.1.Yakma

Bir reaktör hücresinde atıkların oksijen ilavesiyle kurutulması, gaz haline getirilmesi ve yüksek sıcaklıkta parçalanmanın sağlanması tekniğidir.

3.2.Düzenli Depolama

Katı atıkların zemini özel olarak hazırlanmış, drenajı sağlanmış ve oluşacak gazların toplanması için gaz toplama bacaları yerleştirilmiş alana depolanması ve üzerinin toprak örtü ile kapatılması. Bir düzenli depolama tesisinde; Tartı,Geçirimsiz Hücre,Drenaj Sistemi,Gaz Kontrol,Kompaktör ve Buldozer,Gaz Kontrol,Günlük Örtü tabakaları bulunur.

3.3.Geri Kazanım

İçerisinde geri kazanılarak tekrar ürün yapmaya uygun atıkların (kağıt-karton, plastik, cam v.b) ayrılarak tekrar geri kazanılması.

Resim 3: Geri Dönüşüm Atölyesi

3.4. Kompost

Organik esaslı katı atıkların aerobik (oksijenli) veya anaerobik (oksijensiz) ortamda ayrıştırılması suretiyle üretilen toprak iyileştirici maddedir.

3.4.1.Hangi Atıklar Kompostlaştırılır

- Kaynağında ayrılmış organik atıklar,
- Park ve Bahçe atıkları,
- Tarım ve Gıda sektörlerinden kaynaklanan atıklar,
- Hayvan dışkıları,
- Otel ve restoran mutfaklarından kaynaklanan atıklar,
- Pazarlardan gelen atıklar kompost işleminde kullanılmaktadır *(Beyhan, M., 1997)*.

4. GERİ KAZANIMIN ÖN KOŞULLARI

4.1.Toplama

Atıkların geri kazanım süreci, ürünlerin tüketildiği anda başlar. Toplam katı atık içindeki değerlendirilebilir bileşenler, hangi amaç ve yöntemle geri kazanılacak olursa olsun, atıkların düzenli ve ekonomik bir biçimde, belli bir yerde toplanması gerekir. Bu da çok iyi ve detaylı bir planlamayı gerektirmektedir. Geri kazanılabilir atıkların toplanmasında aşağıdaki iki temel yöntem tüketiciye alternatif olarak sunulabilir.

4.2. Ayırma

Geri kazanım amacıyla toplanan malzemelerin bu amaca hizmet edebilmeleri için, seçilen değerlendirme yönteminin gerektirdiği şekil ve titizlikte ayrılmaları şarttır. Ayrıca, toplanan malzemenin içine karışmış durumda olan istenmeyen maddeler de bu aşamalarda elimine edilir. Ayırma, toplamanın hangi aşamasında yapıldığına bağlı olarak, aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

4.2.1.Kaynakta Ayırma:

Merkezi teknolojik ayırma tesislerinin tam başarılı olmaması, maliyetlerin yüksek olması ve geri kazanılan maddelerin kalitelerinin düşük olması sebebi ile dünyada evsel katı atıkların kaynakta ayrı ayrı toplanması yoluna gidilmektedir. Böylece, hem çevre kirliliği doğuran atıklar sağlıklı bir şekilde geri kazanılmakta ve hem de hammadde rezervleri daha tasarruflu kullanılmış olmaktadır. Endüstrileşmiş ülkeler bu konuda çeşitli kanun ve yönetmelikler çıkararak, mümkün mertebe az çöp atma veya atılan çöpleri ayrı kaplarda toplamayı cazip hale getirmişlerdir veya mecburi kılmışlardır. Bu yöntem daha çok, A.B.D. ve Almanya gibi katılımın ve eğitimin yüksek, tüketicinin nispeten kolay motive edildiği ve tek katlı yapılaşmanın yaygın olduğu gelişmiş yerlerde denenmektedir. Ayrıca çoklu toplama (multi-collection) kumbaraları da, "getirtme" temelinde olmasına rağmen, bu kapsamda sayılabilir.

Toplama Sırasında Ayırma: Evlerden gelen çöpten ayrı olarak özel bir kapta toplanan birden fazla çeşit malzeme, toplama araçlarının özel bölmelerine boşaltılırken, işçiler tarafından ayrılabilir. Toplama hızını düşüren bu yöntem, araçların özel olarak bu işe uygun dizayn edilmiş olmalarını da gerektirmektedir. Satın alma merkezlerinde yapılan sınıflandırma da bu başlık

altına sokulabilir. Bu ayırma yönteminin bir avantajı, sınıflandırılmış olan malzemenin sıkıştırılması suretiyle taşıma giderlerinin minimize edilebilmesidir *(Vizyon ve Öngörü Raporu, 2003).*

4.2.2.Merkezde Ayırma:

Bu ayırma yöntemi birlikte toplanan geri kazanılabilecek malzemelerin getirildikleri merkezde ayrılmasıdır. Kontrollü olması açısından güvenilir ve tercih edilen bir seçenektir. Bu ayırma el ile yapılabildiği gibi, miktarının büyüklüğü ve işçi ücretlerinin yüksekliği ile orantılı olarak, mekanize ve hatta kompüterize bile olabilir. Geri kazanılabilecek malzemelerin depolama alanlarının veya genel çöp değerlendirme tesislerinin girişinde ya da içinde, genel çöpten ayıklanıp sınıflandırılmaları da bu gruba girmektedir. Özellikle el ile yapılan ayırmalarda mamullerin üretim aşamasında renk ve sayılarla kodlanmasının işlemin doğruluk hızını artırdığı saptanmıştır.

Ayırmanın teknolojisi de ülkenin ve bölgenin gelişmişlik düzeyi, geri kazanım toplama kapasitesi, altyapısı ve oturmuşluğu gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Dünyada çeşitli türden geri kazanım malzemeleri için elle yapılan ayırmanın yanı sıra uygulanmakta olan, ya da tasarlanan teknolojilerin bazıları aşağıda sınıflandırılmıştır.

- Hava üflemeli,
- Yüzdürmeli,
- Optik okuyuculu,
- Kimyasal reaksiyonlarla sınıflandırmalı,
- Elektromanyetik cihazla ayırmalı.

Evsel katı atıklar içinde bulunan maddelerin geri kazanılması, büyük maliyetlerle kurulan teknolojik ekipmanlarla donatılmış tesislerde pek başarılı olmamaktadır. Bu tesislerde hem maddeler tamamen geri alınamamakta ve hem de elde edilen materyalin kalitesi düşük olmaktadır. Ayrılan materyallerin temizlenmesi için yapılan yıkamalarla, ayrıca büyük bir su kirliliği potansiyeli de doğmaktadır. Aynı zamanda bu tesislerde çalışanların çalışma ortamındaki hastalık yapıcı unsurlarla karşı karşıya gelmeleri de söz konusudur*(Vizyon ve Öngörü Raporu, 2003).*

5. MARDİN İLİNİN GENEL KATI ATIK DURUMU

Mardin ilinde 1 Katı Atık Depolama Tesisi mevcuttur. 2013 yılı itibariyle faaliyete geçen Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi, Çevresel Etki Değerlendirme(ÇED) yönetmenliğine uygun olarak 10 belediyeye hizmet vermektedir.(*URL-3*) Fakat tüm belediyeler atıklarını düzenli depolama alanına götürmediklerinden hizmet verilen oran tüm nüfusun %51 i kadardır. İlimizde hali hazırda atık su arıtma tesisi ile hizmet veren belediye bulunmamaktadır. Ancak inşaat aşamasında ya da proje aşamasında olan tesisler mevcuttur. Bu tesiste yeraltı ve yüzeysel sularının kirlenmemesi için gerekli sızdırmazlık tabakaları tekniğine uygun yapılarak drene edilen sızıntı suları, hâlihazırdaki sızıntı suyu toplama havuzlarında toplanması düşünülmektedir. Sızıntı suları için uygulamada arıtma söz konusu olmadığından işletmede pratikte mevcut çöp yığınlarının üzerine spreyleme yapılarak buharlaşma ile tasfiyesinin sağlanması düşünülmektedir. Vahşi çöp depolama sahası kullanılmakta olup, tekniğine uygun yapılmış hâli hazırdaki tesisin işletmeye alınmasına müteakip vahşi çöp depolama sahasında iyileştirme çalışmalarının yapılmasından sonra bu çevresel problem kısmen de olsa ortadan kalkacaktır. 2013 yılından itibaren belediyelerce veya belediyeler adına toplanan katı atık miktarları tabloda gösterildiği şekildedir *(URL-2)*.

Tablo 1: Mardin İli Yıllara Göre Katı Atık Miktarları

Yıllar	Belediyelerce toplanan katı atık miktarları (ton/yıl)	Düzenli Depolanan katı atık miktarı (ton/yıl)	Düzenli Depolanan Katı Atık oran (%)
2013	117.831,80	90,000	0,4
2014	186.150	83.512,52	

5.1. Mardin İli İçin Katı Atık Yok Etme

2013 yılına kadar Mardin ilinde Katı Atıklar şu anda vahşi depolama ile depolandıktan sonra yakılarak imha edilmektedir. Bunun da daha önceden belirtildiği gibi çevreye verdiği ciddi zararlar mevcuttur. Ortaya çıkan gazlar, bu atıklarla etkileşim halinde olan diğer kaynaklar(su ve toprak gibi) ve yerleşim yerlerine yakın olması münasebeti ile çok büyük sağlık sorunları ile telafisi imkânsız çevre sorunları meydana getirmekteydi. Şu anda yerleşim yerinden uzakta bir alanda depolandığından sadece toprağa ciddi zararlar vermekte, diğer

hususlar kısmen de olsa çözüme ulaşmaya başlamıştır. Fakat gazlarla ilgili henüz sağlıklı bir çalışma yapılmamaktadır.

Resim 2: Geri Dönüşüm Kutuları

5.2. Mardin İli İçin Tehlikeli Atıklar

Mardin ilinde tehlikeli atıkların bertarafı konusunda faaliyet gösteren tesis bulunmamakla birlikte Mardin Çimento San. A.Ş. bazı atıkların yakılmasıyla ilgili yakma lisansına, Haşimoğlu Metal Hurda Geri Dönüşüm Tesisi de tehlikeli atıkların geri kazanımı lisansına sahiptirler. Diğer tehlikeli atıklar ise lisanslı firmalara verilmek suretiyle bertaraf edilmektedir.2009 yılından itibaren yapılan çalışmalar sonucu aşağıdaki tablo oluşturulmuştur

5.3. Mardin İli İçin Geri Dönüşüm

Mardin ilinde ömrünü tamamlamış ve geri kazanılması ile ilgili yapılan araştırmada, Mardin Çimento Fabrikasının Ömrünü tamamlamış lastiklerin alınması için lisansı bulunmaktadır. Ancak henüz ek yakıt olarak ömrünü tamamlamış lastik alımı yapılmamıştır. Ayrıca hurdaya ayrılan araçlar ile ilgili, İlimizde yıllık 400 ton kapasiteye sahip ve lisansı bulunan 1 ÖTA İşleme tesisi bulunmaktadır. Bakanlığımızın izni ile çalışan 6 adet firma bulunmasına karşın bu tesisler henüz araç kabulü yapmamaktadır. Faaliyet gösteren lisanslı tesis ise 1 tanedir., Atık elektrikli ve elektronik eşya toplama ise, 2014 Yılı İtibariyle İlimizde Midyat İlçesinde bulunan Haşimoğlu Metal Hurda Geri Dönüşüm Tesisi Atık Elektrikli-Elektronik Eşya İşleme lisansına sahip firma tarafından sağlanmaktadır.

Resim 3. Mardin İli Yerüstü Çöp Konteynırı

5.4. Mardin İli İçin Atıkların Çevreye Etkisi Üzerine Çalışmalar

İlimizde ilk etapta kurumsal ve konutsal katı atık toplama sırasında ve bertaraf edilmesi esnasında denetimlerin ve yasal yaptırımların yetersizliğinden dolayı ilk başta sıkıntı oluşturmaktadır. Avrupa'da ve diğer gelişmiş ülkelerde kullanılmakta olan akıllı konteynır sistemi bu soruna bir çözüm sunabilir. Ayrıca teknoloji yardımı ile yapılan denetimlere ilave olarak kişi ve kurumlar üzerinde yasal yaptırım uygulanması halk üzerindeki bilinci arttıracaktır. Atıkların depolanması esnasında yapılan tesisler genelde minimum 40- 50 yıllık olarak planlandığından sadece günümüz şartları değil ileriye dönük planlamalar da mevcut olmalıdır. Ayrıca bu tür tesisler bir nevi modifiye olmalıdır. Atıkların toplanması ve depolanması esnasında hem halkın bilinçlendirilmesi hem de teknoloji yardımıyla, atıklar yerinde ayrıştırılmalı ve bunlardan maksimum seviyede geri dönüşüm sağlanmalıdır. Bu işlemi bireysel olarak yapan çöp toplayıcıların devlet kurumları tarafından eğitilip belli şartlarda sözleşmeli olarak işe alınması ile süreç hızlandırılabilir. Son olarak, ortaya çıkan katı atığın hem çevreye zararı minimalize edilip diğer taraftan atıktan elde edilebilecek maksimum yarar da göz önünde bulundurulmalıdır. Halkın atık üretimini azaltma ve atık konusunda bilinçlendirilmesi çok önemli bir konudur.*(Onursal, N. vd., 2016)*

5. SONUÇ

Mardin ili yeni büyükşehir olduğundan henüz atık programını tam anlamı ile oluşturamamıştır. Bu nedenle kendi katı atıklarını vahşi depolama yöntemi ile bertaraf etmektedir. Aslında gelişmekte olan tüm illerimiz de hemen hemen aynı durum söz konusudur. Bu insan ve çevre sağlığı açısından pek olumlu bir yöntem değildir. Mardin ili geniş bir yaşam alanına ve yoğun bir nüfusa sahip olduğundan hem katı atık hem de su arıtma açısından üreteceği projeler öncelik arz etmektedir. Bu projelerin üretilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) gibi günümüz teknolojilerinden yararlanılabilir.(*URL-3*) Toplumsal bilincin katı atık yönetiminin geliştirilmesi açısından arttırılması çok büyük önem taşır. Bu ayrıca ülke ekonomisine de azaltılan giderler bakımından katkıda bulunacaktır. Katı atığın toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi / geri dönüşümü ciddi bir gider ayağı teşkil etmektedir. Daha iyi bir planlama ve geliştirilmiş yönetim ile bu gider düşürülmelidir. Ayrıca ortaya çıkan katı atık ve atık su miktarının azaltılması da toplum ve çevre sağlığı açısından gereklidir. Ancak bu şekilde gelecek nesillere daha iyi bir ortam hazırlayabiliriz.

6. KAYNAKLAR

Beyhan, M., 1997. Isparta Evsel ve Ticari Katı Atıklardan Geri Kazanabilen Maddelerin Potansiyelinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kolukısa, Z.Ü., 2013. Belediyelerde Katı Atık Yönetimi:Malatya Belediyesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi., Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Malatya.

Mardin İli 2014 Çevre Durum Raporu, 2014, Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü Mardin Valiliği, Mardin.

Onursal, N. vd., 2016, Mardin İlindeki Katı Atık Potansiyellerinin Yıllık Dağılımlarının İncelenmesi, ISEM2016, 3rd International Symposium on Environment and Morality,, Alanya

T.C. Resmi Gazete, Atık Yönetimi Yönetmenliği, 02.04.2015 Sayı : 29314

T.C. Resmi Gazete, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmenliği, 25.11.2014 Sayı : 29186

URL-1 <http://mardin.ism.saglik.gov.tr>, alındığı tarih: 05.03.2017

URL-2< http://www.mardin.bel.tr, alındığı tarih: 12.03.2017

URL-3 < http://www.csb.gov.tr/turkce/index.php>, alındığı tarih: 12.03.2017

Vizyon ve Öngörü Raporu, 2003, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli, ANKARA

YENİLENEBİLİR ENERJİ: RÜZGÂR ENERJİSİ

Kübra ANBARKAYA[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
kubra.anbarkaya2606@gmail.com

ÖZET: 21.yüzyılda; artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji ihtiyacı, ülkemizin kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık hızla büyümektedir. Bu durumda; kendi öz kaynaklarımızdan daha etkin biçimde yararlanmak giderek artan bir önem kazanmaktadır. Enerji talebindeki hızlı artışın karşılanabilmesi için, yenilenebilir enerji kaynaklarından en etkin ve rasyonel biçimde yararlanılması amacıyla, kamu yatırımlarının artırılmasının gerekliliği kadar, özel sektör yatırımlarının da bu alana kaydırılması yararlı olacaktır. Günümüzün başlıca enerji kaynaklarından olan fosil yakıtların 1996 yılı rakamlarına göre rezerv durumları incelendiğinde; kömürün 235 yıl, petrolün 43 yıl, doğal gazın ise 66 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir. Yıllar geçtikçe yeni rezervler bulunmakta veya teknolojinin gelişmesiyle eskiden ekonomik olmayan kaynaklar ekonomik hale gelmektedir. Fakat şu anda Dünya 'da tüketim hızı, doğal fosil oluşum hızının 300 bin katıdır. Diğer bir deyişle, bir günde bin yıllık oluşum tüketilmektedir. Bu gidişle rezervlerin tükenmesi kaçınılmazdır. Bu nedenle yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi gittikçe artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Rüzgâr Enerjisi, Fosil, Enerji Kaynakları*

GİRİŞ

Tüm dünyada ilerleyen teknolojiye bağlı olarak kişilerin elektrik enerjisine olan ihtiyaçları da artış göstermektedir. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan mevcut fosil kaynakların sınırlı olması ve gün geçtikçe azalmaları ve bir gün tükenecek olmaları nedeniyle, bir yandan elektrik enerjisi tasarruf çalışmaları sürdürülürken diğer taraftan da yenilenebilir kaynaklar kullanılarak elektrik enerjisi üretilmesi üzerinde çalışmalar büyük bir hızla devam etmektedir. Yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi üretiminde kullanılması için yapılan çalışmaların dışa olan bağımlılığı azaltmasından dolayı, ülkelerin geleceği için önemi açıktır. Bu kapsamda yürütülen çalışmalardan bir tanesi de son yıllarda Dünyada ve özellikle Avrupada büyük bir gelişim gösteren rüzgar potansiyellerinin kullanılmasıyla elektrik enerjisi üretilmesidir. Rüzgar enerjisi yerli, dışa bağımlı olmayan, doğal ve tükenmeyen, gelecektede aynı oranda temin edilebilecek, asit yağmurlarına ve atmosferik ısınmaya yol açmayan, CO_2 emisyonu olmayan, doğal bitki örtüsü ve insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmayan, fosil yakıt tasarrufu sağlayan, radyoaktif etkisi olmayan, teknolojik gelişimi hızlı, döviz kazandırıcı bir kaynaktır. Ayrıca kısa sürede devreye alınabilmekte ve kısa sürede sökülebilmektedir. Bunun yanısıra istihdam olanağına sahiptir ve fiyat artma riski yoktur. Tüm bu olumlu katkılarının yanında gürültü, görsel ve estetik kirliliği, kuş ölümleri, 2-3 km lik alan içinde radyo ve TV alıcılarında parazitlere neden olması, gibi bir takım dezavantajları vardır. Fakat rüzgar türbini teknolojisinde gelinen bugünkü nokta, tüm bu olumsuz etkileri son derece azaltmış veya ortadan kaldırmıştır. İlk türbin modelleri yeni ve daha büyük modellerine göre daha

gürültülüyken şu andaki modern türbinler oldukça sezsizdirler. Kuş sığınakları ve kuşların toplu olarak yaşadıkları yerlere rüzgar santralı kurulmamasına dikkat edilerek ve önemli kuş göç yolları da rüzgar santralı kurulmasında göz önünde bulundurularak kuş ölümlerinin en aza indirilmesi söz konusudur. Görüldüğü gibi bu kadar çok avantajlara sahip bir enerji kaynağı olan ve oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğumuz rüzgardan elektrik enerjisi üretiminde faydanılması şüphesiz kaçınılmazdır. Bu çalışmada Türkiye' nin mevcut elektrik enerjisi durumu ortaya konulmuş, son yıllarda dünyadaki rüzgar enerjisinin gelişimi ele alınmış ve Ülkemizdeki durumu irdelenmiştir.

Türkiye'de Rüzgar Enerjisi

Rüzgar potansiyeli bakımından zengin olan bölgelerimiz Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarıdır. Elektrik İşleri Etüd idaresi tarafından hazırlanan "Türkiye Rüzgar Atlası" na göre yerleşim alanları dışında 50 m yükseklikteki rüzgar hızları, Marmara, Batı Karadeniz, Doğu Akdeniz kıyılarında 6.0 – 7.0 m/sn, iç kesimlerde ise 5.5 – 6.5 m/sn civarında, Batı Akdeniz kıyılarında 5.0 –6.0 m/sn iç kesimlerde 4.5 – 5.5 m/sn, Kuzey –Batı Egede ise kıyılarda 7.0-8.5 m/sn, iç kesimlerinde ise 6.5-7.0 m/sn dir. Diğer taraftan ABD' nin uzay çalışmaları ile saptadığı meteorolojik veriler, Türkiye' nin rüzgar enerjisi bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Türkiyenin bulunduğu coğrafi yöreye bağlı olarak komşu ülkelerde ve bölge ülkelerinde yapılmış ölçüm verileri de bu bulguyu desteklemektedir . Türkiyenin bugünkü teknik koşullarda rüzgar enerjisi teknik potansiyeli 88000 MW, ekonomik potansiyelinin ise 10000 MW civarında olduğu tahmin edilmektedir. Wijk, A.J.M. van, ve Coelingh J.P.' nin 1983 yılında yapmış oldukları çalışmaya göre ise, Türkiye' nin teknik potansiyeli 83 GW, üretim potansiyeli ise 166 TWh/yıl' dır. Buna karşılık Türkiye'nin toplam kurulu rüzgar gücü 20.6 MW' tır.2004 yılında rüzgardan üretilen elektrik enerjisi 54.9 GWh' tir ve bu değer üretilen toplam elektrik enerjisinin %0.04' üne karşılık gelmektedir. 2005 Ocak ayı itibari ile elektrik üretimi için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından lisans alan 243 projenin 36' sı rüzgar santralı projesidir. Yapılması planlanan bu 36 projenin güçleri 0.66MW ile 135MW arasında değişmekte ve toplam kapasiteleri de 1406.92MW' tır. Bu rüzgar santralı projelerinin 15' i toplam 596.46MW ile Marmara bölgesinde, 11' i 373.01MW ile Ege bölgesinde, 9' u ise 394.45MW ile Akdeniz bölgesinde ve 1' i 43MW ile Güney Doğu Anadolu bölgesindedir. Bu santralların devreye girmesi ile yılda 4914.9GWh' lik elektrik üretiminin,

başka bir deyişle yaklaşık Türkiye' nin bugünkü toplam elektrik enerjisinin %3.3' ünün sağlanabileceği tahmin edilmektedir. Bu santralların yanısıra rüzgar santralı kurumu için lisans alabilmek için toplam 106 başvuru vardır ve bunların toplam gücü 3309.63MW' dır.

Şekil 1: Rüzgar Atlası

İşletmedeki Rüzgar Enerjisi Santrallarının Bölgelere Göre Dağılımı

7 m/s ve üzerindeki rüzgar hızı için Potansiyelimiz
48.000 MW (147 milyar kWh/yıl)

6 m/s ve üzerindeki rüzgar hızı için potansiyelimiz
131.000 MW (378 milyar kWh/yıl)

Türkiye Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı

Kaynaklar	MW
Hidrolik	19.619,7
Doğal Gaz	18.317,8
Linyit	8.147,8
İthal Kömür	3.912,6
Çok Yakıtlılar	2.793,2
Rüzgar	2.260,5
Sıvı Yakıtlar	1.229,2
Taş Kömürü	335,0
Jeotermal	162,2
Biyogaz	158,5
Asfaltit	135,0
TOPLAM	57.071,5

Dünya'da Rüzgar Enerjisi

Dünya'da rüzgar santrallarının kurulu gücü hızlı bir artış göstermektedir. 1990 yılında Dünya 'nın kurulu rüzgar gücü 2160 MW iken, 1994 yılında 3738 MW 'a, 1995 yılında 4843 MW 'a, 1996 yılında 6097 MW 'a ve 1997 yılında ise 7000 MW 'a çıkmıştır. 1998 yıl ortası itibari ile 7500 MW 'a ulaştığı söylenmektedir. Kurulu gücün % 60 'ı Avrupa, % 25 'i Amerika 'dadır.Avrupa 'da en büyük kurulu güç Almanya 'da olup, onu Danimarka, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsveç, İtalya ve Yunanistan izlemektedir. Asya 'da Hindistan ve Çin rüzgar santrallarına önem vermektedir. 2000 yılı için dünyanın kurulu güç hedefi 14000 MW kadardır. Avrupa Birliği 2005 yılında, Avrupa 'daki kurulu gücü 11500 MW 'a çıkarmayı kararlaştırmıştır. Avrupa 'nın 2010 yılı için hedefi 25000 MW ve 2030 yılı hedefi ise 100000 MW 'dır. Son onbeş yıldır Amerika 'da yeni bir rüzgar endüstrisi doğmuştur. 1982-1992 yılları arasında California 'da yaklaşık 15000 rüzgar türbini kurulmuştur. 370 MW gücündeki Kenetech Rüzgar Çiftliği, dünyanın en büyük rüzgar santralıdır. 8160 ha alan kaplayan bu çiftlikte 100 kW 'lık 3500 adet ve 300-400 kW 'lık 40 adet türbin bulunmaktadır. Ancak, kısa zamanda bu türbinlerden daha modernleri geliştirilmiştir. Avrupa 'da rüzgar teknolojisi hızla gelişmektedir. 1995 yılında yeni türbinler 600 kW güçte iken, bugün yeni geliştirilen türbinlerin gücü 2 MW 'dır. Almanya yaptığı atakla 1998 sonunda rüzgar kurulu gücünü 2875 MW Avrupa 'da şu anda 12 MW 'lık denizüstü rüzgar santralı çalışır durumdadır ve denizüstü kurulu gücün

kısa zamanda 180 MW 'a çıkarılması planlanmıştır. 2030 yılında Avrupa 'da 100000 MW 'a çıkması hedeflenen rüzgar kurulu gücünün denizüstü payının % 25 'den az olmayacağı beklenmektedir.

Şekil 2: Rüzgar enerjisinin dünyadaki dağılımı

Rüzgar Enerjisi Kullanım Alanları Nelerdir?

Rüzgar enerjisi çok farklı olarak, bir çok alanda kullanılmaktadır.

- Rüzgar enerjisi ile yel değirmenlerinin milini döndürmek için,
- Yelkenli gemilerin yüzdürülmesi için,
- Su pompalama sistemleri için,
- Aydınlatma sistemleri için elektrik üretmede,
- Denizlerde ki gemiler için elektrik üretmede,
- Rüzgar santralleri ile yüksek kapasitede elektrik üretmede,
- Değirmenler de tahıl öğütmek için kullanılır.
- Son zamanlar da temiz ve içilebilir su elde etmek için de rüzgar enerjisi kullanılmaktadır. Rüzgardan su üretmek geleceğin fikirlerindendir.

Rüzgar Enerjisinin Avantajları

•Rüzgar enerjisinin yakıtı rüzgardır.Ve tamamen bedava bir yakıt olup,hiçbir ücret ödenmez.

•Rüzgar enerjisi ile elektrik üretirken doğaya hiçbir sera gazı veya bunun gibi zararlı gazlar salınmaz.Bundan dolayı tamamen temiz enerji kaynağı ve temiz enerji üretim yöntemidir.

•Rüzgar türbinlerini neredeyse her yere kurma imkanı vardır.

•Rüzgar enerji santralleri, güneş enerjisi gibi çok fazla arazi alanı kaplamaz. Yani 1 MW büyüklüğünde bir güneş santrali 20.000 metre kare alan kaplarken, bir adet rüzgar türbini tek başına 1 MW enerji üretebilir.

•Rüzgar türbinleri için havanın aydınlık veya karanlık olması önemli değildir. Gece ve gündüz optimum rüzgar koşullarında elektrik üretmeye devam eder.

Rüzgar Enerjisinin Dezavantajları

•Rüzgar türbinleri ile elektrik elde etmek için rüzgarın optimum seviyede esmesi gerekiyor. Eğer rüzgar fazla eserse türbinler çalışmaz. Veya rüzgar az eserse türbinler yine çalışmaz.

•Rüzgar santrali kurmak için çok ciddi ölçümlerin yapılması gerekir. Lisanssız güneş santralleri kadar kolay kurulumları yoktur.

•Rüzgar enerji santrallerinin yatırım maliyetleri çok yüksektir.

•Rüzgar gülleri, göç eden kuşlar için ciddi sorunlara yol açmaktadır.

•Rüzgar santralleri eğer çok fazla miktarda bir bölgede ise, o bölgenin cep telefonu ve tv sinyallerini bozabilmektedir.

•Rüzgar enerji santralleri çok fazla gürültü yapmaktadır. Eğer yerleşim yerlerine yakınsa bu gerçekten büyük bir probleme yol açabilmektedir. Tıpkı uçak motorlarına benzer bir gürültüleri bulunmaktadır.

SONUÇLAR

Türkiye'deki özellikle rüzgar enerjisindeki yatırımların artırılması rüzgar potansiyelinden faydalanması bir zorunluluk haline gelmektedir. Çünkü, Mevcut ve yeni kaliteli petrol rezervlerinin, kömür rezervlerinin sınırlı olması Türkiye'nin enerji üretiminde

dışa bağımlılığının azaltılması / kaldırılması, Termik santrallerin elektrik üretimi veriminin % 35 gibi düşük verimlerde çalışması ve çevreye verdiği zararlar, Türkiye'de nükleer enerjiden elektrik üretmesi durumunda da uranyum rezervlerinin yaklaşık 40 yıl süreyle 2 santral kapasitesini karşılayacak düzeyde seyretmesi, çevreye vereceği olası muhtemel zararlar, Türkiye'nin 2010 yılında yaklaşık 60000 MW kurulu elektrik santrali kapasitesine ihtiyacı olması, Elektrik üretimi için kurulan santrallerin ve çevre etkileri de göz önünde bulundurulduğunda Rüzgar enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıkmaktadır. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları alanında Türkiye'de ve dünyada yapılan yatırımlar kadar, mevcut sistemlerin iyileştirilmesi ve kayıpların azaltılması da önem arz etmektedir. Dünyadaki enerji rezervlerinin durumu dikkate alındığında, rüzgar enerjisinden yararlanmanın, hem çevresel hemde kaynak varlığı açısından önemli olduğu anlaşılmaktadır. Dünya enerji rezervi tükenme yılı yaklaşık olarak kömür için 200 yıl, gaz için 65 yıl, petrol için 40 yıl ve rüzgar için ise sonsuzdur. Mevcut fosil kaynaklı enerji rezervlerinin gelecekte tükenecek olması, şu anda büyük bir bölümünü ithal eden bir ülke olarak Türkiye' yi, artacak olan fiyatlardan ve teminindeki problemlerden dolayı zora sokacaktır. Bu nedenle elektrik enerjisi üretimini yenilenebilir kaynaklara doğru yönlendirmemiz, mevcut hidrolik kaynaklarımız ile birlikte rüzgar enerjisinden faydalanmamız gerekmektedir.

KAYNAKLAR

URL-1 < http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Anasayfa >, alındığı tarih: 28.04.2017.

URL-1 < http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol1.pdf>, alındığı tarih: 28.04.2017.

URL-1 < www.awea.org>, alındığı tarih: 28.04.2017.

URL-1 < www.iee.gov.tr>, alındığı tarih: 28.04.2017.

URL-1 < www.genişbilgi.blogspot.com>, alındığı tarih: 28.04.2017.

URL-1 < www.researchgate.net>, alındığı tarih: 28.04.2017.

URL-1 <www.enerjibes.com>, alındığı tarih: 28.04.2017.

URL-1 <https://www.researchgate.net/publication/266210729>, alındığı tarih: 28.04.2017.

URL-1 <www.emo.org.tr>, alındığı tarih: 28.04.2017.

URL-1 < www.euas .gov.tr >, alındığı tarih: 28.04.2017.

TRİKLOSAN ETKEN MADDESİNİN FARKLI BALIK TÜRLERİ ÜZERİNDEKİ DAVRANIŞ DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet DEMİRBAŞ, Şeyma SARMAZ[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray*
mehmettdmrbs42@gmail.com, symsrmz@gmail.com

ÖZET: Triklosan (TKS), plastikler, kumaşlar, sabunlar, deodorantlar, diş macunları ve kozmetik ürünlerinin dahil edildiği günlük evsel ve kişisel bakım ürünlerinin büyük bir kısmında kullanılan, geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiye sahip bir fenil eterdir. Tüketici ürünlerinde antimikrobiyal olarak kullanılan klorlu bir bifenil eteri olan triklosanın etkileri *Poecilia reticulate* ve *Danio rerio* üzerinde incelendi. *Poecilia reticulate* ve *Danio rerio* balık türlerine, triklosan ilk olarak düşük dozlarda (0,001-0,002-0,005gr/0,01-0,02-0,05gr) verilmiş ancak balık ölümleri gerçekleşmemiştir. Daha yüksek dozlara başlanmış 0,1 gr triklosan akvaryuma atıldıktan bir süre sonra *Danio rerio* aşağıda, *Poecilia reticulate* türü balıklar su yüzeyinde yüzmeye başlamışlardır. 0,1 gr triklosan ilave edildiğinden 1 saat sonrasında 2 balık türüne 0,5 gr dozda triklosan ilave edilmiştir. Bir süre sonrasında balıklarda davranış değişiklikleri görülmeye başlanmıştır. *Poecilia reticulate* balık türü yukarı doğru yüzmeye ve baş kısımlarını suyun yüzeyine doğru çıkarmaktadır. *Danio rerio* balık türünün suyun dibinde hareketsiz olarak durduğu gözlemlenmiştir. 2 saat bekletildikten sonra balıklarda ters yüzme, hızlı nefes alıp verme halleri görülmüştür. Ortalama 2 saatlik periyotta balıkların nöro sistemleri etkilenmiş ve hareket yetenekleri olumsuz etkilenmiştir. 3 saatin sonunda balıkların tamamı ölmüştür. Bu bitirme tezinin amacı ise Triklosan'ın çevreye bırakılması halinde, ekosistem dengesinin olabildiğince tahrip edildiğini göstermektir. Triklosan'ın çevreye verdiği riski bugüne kadar net bir şekilde değerlendirmek zordur fakat yapılması gereken çevreye deşarj edilen Triklosan miktarını en aza indirmektir.

Anahtar Kelimeler: Lepistes balığı (*Poecilia reticulate*), Zebra balığı (*Danio rerio*), Triklosan

1. MATERYAL VE METOTLAR

TKS'nin atıksu sisteminde sabit kullanımı çevresel ve kamusal alanda büyük bir tehlike yaratmaktadır. TKS'nin biyo birikiminin kimyasal özelliklerine ve çözülme direncine bağlı olarak, TKS derişim aralığında çeşitli çevresel bölgelerde nanogramlardan mikrogramlara kadar her litrede olarak saptanmıştır. Epidemiyoloji çalışmaları göstermektedir ki insanlarda bütün yaş gruplarında vücut sıvısında TKS önemli bir miktarına rastlanmıştır. Biz burada sanal ortamdan canlı ortama kadar hayvan ve çevresel zehir bilim çalışmalarında varolan kanıtları belgeliyoruz. Bu çalışmalar gösteriyor ki TKS olumsuz etkilerini farklı birçok biyolojik sisteme eylemlerin çeşitli yönleriyle etkiliyor. İnsanların TKS'ye ve ona benzer kimyasallarla istem dışı maruz bırakılması gerçeğini düşünerek söyleyebiliriz ki TKS'nin olumsuz etkileri insan sağlığını etkiliyor. Triklosan ya da 5-kloro-2-(2,4-diklorofenoksi) fenol, Irgasan DP300 ticari isme sahip, hafif fenolik kokulu, çeşitli tüketici ürünlerinde kullanılan beyaz bir tozdur. Kişisel bakım ürünlerinde (diş macunu, deterjan, sabun, şampuan cilt bakım kremleri ve losyonlar gibi)tipik olarak ürün ağırlığının % 0.1-0.3 aralığındaki bir konsantrasyonda kullanılan antimikrobiyal ve koruyucu bir maddedir. Avrupa'da ve Amerika'da triklosan içeriği sırasıyla Avrupa Kozmetik Topluluğu Direktifi ve ABD Gıda ve İlaç Dairesi tarafından %0.3 oranını

(ağırlık/ağırlık)aşmayacak şekilde düzenlenmiştir (EPA, 2006). pH daha alkali bir hale geldiğinde artsa da, triklosanın sudaki çözünürlüğü 10^{-6} g mL^{-1}'den küçüktür. Triklosanın dağılım katsayısı lipofilik olduğunu göstermektedir (logPow = 5.4). Triklosanın halojenli bifenil eter yapısı bisfenol A, dioksinler, polibromludifenil eterler ve tiroid hormonlarınınkine benzerdir, bu nedenle özellikle tiroid hormon hemostazı düzensizliği ile ilgili olarak potansiyel bir endokrin bozucu olduğundan triklosan üzerine olan ilgi artmaktadır. Triklosanın her yerde birden kullanımı atıksularda ve birçok su kaynağında yayılması ile sonuçlanmıştır ki burada ekosistemler ve insan sağlığı etkilenebilmektedir. 4700 ng/L'lik bir IC50 değerine sahip olan triklosan özellikle alglerin ölümüne sebep olabilmektedir. Ayrıca zamanla insan vücudunda biriktiği için triklosana atfedilen diğer bazı sağlık sorunları mevcuttur ve uzun vadeli sağlık riskleri ile sonuçlanabilmektedir. İlave olarak metil triklosan, klorlu fenoller, ve bifenil eterler gibi toksik ve kalıcı bileşikler biyolojik metilasyon ya da triklosanınklorinasyonu sonucu oluşabilmektedir. Bazı araştırmalar metil triklosanın yaban hayatında ve insanlardaki dirençliliğine ve biyolojik olarak birikimine katkıda bulunarak esas bileşiğinden daha lifofik olduğunu ortaya koymuştur.

Şekil 4: Balık düzeneklerinin hazırlanması

Bu calışma Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerde 10 litre kapasiteli cam akvaryumlar kullanılmıştır. Sıcaklık termostatlı ısıtıcılar

kullanılarak sabit tutulmuştur. Denemede doğal fotoperiyot (14 sa aydınlık,10 sa karanlık) uygulanmıştır. Stok akvaryumundan deney balıkları rastgele secilerek her akvaryuma 5 birey konulmuştur. Deneylerde ortalama ağırlıkları 0,918-0,06 gr ve ortalama boyları 4-0,3 cm olan dişi ve erkek zebra ve lepistes kullanılmıştır. Deneylerden 24 saat oncesinde balıkların yemlenmesi durdurulmuştur. Ölen balıklar derhal akvaryumlardan alınmış ve kaydedilmiştir. Davranış değişimleri farklı zaman aralıklarında izlenmiştir.

Şekil 2: Balıklara verilecek olan triklosan miktarının belirlenmesi ve hazırlanması

2. SONUÇ

Triklosan 20 yıldan daha fazla süre boyunca kullanılan sentetik, iyonik olmayan geniş spektrumlu antimikrobiyal maddedir. Triklosan yüzeysel sularda tespit edilen rölatif olarak stabil ve lifofilik bir bileşiktir. Çevredeki su kaynaklarında triklosanın her yerde bulunan yapısının sonucu olarak potansiyel çevresel etkilerine olan ilgi nedeni ile bu analitin ucuz maliyetli ve çevreye karşı sorumlu bir şekilde hızlı, basit, hassas ve seçici olarak tespitini

sağlamak için gelecekteki araştırma çabalarının yeni metotların gelişimi üzerine yoğunlaşacağı öngörülmektedir. Sonuç olarak TKS'ye maruz kalan balık türleri kısa sürede ölmüşlerdir.

Şekil 3: Triklosan'a maruz kalan balıklar

KAYNAKLAR

URL-1 <http://www.birdunyabilgi.org/ > , alındığı tarih: 04.04.2017

URL-2 <http://www.gidaraporu.com/triclosan_g.htm> , alındığı tarih: 06.04.2017

URL-3<http://www.beyondpesticides.org/assets/media/documents/pesticides/factsheets/Triclosan%20cited.pdf alındığı tarih: 16.04.2017

URL-4< http://www.doktorannem.com/makale/triklosan.html > alındığı tarih: 09.04.2017

Can, C., " A Different View For Usage Of Triclosan In Textile Industry" Electronic Journal of Textile Technologies, 2013, 7 (1) 14-17

MANAVGAT OTELLERİNİN KİRLİLİK PARAMETRELERİ

Mehmet DOĞAN & Mustafa ARZAK[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
mustafaarzak@gmail.com

ÖZET: Manavgat, 2283 km²'lik yüzölçümüyle Antalya ilinin en büyük 2. ilçesidir. Manavgat Şelalesi, Türkiye'nin en düzenli akan akarsuyu olup Manavgat Irmağı kadirindedir. Manavgat İlçe nüfusu 224.664 (2016 sayımı) . İlçeye her yıl binlerce turist gelir. Turizm ilçenin en çok istihdam yaratan iş koludur. 64 kilometrelik sahil şeridi ve Manavgat Şelalesi, özel çevre koruma alanları, tatil köyleri ile ilçede turizm oldukça gelişmiştir. Turizm açısında Türkiye'nin önemli bölgelerindendir. Yapılan bu çalışmanın amacı ilçedeki otellerin havuz sularının kalitesi bakımından incelenmesi, havuzların kullanılabilirliği, kirlilik olması durumunda bu kirliliği tespit etmek, kirliliğin azaltılmasını sağlamak için elde edilen su analizleri sonuçlarıyla bu problemleri öğrenmek ve öneriler geliştirmek.

Anahtar Kelimeler: *Aksaray, Çevre Mühendisliği, Sempozyum.*

1. GİRİŞ

Manavgat Şelalesi, Türkiye'nin en düzenli akan akarsuyu olup Manavgat Irmağı kadirindedir. Bu nedenle Antalya'nın Manavgat ilçesine bu doğal güzelliği, Side Antik Kentini vb. noktaları gezmek için dünyanın her yerinden turistler gelmektedir. Bu durum yaz aylarında otellerin dolmasına sebep olduğundan otel havuzlarında özellikle yaz aylarında turizm başlaması ve turist sayısının artması ile birlikte otel havuzlarında kirlilik yükleri de artmaktadır. Antalya'nın Manavgat ilçesindeki üç otelden alınan havuz suyu numunelerinin analiz sonuçlarına ve ortaya çıkan kirlilik parametrelerini öğrenmek ve bu parametreleri su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde istenilen kriterlere uygun hale getirmek için çalışmalar yapmaktır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak iki kısımda gerçekleştirilmektedir. Çevre & Kent Laboratuvar ve Danışmanlık Hizmetlerinden alınan su analizi sonuçlarına göre incelemeler yapılmıştır. Alınan analiz sonuçları 2016 yılına ait olmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

Otel havuzlarından özellikle yaz aylarında turizm başlaması ve turist sayısının artması ile birlikte otel havuzlarında kirlilik yükleri de artmaktadır. 2016 yılında ayda 1 kez olmak üzere yürütülen örnekleme dönemi boyunca 3 otelden her birinden 1 büyük, 1 normal ve 1 çocuk havuzu olmak üzere numune 3 numune alınmıştır. Bu oteller (Şekil 2) de gösterilmiştir.

Tablo 5: Havuz Suyu Numune Alma Formu

T.C
……VALİLİĞİ
İl Sağlık Müdürlüğü

Havuz Suyu Numune Alma Formu

NUMUNE KOD NO:	TARİH

Numune alınan havuzun adresi :
Havuz işleticisinin adı ve soyadı :
Numunenin alındığı saat :
Numune miktarı :
Numune alma amacı : ☐ Fiziksel analiz ☐ Bakteriyolojik analiz ☐
Numune alma nedeni : ☐ Rutin kontrol ☐ Şikayet ☐ Diğer

Numunenin alındığı sıradaki
pH :
Serbest klor :
Sıcalık :
Renk :
Bulanıklık :

Numune alan kişinin
Adı ve soyadı :
Telefon no :

Yukarıda evsafı yazılı havuz suyundan ……..huzurunda ……..adet numune
alınarak
…..……..
mührü ile mühürlenmiş ve numune alma formu tarafımızca imza edilmiştir.

İmza	İmza	İmza
Teknik Eleman	Teknik Eleman	Havuz suyu işleticisi veya vekili

Şekil 1: Manavgat İlçesindeki numune alınan oteller (Google Map,2016)

3. BULGULAR

Sınır Değerler ve Kullanılan Yöntemler

Havuz sularında bulunması gereken sınır değerler ve kullanılan yöntemler böyledir.

FİZİKSEL ANALİZ

PARAMETRE	BİRİM	YÖNTEM	SINIR DEĞER
Renk	Pt/Co	TS EN İSO 7887	10
Bulanıklık	NTU	TS 5091 EN İSO 7027	0,5

KİMYASAL ANALİZ

PARAMETRE	BİRİM	YÖNTEM	SINIR DEĞER
Nitrit	mg/lt	SM 4500-NO2B	0,5
Bağlı Klor	mg/lt	TS 6229 EN İSO 7393-2	0,2
Toplam Alkalinite	mg/lt CaCO3	TS 3790 EN İSO 9963-1	30 - 180
Alüminyum	mg/lt	SM 3500-Al B	0,2
Bakır	mg/lt	SM 3500-Cu C	1
Siyanürik Asit	mg/lt	AT-05	100
Nitrat	mg/lt	SM 4500-NO3B	50
Amonyum	mg/lt	SM 4500-NH3F	0,5

MİKROBİYOLOJİK ANALİZ

PARAMETRE	BİRİM	YÖNTEM	SINIR DEĞER
Pseudomonas aeruginosa	kob/100ml	TS EN İSO 16266	0
Escherichia coli	kob/100ml	TS EN İSO 9308-1	0
Toplam Koliform Bakteri	kob/100ml	TS EN İSO 9308-1	0
Toplam Koloni	kob/1ml	TS EN İSO 6222	200

YERİNDE ÖLÇÜM			
PARAMETRE	**BİRİM**	**YÖNTEM**	**SINIR DEĞER**
pH	**-**	**TS EN İSO 105-23**	**6,5 – 7,5**
Sıcaklık	^0C	**SM 2550 B**	**26 ^0C - 38 ^0C**

Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Araştırma süresince, Manavgat ilçesindeki otellerin havuz suyuları nitelik değerleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 2: Manavgat ilçesindeki oteller, 2016 yılı Haziran-Ağustos döneminde havuz suyu ortalama nitelik değerleri.

	1. OTEL			***2. OTEL***			***3. OTEL***		
Havuzlar	***Büyük***	***Normal***	***Çocuk***	***Büyük***	***Normal***	***Çocuk***	***Büyük***	***Normal***	***Çocuk***
Parametreler									
Renk	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Bulanıklık	0,32	0,23	0,26	0,21	0,19	0,24	0,21	0,30	0,28
Nitrit	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bağlı Klor	0,04	0,03	0,02	0,12	0,04	0,16	0,12	0,04	0,02
Toplam Alkalinite	60,0	60,0	75,0	60,0	60,0	55,0	60,0	70,0	60,0
Alüminyum	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Bakır	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Siyanürik Asit	10,47	23,13	15,70	10,36	0	11,06	10,36	9,05	9,10
Nitrat	1,90	2,13	1,36	3,50	1,51	3,36	3,50	2,16	2,84
Amonyum	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Koliform Bakteri	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Koloni	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH	7,10	7,00	7,30	7,20	7,00	7,10	7,20	7,20	7,00
Sıcaklık	31	29,8	31	28,4	28	28,1	28,4	28,3	28
Serbest Klor	2,30	1,80	2,70	2,80	1,50	2,80	2,50	2,20	2,40

2016 Haziran- Ağustos aylarında Manavgat ilçesindeki otellerin havuzundan alınan su numunesinin değerleri Tablo 1'te, verilmiştir. Çevre & Kent Laboratuvar ve Danışmanlık

Hizmetlerinden aldığım 2016 yılına ait verilerin ortalama değerlerinde bir problem olmadığı gözlemlenmiştir.

Yaz aylarında da turizme ve sıcaklığa bağlı olarak ölçülen değerlerde düzenli bakım ile bir artış gözlenmemiştir. Bu durumda göz önüne alınarak Sağlık Bakanlığının Yüzme Havuzlarının Tabi Olacağı Sağlık Esasları ve Şartları Hakkında Yönetmeliğe göre Manavgat ilçesindeki otel havuzlarının suyunun kullanılabilir bir su olduğunu verilerle desteklenmiştir.

Havuz suyu pH sınır değerleri istenilen aralıkta olmaması durumunda ise asidik durumda deride tahriş, yıpranma, vücutta yanma bazik olması durumunda saç ve vücutta kepeklenme gibi durumlar meydana gelir. Renk ve bulanıklığın sınır değerleri arasında olamaması durumunda ise görüntü kirliliğine neden olur. Su kirliliğini ifade eder. Temiz havuz sertifikası riske girer.

TEMİZ HAVUZ SERTİFİKASI

SAYI :
TARİH :

Ticari ismi :

Sahibi :

İşleticisi :

Adresi :

Havuz sayısı :

Yukarıda işleticisi, adresi ve sayısı belirtilen yüzme havuzunun Müdürlüğümüz tarafından yapılan denetimlerinde havuz hijyeni ile havuz suyu kalitesi bakımından Yönetmelikte belirtilen kalite standartlarını sağladığı tespit edilmiş olup "Temiz Havuz Sertifikası" verilmesi uygun görülmüştür.

İl Sağlık Müdürü

Şekil 2: Temiz Havuz Sertifikası Örneği

KAYNAKLAR

Yüzme Havuzlarının Tabi Olacağı Sağlık Esasları ve Şartları Hakkında Yönetmelik

BOYARMADDE ARITMA ALTERNATİFLERİ

Mehmet GÜVENDİ, Faruk Emirhan AYDEMİR, Aysun ŞEKERCİ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
mhmtgvnd06@gmail.com, faruk_f1.gs@hotmail.com,aysunsekerci38@gmail.com

ÖZET: Son yıllarda su kirliliği kontrolü büyük önem kazanmıştır. Alıcı su kaynaklarına verilen boyar maddeler organik yük olarak bu kirliliğin küçük bir kısmını oluşturmaktadır; ancak alıcı ortamda çok düşük konsantrasyonlarda boyar madde bulunması bile estetik açıdan istenmeyen bir durumdur. Günümüzde boyar maddelerin giderimi büyük oranda fiziksel ve kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Ancak bu yöntemlerin maliyeti oldukça yüksektir ve ortaya çıkan büyük miktardaki yoğunlaştırılmış çamurun bertarafı problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle büyük hacimli atıksulardaki boyar maddelerin etkili ve ekonomik bir şekilde giderilebilmesi için biyolojik sistemler gibi alternatif yöntemlere gereksinim vardır. Bu makalede, kimyasal, fiziksel ve biyolojik arıtım alternatifleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Arıtım, Boyar madde, Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik*

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artışına bağlı olarak artan ihtiyaçlar, beraberinde endüstriyel gelişmeleri de getirmiştir. Boyar maddelerin çeşitli endüstrilerde kullanım alanlarının artması oluşan atık suların renk yükünün de artmasına neden olur. Boyar maddelerin düşük bio-bozunur olmaları eko sistemde de çeşitli çevresel sorunlara neden olmaktadır. Bu yöntemlerle elde edilen renk giderim verimi atık sudaki boya türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Boya ve boyar maddeler; tekstil, inşaat, otomotiv, plastik ve benzeri alanlarda kullanılmaktadır. Renkli atıksuların doğrudan alıcı ortama deşarjı, ilgili su kütlesinde ışık geçirgenliğinin azalmasına bağlı olarak fotosentetik aktiviteleri olumsuz etkilemekte ve zamanla ortamdaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu azaltmaktadır. Aynı zamanda boyar maddelerin ve yan ürünlerinin doğaya zehirli etkileri ve insanlar üzerindeki mutajenik ve kanserojenik etkilerinden dolayı arıtılmaları zorunludur. Bu sebeple, çözünmüş organik katı madde(ÇOK), askıda katı madde (AKM) gibi kirletici parametrelerin yanı sıra renk parametresinin de kirletici bir parametre olarak kabul edilmesi kaçınılmazdır.

2. BOYAR MADDE KİMYASI VE GİDERİM YÖNTEMLERİ

Boyar madde molekülleri, aromatik yapı gibi, görünür ışığı (400-750 nm dalga boyunda) absorbe eden ve boyanın elyafın üzerine ve içine tutunmasını sağlayan kromojen gruplar içerir. Kromojen gruplar , kromofor adı verilen grupları içeren aromatik yapıdır.Kromofor renk verici anlamındadır ve kimyasal yapılarına göre ; Nitraso, Nitro, Azo, Etilen, Karbonil, Karbon-Azot, Kükürt grupları olmak üzere 7 gruba ayrılırlar.En yaygın

kromofor grubu üretilen boyaların %90-80'ini oluşturan "Azo" sınıfıdır.. (Sarıoğlu ve Dean, 1198) Boyanın asidik veya bazik olduğunu belirleyen bu gruplara örnek olarak ; -NH+ , OH- , Br- ve Cl- gösterilebilir.(Temiz, 1994) Boyar madde giderimi kimyasal, fiziksel ve biyolojik arıtım ile sağlanabilir.

3. KİMYASAL YÖNTEMLER

Kimyasal yöntemlerle boyar madde giderimi için uzun yıllardan beri en çok rağbet gören yöntem olmuştur. Bunun en büyük nedeni şüphesiz atıksu kalitesinde meydana gelen değişikliklerin kullanılan kimyasalda veya uygulanan dozda yapılan değişikliklerle kolayca tolere edilebilir olmasıdır.En yaygın olarak kullanılan kimyasal yöntemler oksidasyon yöntemleri, kimyasal çöktürme ve flokülasyon yöntemi ile arıtımdır.

3.1 Oksidasyon

Bu yöntem, kimyasal yöntemler içinde en yaygın olarak kullanılan boyar madde giderme yöntemidir. Bunun en büyük nedeni uygulanmasının basit oluşudur. Kimyasal oksidasyon sonucu boya molekülündeki aromatik halka kırılarak atıksudaki boyar madde giderilir.

3.1.1 H_2O_2-Fe(II) Tuzları (Fenton ayıracı)

Fenton ayıracı Fe(II) tuzlarıyla aktive edilmiş hidrojen peroksit) biyolojik arıtmayı inhibe edici ya da toksik atıksuların oksidasyonu için çok uygundur. Fenton ayıracı ile yapılan arıtım ön oksidasyon ve koagülasyon olmak üzere iki adımda gerçekleşir. Yapılan bir çalışmada fenton ayıracıyla yapılan ön oksidasyon prosesinde renk giderim hızının KOİ giderim hızına göre daha yüksek olduğu ve renk ile KOİ gideriminin büyük bir kısmının ön oksidasyon basamağında gerçekleştiği belirlenmiştir.Atıksuların fenton ayıracı ile arıtılmasında renk yok edildiği gibi adsorbe olabilir organohalidler de giderilebilmektedir. Ayrıca, metal-kompleks türündeki boyalardan kaynaklanan ağır metaller, demir oksitlerle birlikte nötralizasyon basamağında çöktürülebilmektedir. Fenton ayıracı ile arıtma bu açıdan H_2O_2 kullanılan yöntemlere göre daha avantajlı konumdadır.(Sewekow, 1993) KOİ, renk ve toksisite giderimi gibi avantajları yanında prosesin bazı dezavantajları da mevcuttur: Proses floklaşma işlemini

de içerdiği için atıksudaki kirleticiler çamura transfer olurlar ve çamur problemi ortaya çıkar.(Robinson ve diğ., 2001)

3.1.2 Ozon

Ozonlama ile dikkate değer boyutlarda renk giderimi sağlanabilmektedir. Ozonlama sonucu elde edilen renk giderimi boyanın cinsine göre farklılık göstermektedir.

Ozonla oksidasyon, klorlu hidrokarbonların, fenollerin, pestisitlerin ve aromatik hidrokarbonların parçalanmasında da oldukça etkilidir. Boya içeren atıksulara uygulanan dozaj, toplam renge bağlıdır ve giderilecek KOİ bir kalıntı ya da çamur oluşumuna veya toksik ara ürünlerin oluşumuna neden olmaz. Yarı ömrünün kısa oluşu (tipik olarak 20 dakika) ozonlamanın en büyük dezavantajıdır. Ozonlama yönteminin diğer bir dezavantajı kısa yarı ömrüne bağlı olarak ozonlamanın sürekli olması gerekliliği ve yüksek maliyettir.

3.1.3 Fotokimyasal Yöntem

Bu yöntem boya moleküllerini, hidrojen peroksit varlığında UV radyasyonu ile CO_2 ve H_2O'a dönüştürür. Parçalanma yüksek konsantrasyonlardaki hidroksil radikallerinin oluşmasıyla meydana gelir. Yani, UV ışığı hidrojen peroksiti aktive ederek iki hidroksil radikaline parçalanmasını sağlar.

$$H_2O_2 + hv \rightarrow 2OH-$$

Böylece organik maddenin kimyasal oksidasyonu gerçekleşir. Fotokimyasal yöntemlerde UV radyasyonu genellikle civa ark lambalarıyla sağlanmaktadır. Boyar maddenin giderim hızı, UV radyasyonunun şiddetine, pH'a, boyar maddenin yapısına ve boya banyosunun kompozisyonuna bağlıdır. Genellikle, pH 7 olduğunda, UV radyasyon şiddeti yüksek olduğunda, farklı boya sınıfları için farklı değerler alan optimum miktarda hidrojen peroksit uygulandığında ve boya banyosu yükseltgenme potansiyeli peroksitten büyük olan oksitleyici maddeler içermediğinde etkili bir renk giderimi söz konusudur.(Slokar ve Mareechal, 1998) .Boya içeren atıksuların fotokimyasal yöntemlerle arıtılmasının en önemli avantajı atık çamur oluşmaması ve kötü kokulara neden olan organiklerin önemli derecede azaltılmasıdır.

3.1.4 Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Renkli atıksuların kimyasal oksidasyonu klorlu bileşiklerle de mümkündür. Bu metodda, Cl+ ile boya molekülünün amino grubuna etki eder ve azo bağının kırılmasını sağlar. Klor konsantrasyonundaki artışla birlikte renk giderimi de artar. Sodyum hipoklorit ile renk giderimi asit ve direkt boyalar için tatmin edici sonuçlar vermektedir. Reaktif boyaların arıtımı için ise daha uzun zamana ihtiyaç vardır. Metalkompleks boya çözeltileri arıtımdan sonra kısmen renkli kalırken dispers boya çözeltilerinde NaOCl ile renk giderimi gerçekleşmez.(Slokar ve Mareechal, 1998) Son yıllarda alıcı ortamlardaki olumsuz etkilerinden dolayı boyar madde giderimi için klor kullanımı azalmıştır.

3.1.5 Elektrokimyasal yöntem

Boya gideriminde etkili bir şekilde kullanılabilirliği açısından yöntem bazı önemli avantajlara sahiptir. Kimyasal madde tüketimi çok azdır veya yoktur ve çamur oluşumu sözkonusu değildir. Oldukça etkili ve ekonomik bir boya giderimi sağlar, renk gideriminde ve dirençli kirleticilerin parçalanmasında yüksek verim gösterir. Organik bileşiklerin elektrokimyasal yöntemlerle arıtımında söz konusu bileşikler anot üzerinde su ve karbondioksite okside olmaktadır. Önceleri anot olarak grafit sıklıkla kullanılmakta idi ancak son yıllarda yapılan çalışmalar elektro-oksidasyon için ince tabaka halinde soy metallerle (Platin, rutenyum vb.) kaplanmış titanyum elektrodlarının kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır.Yöntemin en büyük dezavantajı tehlikeli bileşiklerin oluşma olasılığıdır.(Naumezyk ve dig., 1996) Yüksek akım hızlarının renk gideriminde doğrudan bir azalmaya neden olması diğer bir dezavantajdır. Kullanılan elektrik maliyeti diğer yöntemlerdeki kimyasal madde giderleriyle kıyaslanabilir niteliktedir.

3.2 Kimyasal Floklaştırma ve Çöktürme Yöntemi

Bu yöntemde floklaşma ve çökelme kimyasal maddeler yardımıyla sağlanır. Atıksuya katılan kimyasal maddeler yardımıyla meydana gelen floklaşma ile çözünmüş maddeler ve kolloidler giderilirler. En çok kullanılan kimyasallar arasında, $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $FeSO_4$ ve kireç sayılabilir.Kimyasal çöktürme deneylerinde makul kimyasal dozlarıyla orta dereceden yüksek dereceye kadar renk giderimi sağlandığı ve kullanılan kimyasallar içinde alümun nispeten daha etkili olduğu görülmüştür. Kimyasal çöktürme yönteminde inşaat masraflarından ziyade

işletme masrafları önem taşımaktadır. Özellikle floklaşma maddeleri ve meydana gelen çamurun bertaraf edilmesi, giderlerin önemli bir kısmını teşkil etmektedir.

4.FİZİKSEL YÖNTEMLER

4.1 Adsorpsiyon

Adsorbsiyonla renk gideriminde en çok kullanılan yöntem aktif karbon yöntemidir. Aktif karbonla renk giderimi özellikle katyonik, mordant ve asit boyalar için etkiliyken, dispers, direkt, vat, pigment ve reaktif boyalar için daha az bir renk giderimi sözkonusudur. Metodun performansı kullanılan karbonun tipine ve atıksuyun karakteristiğine bağlıdır. Rejenerasyon ve tekrar kullanım performansta azalmaya neden olurken bu dezavantaj aşırı miktarda aktif karbon kullanılmasıyla giderilebilir. Ancak aktif karbon pahalı bir malzemedir. Adsorban olarak kullanılabilen diğer bir malzeme bataklık kömürüdür. Bataklık kömürü, boya içeren atıksulardaki polar organik bileşikleri ve geçiş metallerini adsorblayabilmektedir.Ağaç kırıntıları, uçucu kül+kömür karışımı, silika jeller, doğal killer, mısır koçanı gibi malzemeler de, boya gideriminde adsorban olarak kullanılabilmektedir. Bunların ucuz ve elde edilebilir oluşu boyar madde giderimindeki kullanımını ekonomik açıdan cazip kılmaktadır.

4.2 MembranFiltrasyonu

Bu yöntemle boyanın sürekli olarak arıtılması, konsantre edilmesi ve en önemlisi atıksudan ayrılması mümkün olmaktadır. Diğer yöntemlere göre en önemli üstünlüğü sistemin sıcaklığa, beklenmedik bir kimyasal çevreye ve mikrobiyal aktiviteye karşı dirençli olmasıdır. Ters osmoz membranları çoğu iyonik türler için %90'nın üzerinde verim gösterir ve yüksek kalitede bir permeateldesi sağlar. Boya banyoları çıkış sularındaki boyalar ve yardımcı kimyasallar tek bir basamakta giderilmiş olur.

4.3 İyon Değişimi

Boya içeren atıksuların arıtılmasında iyon değiştiricilerin kullanılması henüz yeterince yaygın değildir. Bunun ana nedeni, iyon değiştiricilerle arıtılarak olumlu sonuç alınan boya sınıfının kısıtlı olduğu düşüncesidir. Yöntemde, atıksu, mevcut değişim bölgeleri doygunluğa erişene kadar iyon değiştirici reçineler üzerinden geçer. Bu şekilde, boyar madde içeren atıksulardaki hem katyonik hem de anyonik boyalar uzaklaştırılabilmektedir. Yöntemin

avantajları, rejenerasyonla adsorban kaybının bulunmaması, çözücünün kullanıldıktan sonra iyileştirilebilmesi ve çözünebilir boyaların etkin şekilde giderilebilmesidir. En büyük dezavantaj ise kuşkusuz yöntemin maliyetidir. Organik çözücüler oldukça pahalıdır. Ayrıca iyon değişimi metodu dispers boyalar için pek etkili değildir.

5.BİYOLOJİK YÖNTEMLER

Biyolojik arıtım, endüstriyel proseslerden alıcı sistemlere transfer olan organikler için en önemli giderim prosesidir. Atıksular için önerilen fiziksel ve kimyasal yöntemlerin yüksek maliyet gerektirmeleri ve her boya için kullanılamıyor olmaları, uygulanmalarının sınırlı olmasına neden olmuştur. Son zamanlarda yapılan çalışmalar birçok boya türünü atıksudan giderebilme yeteneğine sahip yaygın mikroorganizma türlerinin mevcudiyetini vurgulamış ve biyoteknolojik metodları ön plana çıkarmıştır. Yani, teorik olarak biyolojik arıtma sistemleri kimyasal ve fiziksel arıtma yöntemlerine göre daha az çamur üretmesi, maliyetinin daha düşük olması veya alıcı ortamlar için zararlı yan ürünlerin oluşmaması gibi özelliklerinden dolayı atıksuların arıtımı için ideal çözüm olarak kabul edilmektedir.

5.1 Aerobik Yöntem

Suda iyi çözünen bazik, direkt ve bazı azo boya atıklarının olması durumunda mikroorganizmalar bu tür bileşikleri biyolojik olarak indirgeyememekle birlikte boyanın bir kısmını adsorbe ederek atıksuyun rengini almakta ve renk giderimi sağlanabilmektedir. Azo boyar maddeler gibi sentetik boyaların aerobik şartlar altında mikrobiyal parçalanmaya karşı dirençli olmasının nedeni boya malzemelerinin, kimyasal ve ışık kaynaklı oksidatif etkiler sonucu renklerinin solmamasını sağlayacak şekilde sentezlenmeleridir.

5.2 Anaerobik Yöntem

Anaerobik olarak renk gideriminin gerçekleşebilmesi için ilave karbon kaynağına ihtiyaç vardır. İlave karbon metan ve karbondioksite dönüştürülmekte ve elektronlar açığa çıkmaktadır. Bu elektronlar elektron taşıma zincirinden son elektron alıcısına yani azo-reaktif boyaya taşınmakta ve boyayla reaksiyona girerek azo bağını indirgemektedir. Böylece anaerobik parçalanma sonucunda azo boyar maddelerdeki renkten sorumlu azo bağı kırılmakta ve renk giderimi sağlanmaktadır. Bu olay oksijen tarafından inhibe edilmektedir. Bu nedenle

boya atıklarını renksizleştirmek için ilk adım azo köprüsünün indirgenerek parçalandığı anaerobik koşullar altında arıtım olmalıdır.

5.3 Biyosorpsiyon

Kimyasal maddelerin mikrobiyal kütle tarafından adsorpsiyonu veya kütlede birikimi biyosorpsiyon olarak ifade edilmektedir. Ölü bakteriler, maya ve mantarlar boyar madde içeren atıksuların renginin giderilmesinde kullanılabilmektedir. Boyar madde içeren atıksu çok toksik olduğunda biyosorpsiyon avantajlı olmaktadır.

6.ARAŞTIRMA BULGULARI

Reaktif Kırmızı 198 ve Metilen Mavi boyasının bulunduğu sentetik atıksudan ileri oksidasyon yöntemlerinden UV/TiO_2 sistemi kullanılarak renk giderimi hedeflenmiştir. Bu bağlamda öncelikle oksidasyonu sağlayacak olan titanyum dioksit dozlarının ve farklı pH değerlerinin etkisi araştırılmıştır. Ultraviyole ışının etkisini artırmak amacıyla yarı iletken olan TiO_2kullanımı oldukça yaygın ve etkisi fazladır. RR181'in ultrasonik parçalanması üzerine TiO_2'nin etkisini belirlemek için 0,05, 0,1 ve 0,25 g/L dozlarında denemeler yapılmış ve Şekil 3'de görüldüğü gibi artan TiO_2 miktarıyla renk giderimi artmıştır. Tek başına RR181'in ultrasonik parçalanmasında %8'lik bir giderim verimi elde edilirken ortama 0,05, 0,1 ve 0,25 g/L TiO_2 ilavesi ile verimler sırasıyla %18, 48 ve 95'e yükselmiştir. Bunun sonucunda optimumTiO_2 değeri 0,25 g/L olarak seçilmiştir.

Aynı şekilde MM nin katalizör ve UV ile beraber farklı katalizör dozlarında; ortama 0,05, 0,1 ve 0,25 g/L TiO_2 ilavesi ile verimler sırasıyla %38, 48 ve 56'ya yükselmiştir. Bunu sonucunda optimumTiO_2 değeri 0,25 g/L olarak seçilmiştir. Ultrases üzerine TiO_2'nin etkisi belirlemek için incelenen diğer bir parametre ortamın pH değeridir. Genellikle boyaların oksidasyonu asidik şartlarda daha etkilidir (Eren, 2002). Çalışmamızda farklı pH denemeleri yapılmıştır. Buna göre, pH 2, 4 ve 5.5 değerleri çalışılmıştır. Optimum pH 2 olarak seçilmiştir.

Tablo 1: Farklı boya türlerinin UV/ TiO_2 metodu ile giderimi

Boya Adı	Metod	% Giderim	Kaynak
Reaktif Kırmızı 198	UV/ TiO_2	%18-95	(Başturk E, 2017)
Metilen Mavisi	UV/ TiO_2	%38-56	(Başturk E, 2017)

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyolojik olarak parçalanamayan boyar maddeler ve toksik bileşikler içerme olasılığının yüksek olması, alıcı sular açısından risk oluşturma potansiyelini de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle atıksuların uygun ve etkili yöntemlerle giderilmesi büyük önem taşımaktadır. Kimyasal çöktürme yönteminde kullanılan kimyasalların maliyeti ve oluşan çamur problemi şüphesiz yöntemin en büyük dezavantajlarıdır. Oksidasyon yöntemlerinin uygulanmasını sınırlayan faktör ise toksik yan ürünlerin oluşma potansiyelidir. Fiziksel yöntemler içinde yaygın şekilde kullanılan adsorpsiyon yönteminde aktif karbon kullanımı arıtım verimliliği açısından etkili olurken malzemenin pahalı oluşu ve rejenerasyon ihtiyacı dezavantaj oluşturmaktadır. Daha ucuz adsorbanların kullanımı rejenerasyon ihtiyacını ortadan kaldırırken bertaraf edilmesi gereken atık problemi doğmaktadır. Diğer bir fiziksel metod olan membran filtrelerde, ayırmadan sonra kalan konsantre atığın bertaraf problemlerine neden olması, sermaye giderlerinin yüksek olması, membranın tıkanma olasılığı gibi dezavantajlar söz konusudur. İyon değiştiriciler için en büyük dezavantaj ise kuşkusuz yöntemin maliyetidir. Bazı özel aerobik türlerin kullanılmasıyla etkin bir renk giderimi sağlanabilmesine rağmen klasik aktif çamur sistemlerinde renk giderimi genel olarak biyokütleye olan adsorpsiyonla sağlanmaktadır. Sistemde meydana gelen düşük renk giderimi, sistem çıkış suyunun alıcı su kaynakları için gerek estetik gerekse ekolojik açıdan bir risk oluşturmasına neden olmaktadır. Atıksuların boyarmadde giderimi için anaerobik ön arıtımın kullanılabilirliği üzerinde odaklaşmaktadır. Kombine bir anaerobik-aerobik prosesle hem etkili bir renk giderimi sağlanabilmekte hem de yüksek bir KOİ giderim verimine ulaşılabilmektedir. Bu nedenle boyar maddelerin aerobik ve anaerobik giderim mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına ve arıtmadan sorumlu türlerin tespitine yönelik çalışmalar hız kazanmalıdır.

KAYNAKLAR

Baştürk E.,2012, *"Reaktif Mavi 181 Boyasının İleri Oksidasyon Yöntemlerinden UV/H_2O_2 Prosesi İle Giderilmesi"* Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Eren, Z. 2002, ''Tekstil Boyar Maddesi İçeren Sulu Ortamdan Giderimi'' Atatürk Üniversitesi, Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Kapdan, İ.A. ve Kargı, F. (2000) Atıksulardan Tekstil Boyar Maddesinin Coriolus Versicolor ile Dolgulu Kolon Reaktörde Giderimi, İ.T.Ü. 7. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, İstanbul, 1-7.

Kiran, I., Akar, T., Safa Ozcan, A., et. al. 2006 "Biosorption kinetics and isotherm studies of Acid Red 57 by dried Cephalosporium aphidicola cells from aqueous solutions", Biochem.Eng.J. 31, pp. 197-203

Naumczyk, J. Szyprkowicz, L. and Zilio-Grandi, F. (1996) Electrochemical Treatment of Textile Wastewaters, Water Science and Technology, 34(11), 17-24.

Özmen, E.Y., Erdemir, S., Yılmaz, M. et. al., 2007 "Removal of carcinogenic direct azo dyes from aqueous solutions using calix[n]arene derivatives", Clean. 35, pp. 612-616

Robinson, T. Chandran, B. Nigam, P. 2002 "Removal of dyes from a synthetic textile dye effluent by biosorption on apple pomace and wheat straw", Water Res., 36, pp. 2824-2830

Sarıoğlu, M. and Dean, C. 1998. Tekstil Atık Sularından Renk Giderimi İçin UASB(Yukarı Akışlı Çamur Yatağı) Reaktörünün Kullanılması Örneği. İ.T.Ü. 6. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, 37- 42

Sewekow, U. (1993) Treatment of Reactive Dye Effluents with Hydrogen Peroxide/Iron(II) Sulphate, Melliand Textilberichte, 74, 153-156.

Slokar, Y. M. and Marechal, A.M.L. (1998) Methods of Decoloration of Textile Wastewaters, Dyes and Pigments, 37(4), 335-356

Temiz, A., 1994. Genel Mikrobiyoloji Uygulama Teknikleri. Şafak Matbaacılık, Ankara, 86-89.

Tünay, O., Kabdaslı, I., Eremektar, G. ve Orhon, D. (1996) Color Removal From Textile Wastewaters, Water Science and Technology, 34(11), 9-16.

Vandevivere, P.C., Bianchi, R., Verstraete, W. 1998 "Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry:review of emerging tecnologies", J.Chem. Technol. Biotechnol.72, pp.9-302

KATALİTİK OZONLAMA İŞLEMİ İLE SULARDAN DOĞAL ORGANİK MADDE GİDERİMİ

Mehtap YILMAZ[1], Rabia CEYLAN[1], İhsan SALMAN[1], Arzu KOCASARI[1]
[1]*Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü,68100 Aksaray*
mehtapylmaz@hotmail.com, ceylanrabia06@gmail.com, ihsansalman@outlook.com

ÖZET: Bu çalışmasının amacı, laboratuvar ortamında nano boyutta sentezlenen demir bazlı partiküller kullanarak adsorpsiyon ve katalitik oksidasyon prosesleri ile sulardan dezenfeksiyon yan ürünlerinin (DYÜ) öncüsü olarak bilinen Doğal Organik Madde (DOM) gideriminin araştırılmasıdır. Çeşitli parçacık fraksiyonlarında sentezlenen demir bazlı partiküller hem adsorban hem de heterojen katalizör olarak test edilmiştir. DOM giderimi suyun UV absorbansında ve THM oluşum potansiyelindeki azalma ile izlenmiştir. Tekil ozonlama ve tekil adsrobsiyona göre demir bazlı nanopartiküller katalizörlüğünde ozonlamahem adsorptif hem de oksidatif olarak DOM giderim kapasitelerini önemli miktarda artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Doğal Organik Madde(DOM), Katalitik Ozonlama, Demir Bazlı Nanopartiküle (FeNP).*

1. GİRİŞ

Doğal organik maddeler tüm yüzeysel ve yer altı sularında hatta yağmur suyunda bile bulunabilmektedir. Sulardaki doğal organik maddelerin büyük bir bölümünü hümik maddeler oluşturmaktadır. Doğal organik maddelerin %90 ‘ı sularda çözünmüş formada bulunmakta ve bu çözünmüş organik maddeler içerisinde sucul hümik maddeler en yüksek miktarda bulunan fraksiyonu oluşturmaktadır. Doğal sularda DOM’ların bulunması içme suyu arıtımında ve şebekelerde oldukça fazla problemler oluşturmaktadır.Şebekelerde substrat olarak mikrobiyolojik büyümeye sebep olabilmesi, metalleri ve hidrofilik sentetik organikleri yapısına bağlayarak onları arıtılması zor hale getirmesi, içme suyunda tat ve koku oluşturması, daha fazla koagülant ve dezenfektan/oksidan gereksinimine sebep olması, hidrofobik organiklerin (örn., pestisitler), metallerin (örn., kurşun,kadmiyum, bakır ve civa), radyonükleoitlerin (örn., plutonyum ve uranyum) hareketini ve taşınımını artırmaları DOM’ların neden olduğu bazı problemler arasında sayılabilir. Ancak sağlık açısından belki de en önemli sorun klor gibi oksidanlar/dezenfektanlar ile reaksiyonları sonucu mutajenik ve karsinojenik olmalarından şüphelenilen dezenfeksiyon yan ürünlerini oluşturmalarıdır.

1.1.Katalitik Ozonlama Prosesleriyle DOM Giderimi

Ozon hemen hemen bütün organik maddelerle reaksiyona girecek kadar güçlü bir oksidandır. Ozonun sularda oksitleme gücü pH ve reaksiyon süresine bağlıdır. Ozon organik maddelerin karbon bağlarını kolayca parçalar hatta aromatik halkayı kırar. Bazı organik maddeleri ise kısmen oksitleyebilir ancak oksitlenen ara ürünler ve bazı dirençli organik kirleticiler ozonla kolay olamazlar. Günümüzde, bu tür kirleticilerin giderimi için ileri

oksidasyon proseslerinin (İOP) kullanımı artmaktadır. İleri oksidasyon proseslerinin etkinliği, reaksiyon ortamında üretilen ve girdikleri reaksiyonlarda seçici davranmayan oldukça reaktif hidroksil radikallerine (OH•)bağlanmakta ve su arıtımında yeterli miktarda hidroksil radikali üreten sistemler ileri oksidasyon prosesleri olarak tanımlanmaktadır (Glaze et al.. 1987). Serbest radikal reaksiyonlarına bağlı temel ileri oksidasyon proseslerinden bazıları şunlardır; O_3/H_2O_2, O_3/OH^-, H_2O_2/Metal iyonları (Fe^{+2} ile kullanımı Fenton reaktifi olarak adlandırılır), O_3/UV, H_2O_2/UV, O_3/ H_2O_2/UV, Foto-Fenton, Elektron ışınları, Ultrason, Vakum-UV, H_2O_2/Metal Oksitler, Elektro-Fenton**,** TiO_2/ O_2/UV (Kasprzyk-Hordern vd. 2003).

İleri oksidasyon yöntemleriverimli olmaları, seçici olmamaları ve geniş kullanıma sahip olmaları gibi nedenlerle ümit verici yöntemler olarak görülmektedir. Bu proseste, toksik ve biyolojik parçalanmaya dayanıklı organik maddelerin zararsız formlara dönüşmesi yoluyla giderilmesi sağlanmaktadır. Prosesin birçok organik kirleticinin (klorlu organikler, deterjanlar, pestisitler, boyalar, fenoller vb) giderimin de etkili olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, ileri oksidasyon yöntemleri bazı orgonometallerin giderimin de (örn. siyanür) de denenmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu çalışmada laboratuvar ortamında sentezlenendemir bazlı nanopartiküller katalizörlüğünde ozonlama prosesleri ile sudan DOM giderimi araştırılmıştır. Doğal organik maddeleri temsilen seyreltik sodyum hidroksit çözeltisi içerisinde hazırlanan hümik asit çözeltileri kullanılmıştır. DOM giderimi suyun UV absorbansı ve THM oluşum potansiyelindeki azalma ile izlenmiştir.

2.MATERYAL VE METOTLAR

2.1. Kimyasallar

Çalışmalarda model kirletici olarak Aldrich Hümik asit kullanılmıştır. pH ayarlamaları için 0.1 N NaOH ve kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda katalizör olarak demir bazlı nanopartikül (FeNP) kullanılmıştır.

2.2. Analiz Metotları

Çalışmalarda suda çözünmüş ozon analizleri JUMO Aquis 500 marka ozon analizörü ile sürekli olarak ölçülmüştür. Ozon ölçümleri SM 4500-O_3 B indigo metodu ile doğrulanmıştır. Arıtım öncesi ve sonrası suyun UV_{254} absorbans ölçümleri Standart Metotlar 5910 B'ye göre Shimadzu UV-1280 UV-VIS spektrofotometre cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Su

örneklerinde THM analizleri suyun kloroform oluşturma potansiyeli baz alınarak SM 5710 B'ye uygun olarak yapılmıştır.

2.3. Deneysel Metotlar

Deneysel çalışmalar Şekil 2.1'de verilen 1.0 L hacimli cam malzemeden yapılmış tam karışımlı kesikli reaktörde yürütülmüştür. Çalışmalarda, hava komprasörü vasıtasıyla çekilen ortam havası oksijen konsantratöründen geçirildikten sonra kontrollü akışlarla ozon jeneratörüne beslenmekte ve belirli konsantrasyonlarda ozon gazı üretilmektedir. Üretilen ozon gazı, difüzör vasıtası ile belirli akış hızlarında su ile doldurulmuş ozon reaktörüne verilmiştir. Reaktörde, ozon istenilen konsantrasyona ayarlandıktan sonra hızlı bir şekilde sentetik olarak hazırlanmış hümik asit çözeltisi ve çalışmalarda kullanılan katalizör reaktöre ilave edilmiştir. Hümik asit çözeltileri 0.1 N NaOH çözeltisi içerisinde hazırlanmış ve çözelti 2 saat süre ile karıştırıldıktan sonra 0.45 µm membran filtre kağıdından süzülerek kullanılmıştır.Reaktörde tam karışım mekanik bir karıştırıcı ile sağlanmıştır. Katalizör ilavesinden sonra reaktörden 0.5 L/dk akış hızında ozon hücresine sirküle edilen su içerisinde JUMO Aquis 500 marka ozon analizörü ile sürekli ozon konsantrasyonu takibi gerçekleştirilmiştir. Reaktörden belirli zaman aralıklarında şırınga ile alınan örnekler filtrelerden geçirildikten sonra ozonun reaksiyonlarını durdurmak için Na_2SO_3 çözeltisi kullanılmıştır. Daha sonra alınan örneklerin bir kısmında 254 nm de absorbans ölçümleri gerçekleştirilmiş diğer kısmı ise klorlandıktan sonra 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. Belirlen süre sonunda örneklerde THMOP tayin etmek amacı ile kloroform analizleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1. Deney Düzeneği

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1.Tekil AdsorpsiyonÇalışması

Katalizör yüzeyinde HA adsorpsiyonunun incelenmesi katalitik ozonlama reaksiyon mekanizmasının ortaya konulması için önemlidir. Katalitik ozonlama deneyleri sırasında katalizör yüzeyinde tutunan kirletici miktarının belirlenmesi amacıyla farklı katalizör dozları, 10 mg/L konsantrasyonundaki hümik asit çözeltisine eklenmiş ve 60 dk boyunca 600 rpm'de karıştırılmıştır. Zamana bağlı olarak alınan numunelerde UV_{254} ve THMOP parametrelerinin takibi gerçekleştirilmiştir. UV_{254} değerlerinin zamana bağlı değişimleri Şekil 3.1.1'de, THMOP'ndeki azalma verimleri ise Şekil 3.1.2'de verilmiştir.

Şekil 3.1.1. Hümik asit adsorpsiyonu ([FeNP] = 0,025gr/L, [HA] = 10mg/L, pH = 7)

Şekil 3.1.2. Hümik asit adsorpsiyonu ([HA] = 10mg/L, pH = 7)

3.2.Tekil Ozonlama Çalışması

Yüzeysel suları temsil eden hümik asitle hazırlanmış model çözeltiler üzerinde tekil ozonlamanın doğal organik madde giderim verimliliğine etkisi incelenmiştir.Hümik asit konsantrasyonu 10mg/L olan model çözeltilere kendi PH değerlerinde farklı ozon dozları uygulanmış, UV_{254} ve THMOP parametrelerinin zamana göre değişimleri incelenmiştir.Şekil 3.2.1'de görüldüğü gibi bireysel ozonlama ile suyun UV absorbansında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Şekil 3.2.2'de verilen sonuçlardan ise THMOP'inde % 63'e varan oranda bir azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.2.1. Tekil ozonlamanın doğal organik madde giderimine etkisi

([HA] = 10mg/L, [O_3] = 10 mg/L, pH = 7)

Şekil 3.2.2. Tekil ozonlamanın doğal organik madde giderimine etkisi
([HA] = 10 mg/L, [O_3] = 10 mg/L, pH = 7)

3.3.Katalizör Dozu Çalışması

Katalizör dozu, katalitik ozonlamada önemli bir parametredir.Katalitik ozonlama deneylerinde ilk olarak 0,025 - 0,050, 0,075 ve 0,1gr/L katalizör dozlarının etkisi araştırılmış olup deneyler sırasında hümik asit konsantrasyonunu 10 mg/L ve pH 7 değerinde sabit tutulmuştur.1 litre hacimli kesikli reaktörde yapılan deneyler sucul ortamda çözünmüş ozon dozu sıfırlanana kadar devam ettirilmiş ve bakiye O_3,UV_{254} ve THMOP parametrelerinin zamana bağlı değişimleri incelenmiştir.

Şekil 3.3.1. Katalizör dozuna bağlı olarak ozonun dekompozisyonu
([O_3] = 10mg/l, [HA] = 10 mg/L, pH=7)

Şekil 3.3.2. Katalizör dozuna bağlı olarak THMOP giderimi
([O_3] = 10mg/L, [HA] = 10 mg/L, pH = 7)

Şekil 3.3.3:Katalizör dozuna bağlı olarak UV_{254} azalımı
([O_3] = 10mg/L, [HA] = 10 mg/L, pH= 7)

4.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1.Tekil Adsorpsiyon Çalışması

Suyun UV_{254} değerlerinde yaklaşık % 14 civarında bir azalma gözlenirken THMOP'nde % 27'ye yakın bir azalma gözlenmiştir. Bu sonuçlar hümik asit demir bazlı nano partiküler üzerinde tutunduğunu göstermektedir.

3.2.Tekil Ozonlama Çalışması

Şekil 3.2.1'de görüldüğü gibi bireysel ozonlama ile suyun UV absorbansında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Şekil 3.2.2'de verilen sonuçlardan ise THMOP'inde % 63'e varan oranda bir azalma gözlenmiştir. Bu sonuçlar bireysel ozonlama ile hümik asitin okside olduğu ancak büyük molekül ağırlıklı fraksiyonların parçalanması ile oluşan küçük molekül ağırlıklı fraksiyonların da UV absorplama özelliklerinin olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

3.3.Katalizör Dozu Çalışması

Şekil 3.3.1'de verilen sonuçlardan katalizör dozunun artmasına bağlı olarak ozonun daha hızlı dekompoze olduğu ve dolayısıyla daha fazla radikal oluştuğu söylenebilir. Katalizör dozunun artmasıyla birlikte ozonun dekompoze olabileceği aktif siteler artmakta ve bu siteler daha fazla radikalin oluşmasına ve kirleticinin giderilmesine imkan sağlamaktadır. Bu siteler üzerinde oluşan radikallerin bir kısmı kirleticinin giderimi için harcanırken bir kısmı da ozonla tekrar reaksiyona girerek ozonun dekompoze olmasını sağlamaktadır. Katalitik ozonlamanın hümik asit giderimine olan etkisinin incelendiği çalışmaların sonuçları ise Şekil 3.3.2 ve Şekil 3.3.3'te verilmiştir. Katalizör dozlarının artması kirletici giderimine önemli bir katkı sağlamaktadır. Şekil 3.3.2'de farklı katalizör dozlarının suyun UV absorbansının değişimi üzerine olan etkisi, Şekil 3.3.3'te ise THMOP üzerine olan etkisi görülmektedir. Her iki çalışmanın sonucunda da demir bazlı nanopartiküllerin hümik asitin oksidasyonunu artırdığı görülmüştür. Kullanılan katalizör dozuna bağlı olarak bu artışın suyun UV absorbansında %67'ye, THMOP'nde ise % 70'e çıktığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Glaze, W.H.,Kang, J.-W. ve Chapin, D.H., 1987. The chemistry of water treatment processes involving ozone hydrogen peroxide and ultraviolet radiation.

Kasprzyk-Hordern, B.,Ziółek, M. ve Nawrocki, J., 2003. Catalytic ozonation and methods of enhancing molecular ozone reactions in water treatment. Applied Catalysis B: Environmental, 46, 4, 639-669.

GAZİANTEP KATI ATIK YÖNETİMİ

Meriç YALMAN
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
mericyalman@gmail.com

ÖZET: Katı atıklar, insan aktivitelerinden ileri gelen ve normalde katı halde bulunan, kullanılamaz hale gelmiş veya istenmeyen maddelerin tümünü kapsar. İlk çağlardan günümüze kadar, insanlar dünya kaynaklarını hayatlarını sürdürebilmek için kullanmışlardır. Bu yolla oluşan atıkların bertarafı uzun bir süre önemli bir problem teşkil etmemiştir. Endüstri devrimiyle kirlilik artmış ve atıklar büyük bir problem haline gelmiştir.
Bu çalışmada, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin birleşme noktasında yer alan ve bölgenin gerek sanayi, gerekse nüfus bakımından en gelişmiş kentlerinden biri olan Gaziantep ilinde katı atık yönetimi, katı atık özellikleri, atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf uygulamaları değerlendirilmiştir. Gaziantep ilinde 2008 yılında 354.899 ton katı atık toplanarak düzenli depo sahasında bertaraf edilmiştir. Son 10 yıl içerisinde kentte oluşan katı atık miktarı yaklaşık 2 kat artmıştır. Katı atıkların bertarafı amacıyla kullanılan Mazmahor Düzenli Depo Sahasının 2046 yılına kadar hizmet vermesi planlanmakta olup bu amaçla 32,3 ha lık bir alan ayrılmıştır. Depo gazından enerji elde edilmesi ve depo sahası rehabilitasyonu işleri için herhangi bir bedel ödenmeyeceğinden 29 yılsonunda belediyenin 58 milyon USD kazanç sağlaması beklenmektedir.
Gaziantep'te yaklaşık 390 sağlık kuruluşu mevcut olup bu tesislerden günde yaklaşık 4000 kg tıbbi atık toplanmaktadır. Bu sağlık kuruluşları hastaneler, sağlık ocakları, poliklinikler, tıp merkezleri ve sağlık kabinleri başta olmak üzere özel muayenehanelerin de dahil edildiği çok sayıda kaynaktan meydana gelmektedir. Bu çalışmada hemen her konuda olduğu gibi sağlık hizmetleri konusunda da bulunduğu bölgenin en önemli merkezlerinden biri olan Gaziantep ilinde tıbbi atıkların yönetimindeki mevcut durum ve yapılması planlanan çalışmalar ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu kapsamda kentte bulunan hastane sayıları, oluşan tıbbi atık miktarları ve özellikleri ile bunlara bağlı olarak tercih edilen tıbbi atık bertaraf yöntemi açıklanmıştır.

TOPRAK KİRLİLİĞİNDE AĞIR METALLERİN ARITIMI

Müjde AKARDURMAZ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
mujdeakrdrmz@hotmail.com

ÖZET: Metal kirliliğindeki iyileştirmede genel yaklaşımlar, izolasyon, sabitleme, zehirliliği azaltma, fiziksel ayırtma ve ekstraksiyon işlemlerini kapsamaktadır. Bu genel yaklaşımlar bir çok kirletici türü için kullanılabilir fakat metal kirlenmesi bulunan bölgelerdeki arıtım kirleticinin formuna ve özel karakteristliğe bağlı olarak spesifik teknolojiler seçilmektedir. Metallerle kirlenmiş sitelerin iyileştirilmesi için temizleme hedefleri, özellikle metallerin hareketliliğini etkileyen faktörlere ve düzenleyici alana bağlı olarak bölgeye özgü faktörlere göre değişir. Bir saha için kurulan temizleme amaçları, sahadaki metallerin iyileştirilmesi için farklı teknolojilerin kabul edilebilirliğini belirleme üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, iyileştirme teknolojilerinin farklı alanlara uygulanması, sahadaki kirlenme türleri aynı olsa bile değişiklik gösterebilir. Temizleme hedefleri, kirleticilerin kaderini ve taşınmasını göz önüne alan, bölgeye özgü insan sağlığına ve ekolojik risk değerlendirmelerine dayanarak oluşturulur ve olası insanlara ve hassas çevre reseptörlerine maruz kalma yolları dikkate alınır.

Anahtar Kelimeler: *Toprak, ağır metaller, toprak temizleme teknolojileri.*

1.GİRİŞ

Metal kirliliği kirlenmiş bölgelerde kalıcı bir problemdir. Bu bölgelerde bulunan en yaygın metaller kurşun, krom, arsenik, çinko, kadmiyum, bakır ve civadır. Metal kirleticilerin yeraltı suyundaki kimyasal formunun taşınabilir, çözünebilir ve zehirli etkileri mevcuttur. Metalin kimyasal formu atık metalin kaynağına, bölgedeki toprağın ve yeraltı suyunun kimyasına bağlı olarak değişmektedir. Bölgenin detaylı karakterizasyonu mevcut metalin tipi, seviyesi ve değerlendirilmiş iyileştirici alternatifler belirler. Yağış miktarı ya da adsorbsiyon reaksiyonları sonucunda yeraltı sistemlerindeki metallere oranla tipik metaller hareketsizdir. Bu nedenle metal kirliliği bulunan alanlardaki iyileştirme hareketleri katı formdaki metallere odaklanmalıdır. Örneğin; kirlenmiş topraklar, çamurlar, çöpler, çamurlar, inşaat atıkları.

Metallerle kirlenmiş alanlara uygulamak amaçlı çeşitli diğer teknolojiler test edilmektedir. Toprak ve yeraltı sularına bulaşmış metallerin iyileştirmeye yönelik genel yaklaşımların her biri tarafından ele alınması için mevcut teknolojiler sunulmakta ve bu teknolojilerin farklı metal kirliliği ve fiziki alan karakteristikleri özelliklerine uygulanabilirliği değerlendirilmektedir. Metal kirliliği bulunan yeraltı sularının arıtımı tipik olarak yıkama ve yerüstü arıtımı yapılırken, kirlenmiş katıların arıtımı genellikle kazı ve bunu takiben dışarıda arıtım ya da imha ile yapılır. Metal kirliliği bulunan topraklar ve yeraltı suları için yerinde yapılan arıtım metodları test edilmekte ve giderek artan sıklıkta uygulanmaktadır.

2.MATERYAL VE METOD

2.1.Kimyasal Yaşam ve Mobilite

Metallerin yeraltı suyu sistemlerinde taşınabilirliliği, metallerin adsorbe edilmesine veya çökelmesine neden olan reaksiyonlar veya katı faz ile ilişkili metalleri tutma eğiliminde olan ve çözülmesini önleyen kimya tarafından engellenir. Bu mekanizmalar metallerin hareketini geciktirmekte ve aynı zaman da uzun süreli bir metal kirletici kaynağı temin edebilmektedir. Çeşitli metaller çeşitli açılardan benzer reaksiyonlara girerken, bu reaksiyonların kapsamı ve doğası belirli koşullar altında değişir.

2.1.1.Kurşun

Çevreye salınan kurşunların çoğu toprakta kalır. Toprakta kurşunun akıbetini etkileyen temel işlemler arasında adsorpsiyon, iyon değişimi, çökeltme ve sorbed organik madde ile kompleksleşme yer alır. Bu işlemler, yüzey suyu veya yeraltı suları içine taşınabilecek kurşun miktarını sınırlar. Yüzey suyundaki ve yeraltı suyundaki çözünmüş kurşun miktarı, pH'ya ve çözünmüş tuzların konsantrasyonuna ve mevcut mineral yüzeylerin türüne bağlıdır. Yüzey suyu ve yer altı suyu sistemlerinde önemli miktarda kurşun çözülmez ve çökelti ($PbCO_3$, Pb_2O, $Pb(OH)_2$, $PbSO_4$), sorbed iyonlar veya mineral yüzey kaplamaları veya asılı organik madde olarak oluşur.

2.1.2.Krom

Cr kontaminasyonunun başlıca kaynakları, elektroliz kaplama işlemlerinden ve krom içeren atıkların bertaraf edilmesinden ibarettir. Cr (VI), kirlenmiş bölgelerde yaygın olarak bulunan krom formudur. Krom, pH ve redoks koşullarına bağlı olarak + III oksidasyon durumunda da oluşabilir.Kromat ve dikromat aynı zamanda toprak yüzeylerine, özellikle de demir ve alüminyum oksitlere adsorbe olur. Cr (III), düşük pH'da (<4) kromun baskın halidir. Cr_3 +, NH3, OH-, Cl-, F-, CN-, S042- ve çözülebilir organik ligandlarla çözelti kompleksleri oluşturur. Cr (VI) daha zehirli krom formudur ve aynı zamanda daha hareketlidir. Cr (III) hareketliliği, $Cr(OH)_3$ lerin oluşmasından ötürü, pH 5'in altında killere ve oksit minerallerine adsorpsiyon ile azaltılır ve pH 5'te düşük çözünürlük azalır. Krom hareketliliği toprak içeriği, demir oksit içeriği ve mevcut organik madde miktarı gibi toprağın emme özelliklerine bağlıdır. Krom, yüzey akışı ile çözünür ya da çökelmiş haldeki yüzey sularına taşınabilir.

2.1.3.Arsenik

Arsenik (As) Asetilen As_2O_3 gibi çeşitli minerallerde bulunan ve çoğunlukla bakır, kurşun, çinko, gümüş ve altın içeren cevherlerin işlenmesinden elde edilebilen yarı metalik bir elementtir. Kömür yanmasından kaynaklanan küllerde de bulunur. Arsenik oldukça karmaşık bir kimya sergiler ve çeşitli oksidasyon durumlarında bulunabilir. Aerobik ortamlarda, As (V) dominanttır, genellikle çeşitli protonlanma hallerinde arsenat (AsO_4^{3-}) formundadır. Metal arsenat kompleksleri sadece belirli koşullar altında kararlıdır. Asit (V) ayrıca asidik ve orta derecede indirgeyici koşullar altında demir oksihidroksitlerle çökebilir veya adsorbe edebilir. Arsenik hareketliliği pH arttıkça artmaktadır.

2.1.4.Çinko

Çinko (Zn) elemental formda doğal olarak bulunmaz. Çinko oksit (ZnO) oluşturmak için genellikle mineral cevherlerden ekstrakte edilir. Çinko için birincil endüstriyel kullanım, demir veya çelik için korozyona dayanıklı bir kaplamadır. Çinko, yüzey sularında ve yer altı sularında bulunan en hareketli ağır metallerden biridir, çünkü nötr ve asidik pH değerlerinde çözünür bileşikler olarak bulunur. Çinko, indirgeme koşulları altında ve çok yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu zaman çok kirli sistemler halinde kolaylıkla çökelir ve demir veya manganezin sulu oksitleriyle çökebilir.

2.1.5.Kadmiyum

Kadmiyum (Cd), doğal olarak CdS veya $CdCO_3$ şeklinde oluşur. Kadmiyum kirliliğinin kaynakları, kaplama işlemleri ve kadmiyum içeren atıkların bertaraf edilmesini içerir.Kadmiyum, fosfat, arsenat, kromat ve diğer anyonların varlığında da çökelir, ancak çözünürlük pH ve diğer kimyasal faktörlerle değişir. Kadmiyum, daha yüksek pH değerlerinde (> pH 6) mineral yüzeylere, özellikle de oksit minerallerine çökelme ve emme yoluyla doğal sulardan uzaklaştırılır. pH arttıkça bu mekanizmalarla uzaklaştırma artar. Azaltma koşullarında, CdS gibi yağış kadmiyumun hareketliliğini kontrol eder.

2.1.6.Bakır

Bakır mobilitesi, mineral yüzeylere çekme ile azaltılır. Cu2 +, geniş bir pH değerleri aralığında maden yüzeylerine kuvvetle salyangoz yapar. Bakır iyonu (Cu2 +), bakırın en toksik türleridir. Bakır toksisitesi CuOH + ve Cu2 (OH) 22 + için de kanıtlanmıştır.

2.1.7.Civa

Civa, çevreye bırakıldıktan sonra genellikle civa (Hg2 +), civaöz (Hg22 +), elemental (Hgo) veya alkillenmiş formda bulunur. Redoks potansiyeli ve sistemin pH'sı mevcut olacak civarın kararlı formlarını belirler. Civa, suda çözünen ve havada uçucu olan alkillenmiş formlarında en toksiktir. Topraklara, sedimanlara ve humik materyallere emilim, civalı çözeltiden uzaklaştırmak için önemli bir mekanizmadır. Sorpsiyon pH'ya bağlıdır ve pH arttıkça artar. Civa da sülfidler ile birlikte çökelti ile çözeltiden alınabilir.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Metallerle kirlenmiş toprak ve suyun iyileştirilmesi için çeşitli teknolojiler mevcuttur. Bu teknolojiler iyileştirmeye yönelik genel yaklaşımlar beş kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar:

1) İzolasyon
2) İmmobilizasyon
3) Toksisite Azaltma
4) Fiziksel Ayrışma ve Ekstraksiyon
5) Biyolojik Arıtma

Metallerin hidrojeokimyası, asit bazlı kimya, kompleksleşme, çökelme / çözülme, adsorpsiyon / desorpsiyon ve oksidasyon / indirgeme gibi çeşitli jeokimyasal ve biyojeokimyasal olaylardan etkilenir. Bu süreçler birbirine bağlıdır ve basit bir modelle tanımlanamazlar. Adsorpsiyon / desorpsiyon reaksiyonlarında, örneğin metal iyonlarının ve sulu solüsyon bileşiminin spesifikasyonu reaksiyonun kapsamını belirler. Bu faktörler, basit bir bölümleme ifadesinde yakalanmaz. Bu nedenle, toprak ve yeraltı suları içindeki metaller için maruz kalma değerlendirme modellemesi, karmaşık kimyasal modellerle bütünleştirilmiş akış modellerinin kullanılmasını gerektirir. Bu gereklilik, metaller için ayrıntılı maruz kalma değerlendirmesini sık sık cesaretlendirmekte ve metal kaderi ve yer altı sistemlerinde nakliyeile ilgili muhafazakar varsayımların kullanılmasına neden olmaktadır. Ağır metallerle kirlenmiş toprakları geri kazanım yaklaşımları özetle Tablo.1 de verilmiştir.

Tablo.1 İyileştirmeye Yönelik Yaklaşımlar

İyileştirme Teknolojileri	**Ağır Metaller**	**Maliyet**	**Devamlılık**	**Genel Kabul**	**Uygulanabilirlik (yüksek konsantrasyonlar)**	**Uygulanabilirlik (metalve organik karışımlar)**	**Toksisite**	**Mobiliteyi Azaltma**	**Hacim Azaltma**
Kapak Sistemi	Pb, As	+	«	+	«	+	«	+	«
Yeraltı Engelleri	Pb, As, Cd	+	«	+	«	+	«	+	«
Solidifikasyon (Ex-situ)	Pb, As, Cd	•	•	+	+	+	«	+	«
Solidifikasyon (In-situ)	Pb, Cr, Zn, Cu	+	•	+	+	+	«	+	«
Vitrifikasyon (Ex-situ)	Pb, As, Cd	«	+	•	+	+	«	+	«
Vitrifikasyon (In-situ)	Pb, As, Hg	«	+	•	+	+	«	+	«
Kimyasal Arıtım	Cr	-	•	•	-	-	+	+	«
İzin Verilebilir TedaviDuvarları	Cr	-	•	•	-	-	+	+	«
Biyolojik Arıtım	Pb, Cd	+	«	•	«	-	+	+	«
Fiziksel Ayrıştırma	Pb, Cu	•	+	+	+	«	«	«	+
Toprak Yıkama	Pb, As, Cd, Hg	•	+	+	+	•	«	«	+
Pirometalurjik Ekstraksiyon	Pb, Cd, Hg	«	+	+	+	«	«	«	+
Elektrokinetik Arıtım	Pb, Cu	•	+	+	+	-	«	«	+

+ İyi « Düşük • Orta - YetersizBilgi

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Metaller genellikle yer altı sistemlerinde nispeten hareketsizdir. Bu nedenle, metallerle kirlenmiş bölgelerdeki iyileştirme faaliyetleri, metallerin katı fazlı kaynakları veya depoları üzerine yoğunlaşmıştır. Muamele sıklıkla kontamine olmuş toprak, çamur veya artıkların

kazılan, bunu takiben muayenehane veya yerinde işleme tabi tutulur. En yaygın yerinde muamele, kimyasal reaktiflerin eklenmesiyle katılaştırma / stabilizasyon ve bunu takiben muamele edilen malzemenin yerine konması veya yerinde imha edilmesidir.

Yerinde iyileştirme teknolojilerinin çeşitli yerleri, kirlenmiş katıların kazılması ve atılması gerekliliğini ortadan kaldırması, kirlenmiş yer altı suyunun pompalanması ve işlenmesi için dışarıda teknikler üzerinde önemli maliyet tasarrufu yapma potansiyeline sahiptir. Yerinde katılaştırma / stabilizasyon teknolojileri, sığ yüzey atıklarının arıtılması için gösterilmiştir ve daha derin derinliklerde uygulanmaktadır. Metal konsantrasyonları cam çözünürlüğünü aşmadığında metaller de dahil olmak üzere çeşitli atıkların tedavisinde yerinde vitrifikasyon kullanılarak olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Yerinde yıkama veya elektrokinetik teknikler kullanılarak yapılan ekstraksiyon, sınırlı sayıda alanda uygulanmıştır, ancak bir dizi metal kirletici için yararlı olduğu kanıtlanabilir. Bitki iyileştirme teknolojileri, kirlilik düzeyinin düşük olduğu alanların iyileştirilmesini vaat etmektedir.

Yeraltı sularında metal kontaminasyonunun etkili, düşük maliyetli, pasif iyileştirilmesi için arıtma duvarları giderek daha fazla kullanılacaktır. Reaktif duvar montajı topraklardaki metal kontaminasyonuna değinmez, ancak metal taşıyan katılarla temastan bulaşan yeraltısuyunun arıtımını sağlar. Bazı toprak yıkama teknolojileri, toprak eritme/yıkama teknolojilerine adaptasyon için düşünülmektedir. Kimyasal katkı maddeleri topraktan metallerin yerinde çıkarılmasına yardımcı olmak için geliştirilmektedir. Yerinde katılaştırma/stabilizasyon teknikleri kullanılmakta ve popülerliği giderek artmaktadır. Yerinde katılaştırma/stabilizasyon uygulamasına, kimyasal reaktif iletim sistemleri ile donatılmış geniş çaplı burgu sondaj cihazlarının geliştirilmesi yardım etmektedir. Bitki iyileştirme teknolojileri henüz metal iyileştirmede kullanım için yeni dikkat çekmeye başlamıştır. Metamorfizma ile kirletilen alanların yönetimi için bitkisel arıtım uygulanabilirliğini arttırmak için ek araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Hızlı bir alım oranı gibi uygun metal birikimi nitelikleri için çeşitli bitkiler araştırılmaktadır. Henüz araştırma ve geliştirme safhasındaki elektrokinetik ayırma ve arazide uygulanan toprak yıkama teknolojileri gelecek için ümit verici teknolojiler olarak anılabilir. Elektrokinetik ayırma, özellikle orta derinlikteki killi topraklar için etkili olurken elektrod konfigürasyonu ve gözenek sıvılarıyla ilgili detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Günümüzde, evrensel bir problem halini alan toprak kirliliği için en iyi çözüm kuşkusuz toprak kirliliğini önleme çalışmalarıdır. Ancak, gelişmekte olan ülkemizde henüz

yeterince önlem alınmadığı ve kirlenmiş topraklarla ilgili çalışmaların yeterli seviyede olmadığı görülmektedir. Öncelikle, kirlilik potansiyeline sahip yörelerin incelenmesi ve arıtım gerektirecek bölgelerin tespit edilmesi gerekmektedir. Daha sonra bölge özellikleri, kirletici özellikleri, hidrojeolojik özellikler ve ekonomik uygunluk gibi çok sayıda faktör göz önünde bulundurularak gerekli fizibilite çalışmaları ve laboratuvar ölçekli çalışmalar yapılmalı ve uygun arıtım yöntemi bu doğrultuda seçilmelidir.

KAYNAKLAR

Assink, J.W. and Rulkens, W.H. ,1989. "Cleaning Soils Contaminated with Heavy Metals," Hazardous and Industrial Wastes, Proceedings of the 21st Mid Atlantic Industrial Waste Conference, Cole, C.A and Long, D.A. (Eds.), Technomics, Lancaster, PA

Cynthia R. Evanko ve David A. Dzombak.,1997. Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center. Remediation of Metals-Contaminated Soils and Groundwater,Pittsburgh, PA.

Evans, L.J. ,1989. Chemistry of Metal Retention by Soils,Environ. Sci. Tech.,23: 1046-1056

Rosetti, P.K. ,1993. Possible Methods of Washing Fine Soil Particles Contaminated with Heavy Metals and Radionuclides, M.S. Thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.

Sposito, G. ,1989. The Chemistry of Soils, Oxford University Press, New York

Ünlü, K.,1998. Toprak Kirliliği: Özellikleri, kontrolü ve temizlenmesi, Çevre ve Mühendis

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE RÜZGAR ENERJİSİ

Münire ARGUN[1], Durdane YILMAZ[2]
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
[1]mnre01@hotmail.com, [2]dyilmaz@aksaray.edu.tr

ÖZET: Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi son yıllarda hızlı bir artış göstermektedir. Rüzgar enerjisi hammadde maliyeti gerektirmeyen özelliği ile tercih edilmektedir. Ülkemizde elektrik enerjisi üretiminde çoğunlukla yenilenemez enerji kaynakları kullanılmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar içerisinde yer alan ve son yıllarda büyük gelişim gösteren rüzgar enerjisinin kullanımı ile elektrik enerjisi üretimi gelişimine paralel olarak ülkemizdeki durumu ortaya konmuştur. Türbin kuruluşunun hızla gerçekleştirilebilmesi gibi nedenlerle rüzgar enerjisi tercih edilmektedir. Bu çalışmada laboratuarda rüzgar enerjisinden pilot ölçekli 12 voltluk bir enerji üretmeyi hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: *Rüzgar enerjisi, Türbin, Yenilenebilir enerji kaynağı*

1. GİRİŞ

1.1. Yenilenebilir enerji kaynakları ve rüzgar enerjisi

Enerjinin en azından tüketildiği oranda yerine konması mümkün olan enerji kaynağı"yenilenebilir" olarak tanımlanmaktadır. Kullandıkça rezervleri tükenen, tükendiği oranda yerine konması mümkün olmayan enerji kaynakları ise "yenilenemez" enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır. [1]

Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerjisi, dalga, biokütle.

1.2. Rüzgar enerjisi

Havanın bir akışkan olduğunu kabul etmek oldukça zor. Çünkü hava görünmez. Sıvılardan farklı olarak hava daha çabuk hareket eder ve bulunduğu ortamın her yerini kaplar. Havanın hızlı yerleştirmesi ile içindeki parçacıkların hareketi de hızlı olur. Havanın bu özelliğini kinetik enerjiye dönüştürme işlemine Rüzgar Enerjisi adı verilir. [2]

1.2.1. Rüzgar enerjisinin kullanım alanları

Evler, işletmeler, park,bahçe ve cadde aydınlatmaları,sinyalizasyon,sulama sistemleri,tekne ve mobil istasyonlar,karavan…[3]

1.2.2. Rüzgar enerjisinin genel özellikleri

- Atmosferde bol ve serbest olarak bulunur.
- Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır.

- Enerjisi hızının küpü ile orantılıdır.
- Yoğunluğu düşüktür.
- Enerjisinin depolanması, başka bir enerjiye çevrilmesi ile mümkündür. Çevre kirliliği yaratmaz. [4]

1.2.3. Rüzgar nerelerde oluşur?

Basınç gradyan'ının yüksek olduğu yerler. Yağışların sürekli esen rüzgara paralel olduğu vadiler. Yüksek, engebesiz tepe ve platolar. Yüksek basınç gradyan'lı düzlükler ve sürekli rüzgar alan az eğimli vadiler. Güçlü jeostrofik rüzgar alanlarının etkisinde kalan tepe ve zirveler. Jeostrofik rüzgar ve termal gradyan alanına sahip kıyı şeritleri. [5]

1.2.4. Rüzgar türbinleri

Rüzgâr türbini, rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir.

1.2.4.1. Yatay eksenli rüzgar türbinleri

Dönme ekseni rüzgar yönüne paraleldir. Kanatlar ise rüzgara dik yöndedir. Ticari türbinlerin çoğu yatay eksenlidir. Rüzgarı önden alacak şekilde tasarlanır.

1.2.4.2. Düşey eksenli rüzgar türbinleri

Düşey ekseni yere dik olacak şekilde ayarlanır. Daima rüzgarın geleceği yöne göre ayarlanır. Güç toprak seviyesinde elde edilir. Verimi düşüktür.[6]

1.2.5. Türbin bileşenleri

Türbin kafası, kanatlar, kanat bağlantıları, düşük hız şaftı, yüksek hız şaftı, dişli kutusu, elektrik jeneratörü, rota mekanizması, elektronik kontrol, hidrolik sistem, soğutma sistemi, kule, rüzgar fırıldağı, anemometre. Şekil 1 [6]

1.3. Rüzgar enerjisi projesinde göz önüne alınması gerekenler

İyi bir rüzgar kaynağı üretim maliyetini önemli ölçüde düşürür. Kaynak değerlendirmesinin iyi yapılması değerli bir yatırımdır. Ek kazanç kaynakları; hükümet/kamu

üretim kredileri veya temiz enerji indirimleri. Sera gazı emisyon indirim kredileri(Türkiye için geçerli değil) Kısıtlamalar ve kriterler; çevresel kabul edilebilirlik, yerel halkın kabullenmesi, şebeke bağlantıları ve nakil hatları kapasitesi. [7]

1.4. Türkiye'deki rüzgar enerji santralleri

Bandırma RES, Soma RES, Osmaniye gökçedağ RES, Karaburun RES, Geycek RES. Şekil 2

1.4.1. Bandırma Rüzgar Enerji Santrali

Bares Rüzgâr Enerji Santrali, Türkiye'nin en büyük rüzgâr enerjisi yatırımı olan ve Bilgin Enerji Yatırım Holding tarafından gerçekleştirilen, Bandırma'nın 10 km doğusunda Marmara Denizi'nin hemen kıyısına inşa edilmektedir. Alternatif enerji kaynağı olan santral, Türkiye'de toplam 20 megawatt olan rüzgâr gücünü, yüzde 150 oranında artarak 50 Megawatt'a çıkaracaktır. Santralde üretilecek olan yıllık ortalama 120.000 MWh elektrik ile 80.000 kişilik bir yerleşim merkezinin elektrik ihtiyacı karşılanabilecek Üretilen enerji, serbest piyasa koşullarında elektrik toptan satış firmalarına veya elektrik enerjisini kendisi temin edebilen serbest tüketici statüsündeki fabrika ve sanayi tesislerine satılacak.

Bilgin Enerji Yatırım Holding tarafından gerçekleştirilen Bares Rüzgâr Enerji Santrali Projesi için 7 yıl boyunca rüzgâr ölçümü yapıldı. Ölçümler sonucunda en verimli yer olarak Bandırma'nın doğusunda bulunan Erikli, Dutliman ve Sahil Yenice köyleri ve bölgesi seçildi. Sonrasında ise rüzgâr enerjisi santralı kurmak üzere, EPDK (TC Enerji Piyasası Denetleme Kurumu)'dan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve ilgili mevzuat uyarınca 18.05.2004 tarihinde EÜ/320 1/453 sayılı üretim lisansı alınarak, Bandırma Rüzgâr Enerji Santralinin yapımına başlandı. Tablo 1. [8]

Şekil 1: Türbin bileşenleri

Şekil 2: Türkiye'deki rüzgar enerji santralleri

Tablo 1: Bandırma rüzgar elektrik tüketim bilgileri

Yıl	Üretim (kWh)	İl Tüketimine Oranı	Ülke Tüketimine Oranı
2012	193.055.265	%6,09	%0,08
2013	194.884.835	%6,05	%0,08
2014	180.329.307	%5,37	%0,07
2015	280.886.723	%8,13	%0,11

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Sistemin tasarımı

Rüzgar enerjisinden elektrik elde etmek için kurulacak bir sistemde akü grubu, yardımcı malzemeler ve elektronik malzemeler kullanılabilir. Her uygulamaya göre bu bileşenler değişiklik gösterebilir. İstenen enerji miktarına göre türbin ve kanat sayısı belirlenir. Rüzgar olmadığı zamanda gerekli olan elektrik enerjisini depo edilen aküden alırız.

2.2. Projenin tasarımı

Projede kullandığım malzemeler:

- 1 adet pervane
- 3 adet akü (3.7 volt 3.6 amper) saat
- 12 voltluk motor
- 3 adet 3-4 voltluk led ampul
- 2 adet T borusu
- 4 adet rakor borusu
- 2 adet düz boru
- 2 m kablo
- Rüzgarı sağlamak için fön makinesi

İki tane T borusu etrafını dört tane rakor borusu ile birleştirdim. T borusunun orta kısmından yaklaşık 25 cm yükseklikte uzun boru ile birleştirip ucuna yatay eksenli bir türbin pervaneyi boruların içerisinden geçireceğim akım kablosuyla 12 voltluk motorun ucuna yerleştirerek birleştirdim. Çapı 5 cm olan rakor boru kullandım ve 25 cm lik 4 boru boru

kullandım. Enerji depolamak için 3.7 amperlik akü kullandım. 2200 watlık fön makinesiyle rüzgar oluşumunu sağladım. Gelen rüzgarın etkisiyle çalışan pervane boru etrafına döşenen led lambaların devreye girmesini sağlar ve ışıklar yanmış olur. Böylece rüzgardan elektrik enerjisi elde etmiş oldum. Daha sonra anemometre ile elde edilen elektrik enerjisi ölçümüne bakarız. Rüzgarı akü ile depo ederiz.

3. SONUÇ

Rüzgar enerjisinin depolanabilmesi için genel sistem yapısında depolama ünitesi, ek enerji kaynakları ve kontrol sistemleri bulunmalıdır. Bu sistemler ile elde edilebilecek iş akışkanı rüzgara bağlılık gösterirler.

Enerji depolanması, üretim ve tüketim arasındaki farkı dengelediği gibi, enerji tasarrufu açısından da çok önemli bir rol oynamaktadır. Birincil enerji kaynaklarının korunmasını sağlamakla beraber, enerji israfını da önleyerek, sistemlerin daha ekonomik çalışmasını sağlamaktadır. Düzenli bir enerji akışı temin ederek enerji üretim sistemlerinin verimliliğini artırmakta ve güvenirliliğini sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

A. BOLES MİCHAEL ve A. ÇENGEL YUNUS, 2011, Termodinamik, Güven Kitabevi, İzmir, 978-975-6240-26-7.

BOZTEPE M., 12.02.2014 , http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/130-ruzgar-ve-gunes-enerji-santrallerinde-enerji-depolama-yontemleri. [Erişim Tarihi: 12 Nisan 2015]

DJAN, 07 December 2010, , http://www.iphoneyardim.net/topic/12128-piller-neden-ölür. [Erişim Tarihi: 10 Nisan 2015]

ÖZARSLAN AHMET, Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Büyük Ölçekli Enerji Depolama Yöntemleri, Bülent Ecevit Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

SARI AHMET, 2011, Kimya Lisans Öğrencileri(Kimyagerlik, Kimya Öğretmenliği ve Kimya Mühendisliği) Araştırma Projesi Eğitimi Çalıştayı, Faz Değişimi Yoluyla Isıl Enerjinin Depolanması ve Bu Alanda Yapılan Çalışmalar, 20-28 Temmuz 2011 – Çanakkale

SAİFUR RAHMAN, 02.08.2011, Virgiana Polytechnic Institute and State University, http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/ileri-enerji-depolama-teknolojileri. [Erişim Tarihi: 10 Nisan 2015]

YILMAZOĞLU MUSTAFA ZEKİ, 2010, Isı Enerjisi Depolama Yöntemleri ve Binalarda Uygulanması, Politeknik Dergisi, 13(1), 33-42

https://www.fizikbilimi.gen.tr/yenilenemez-enerji-kaynaklari/

http://www.bilgiustam.com/ruzgar-enerjisi-nedir-nasil-calisir/

http://www.emlakkutuphanesi.com/ruzgar-enerjisi-ve-kullanim-alanlari/

http://elektroteknoloji.com/Elektrik_Elektronik/Teknik_Yazilar/RUZGAR_ENERJiSiNiN_OZELLiKLERi_.htm1

http://web.itu.edu.tr/~kaymak/windpower.html

http://www.enerjibes.com/ruzgar-enerjisi-nedir-ruzgar-turbini-cesitleri-nelerdir/

http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol1.pdf

https://tr.wikipedia.org/wiki/Band%C4%B1rma_R%C3%BCzg%C3%A2r_Enerji_Santrali

http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/bandirma-res.html

EVSEL ATIKSULARIN ELEKTROKOAGÜLASYON YÖNTEMİYLE ARITIMI

Neval YALÇINKAYA[1]
[1]*Aksaray üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray,*
nvlylcnky.ny@gmail.com

ÖZET: Günümüzde evsel atıksuların arıtılması gerek bu tip akımların çok çeşitli kaynaklarının olması gerekirse kirlenmede taşıdıkları önem nedeniyle dikkatle değerlendirilmesi gereken bir nokta olarak gündeme gelmektedir. Bu çalışma kapsamında, evsel atıksuların elektrokoagülasyon gibi ileri arıtma yöntemleriyle arıtılabilirlik performansları araştırılmıştır. Yapılan çalışmada verimler göz önüne alınarak elektrokimyasal arıtımın yüksek konsantrasyonda askıda katı madde bulunan atıksularda ön arıtım olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Evsel atıksu, koagülasyon, elektrokoagülasyon*

1.GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması ile suya olan ihtiyaç da o oranda artmakta ve su kaynakları hızla tükenmektedir. Bu yüzden oluşan atık suların doğaya tekrar verilirken arıtılması, gerek mevcut su kaynaklarının korunması gerekse atık suların tekrar geri kazanımında önemli rol oynamaktadır.

Suyun farklı amaçlarla kullanılması sonucu oluşan atık suların temizlenmesi, uzaklaştırılması, endüstri ve şehirlerdeki kullanma suyunun temini, kullanacağı yerlere göre hazırlanması önemli bir sorundur. Şehir atık suları; hayvansal ve organik maddeler katılan sıvılar ve süspansiyonlar, emülsiyonlar zararsız bakteriler evsel ve endüstriyel atıkları içermektedir. Bu sular hiçbir zaman bir ön arıtmaya tabi tutulmadan nehirlere, göllere, denizlere verilmemelidir. Atık suların temizlenmesinde genel bir metot bulmak mümkün değildir. Şehir kanalizasyon suları, mezbaha atıkları, deri fabrikalarının atıkları, süt fabrikaları, tekstil endüstrisi atıkları için farklı arıtma yöntemleri uygulanmaktadır.

Günümüzde evsel ya da endüstriyel atık su olarak nitelendirilen bu atık suların arıtma teknolojileri sayesinde tekrar geri dönüşümü sağlanmakta ve etkileri bertaraf edilmektedir

2. EVSEL ATIKSULAR

Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ve yapılaşmış kaplamalı ve kaplamasız şehir bölgelerinden cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzeyaltı akışa dönüşmesi sonucunda gelen sulara atıksu denir. Suların çeşitli kullanımlar sonucunda atıksu haline dönüşerek yitirdikleri fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve/veya boşaldıkları alıcı ortamın doğal fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik

özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemlerinin birini veya birkaçına atıksu arıtma denir.

Evsel atık sular; evler, siteler, konutlar, motel ve oteller gibi yerleşim birimlerindeki kullanım sonucu oluşan kirli kanalizasyon sularıdır. Bu sulardaki en büyük kirlilik yüklerini deterjanlar, organik maddeler ve yağlar oluşturmaktadır.

Tüm atıksuları göz önüne aldığımızda en yüksek debili atıksular evsel atıksulardır. Endüstri türlerine bağlı olarak endüstriyel atıksu tipleri değişkenlik gösterirken evsel atıksular her bölgede oluşmaktadır. Evsel atıksuların özelliklerini belirleyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok bileşenleri mevcuttur.

2.1.Fiziksel Özellikleri

Evsel atıksulardaki temel fiziksel parametre katı maddelerdir. Katı maddeler, Askıda katı maddeler, çözünebilir katı maddeler, çökelebilen katı maddeler ve uçucu (550 oC de yanabilen) katı maddeler olarak tanımlanırlar. Katı maddeler kanalizasyona, evsel, ticari ve erezyon kaynaklı olarak karışmaktadırlar.

Renk ve koku evsel atıksularda belirgin olarak hissedilen parametrelerdir. Her ne kadar günümüzde artık bu parametreler temel kirlilik parametreleri olarak kabul edilmese de, kirlemenin habercileri oldukları kesindir. Evsel atıksulardaki sarımsı gri ile koyu gri şeklinde dönüşüm gösteren renk skalası, atıksuda anaerobik faaliyetler sonucunda oluşan sülfür bileşiklerinin oluştuğunu gösterir ki kokusu da çürük yumurta kokusudur.

Sıcaklık parametresi ise birtakım mikrobiyal faaliyetlerin meydana gelmesinde tetikleyici rol oynamaktadır.

2.2.Kimyasal Bileşenleri

Evsel atıksularda kimyasal bileşenleri sırasıyla organik, inorganik ve çözünmüş gaz halindeki maddeler olarak sınıflandırabiliriz.

Organik Bileşenler: Evsel atıksulardaki AKM' nin %70 lik kısmı ile filtrata geçen çözünmüş maddelerin % 40 lık kısmını organik maddeler oluşturmaktadır. Organik maddelerin dağılımı ise, % 40-60 Proteinler, % 25-50 Karbonhidratlar ve % 10 Yağ-gresler şeklindedir. Deterjanlar, pestisitler ve fenoller evsel atıksu kompozisyonundaki mevcut diğer organik bileşenleri oluşturmaktadır.

İnorganik Bileşikler: Alkalinite, klorür, ağır metaller, azot, fosfor, sülfür, toksik bileşenler, pH tüm bu parametreler gerek evsel atıksuyun kendi bünyesinde veya deşarj olduğu alıcı ortamda gerekse arıtma proseslerinde biyokimyasal faaliyetlerin muhteviyatını belirlemede etkili olurlar. Azot ve fosfor parametreleri bakteriler için besin niteliğinde olup nitrüent olarak tanımlanmaktadırlar. Yüksek konsantrasyonlardaki N ve P alıcı ortamlarda ötrofikasyona neden olur. Ağır metaller ve diğer toksik maddeler ve yüksek konsantrasyonlu klorür organizma faaliyetlerinin inhibisyonuna yol açmaktadır. Alkalinite parametresi ise özellikle biyolojik arıtma proseslerinde biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşan asitlerin tamponlanmasında ve biyolojik aktivitenin devamlılığında önemli rol oynar.

Çözünmüş Gazlar: Metan ve hidrojen sülfür havasız ortamda anaerobik mikrobiyal faaliyetler sonucunda oluşan gaz türleridir. Kapalı kanalizasyon sistemlerinde bu gazlar yüksek oranda mevcuttur. Sülfür, atıksuda SO4-2 iyonunun anaerobik ortamda indirgenmesi sonucunda oluşur. pH nın düşük olduğu koşullarda sülfür, H2S gazına dönüşerek hem toksisite oluşturur, hemde kanalizasyon boru sistemi üzerinde korozyona neden olur. Protein yapılarının hidrolizi sonrasında aminoasitler ve nihayet amonyak gazı oluşur. Amonyak gazıda karakteristik kokulu bir gazdır. Atıksulardaki pH değerinin düşük olması azotun NH3 gazı yerine NH4+ yapısında kalmasını sağlamaktadır.

2.3.Biyolojik Bileşenler

Canlı hücreler, bitkiler, tek hücreliler, virüsler evsel atıksularda biyolojik bileşenleri oluşturmaktadırlar. Tek hücreliler grubuna dahil olan bakteriler, protozoalar ve algler olumlu veya olumsuz çevre şartlarının oluşmasında önemli rol oynamaktadırlar.Bakteriler arıtma proseslerinde kirlilik olarak tanımladığımız maddeleri yiyen ve bünyelerindeki biyokimyasal reaksiyonlarla nihai ürünlere(CO2, H2O ve NH3) dönüştüren tek hücreli canlılardır. Bakteriler bu faaliyetlerini yürütürken diğer bir biyolojik tek hücreli tür olan protozoaları da besin maddesi olarak kullanırlar. Atıksu yapısında mevcut N,P ve eser miktarlardaki mineraller (Cu, Zn, Ni,…) bakterilerin ihtiyaç duyduğu diğer maddelerdir. Besin maddeleri (N ve P) konsantrasyonundaki yükselmenin doğal bir sonucu olarak, özellikle durağan su kütleleri halindeki alıcı ortamlarda ötröfikasyon sonucu alg oluşmaktadır. Su yüzeyinde adeta bir film

katmanı oluşturan algler güneş ışıklarının su kütlesinin derinliklerine ulaşmasını önler. Zamanla anaerobik bir ortamın oluşmasına zemin hazırlar.

3. EVSEL ATIKSULARIN ARITIM YÖNTEMLERİ

Fiziksel Arıtım Yöntemleri: Izgaralar, elekler, dengeleme havuzları, kum tutucular vb.

Kimyasal Arıtım Yöntemleri: Nötralizasyon, koagülasyon, elektrokagülasyon vb.

Biyolojik Arıtım Yöntemleri: Aerobik arıtma sistemleri, anaerobik arıtma sistemleri

Koagülasyon: Koagülant maddelerin uygun pH'da atıksuya ilave edilmesi ile atıksuyun bünyesindeki kolloidal ve askıda katı maddelerle birleşerek flok oluşturmaya hazır hale gelmesi işlemidir. Kolloidal partiküller üzerlerinde bulundurdukları elektrik yükü nedeniyle stabil olmadıkları için, kendiliklerinden çökmezler. Organikler, süspansiyon maddeler, fosfor, bazı metaller ve bulanıklık koagülasyonla giderilebilir. Alum, demir tuzları ve polielektrolit polimerler koagülant kimyasalların başlıcalarıdır.

Elektrokoagülasyon: Elektrokoagülasyon ile arıtma uygulamalarının esası, koagülan maddenin elektroliz hücresinde, anot materyali olarak seçilmesi ve elektrik akımı ile ortama geçirilmesine dayanmaktadır. Klasik uygulamalarda, Fe+2 , Fe+3 ve Al+3 iyonlarının kimyasal madde olarak ilavesi şeklinde gerçekleştirilen koagülasyon işlemleri, bu tür uygulamalarda anot materyali olarak seçili Fe veya Al metalinin elektroliz esnasında çözünüp ortama geçmesi ile gerçekleşmektedir. Elektrokoagülasyonda katot reaksiyonları baskıngelmekte ve ortamın pH'ı giderek yükselmektedir. Metal iyonları ve hidroksil iyonlarının çözünürlük değerlerinin üzerinde konsantrasyonlara ulaşmaları neticesinde oluşan yeşil renkli Fe(OH)2, kahverenkli Fe(OH) veya beyaz renkli Al(OH)3 flokları kirlilik gideriminde belirgin rol oynarlar. Bu metal hidroksitleri kirlilik oluşturan partikülleri içlerinde hapsederek birlikte çökelirler.

Elektrokoagülasyon küçük kolloidal partiküllerin kararlı hale getirilip giderilmesinde konvansiyonel koagülasyona oranla daha etkilidir. Elektrokoagülasyonda daha az ve daha kararlı çamur oluşur.(Alinsafi vd., 2005).

4. ELEKTROKOAGÜLASYON TEORİSİ

Arıtılacak atıksuyun içine aşınan elektrotların kattığı aktif koagülan çekirdeklerin (Genellikle alüminyum veya demir katyonları) etrafını sarmalayan negatif yüke sahip emülsifiye maddeler, askıda katı maddeler ve koloidal maddelerin meydana getirdiği pıhtılar

elektriksel alanda yumaklaşarak çokelirler. Elektrokoagülasyonun genel mekanizmasında koagülasyon, adsorbsiyon, çöktürme ve flotasyon prosesleri bulunur (Ihara vd., 2004). Elektroliz esnasında oluşan gaz kabarcıkları oluşan hafif yumakların bazen yüzeyde toplanmasını da sağlar. Diğer taraftan çözünmü organik ve inorganik yapıdaki kirlilik oluşturucu maddelerin kısmen de olsa oluşan flokların yüzeyinde adsorplanarak giderilmesi söz konusudur. Elektrokoagülasyon deney yapıların oluşumu için gerekli aktivasyon enerjisini sağladığı ve çözünür kirleticilerin birleşerek aside dayanıklı formda çökelti oluşturdukları belirlenmiştir (Sayıner, 2003). Şekil 1.de elektrokoagülasyon prosesi gösterilmiştir.

Elektroliz esnasında elektroliz hücresi içersinde, anot ve katot bölgelerinde meydana gelen temel reaksiyonlar şunlardır:

Alüminyum Anot için; $Al + 3e^- \rightarrow Al^{3+}$ (5.6)

Alkali Şartlarda; $Al^{3+} + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3$ (5.7)

Asidik Şartlarda; $Al^{3+} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3H^+$ (5.8)

Demir Anot için; $Fe + 2e^- \rightarrow Fe^{2+}$ $E^o = +0.44$ V (5.9)

Alkali Şartlarda; $Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$ (5.10)

Alkali Şartlarda; $4Fe^{2+} + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe^{3+} + 4OH^-$ (5.11)

Katottaki genel reaksiyon; $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$ (5.12)

Şekil 1: Elektrokoagülasyon prosesi

Elektrokoagülasyonun diğer arıtım yöntemlerine oranla bazı önemli avantajları vardır. Bunlar genel olarak şöyledir;

Avantajları:

1) Basit araç gereç gerekmektedir. Ayrıca kolay işletme parametreleri ile iyi bir verim sunar.
2) Atık suların elektrokoagülasyon metoduyla arıtılmasıyla renk ve koku giderim iyi derecede sağlanır.
3) Elektrokoagülasyonun flok formları kimyasal floklara benzemesine rağmen elektrokoagülasyon flokları daha büyük olur ve daha kararlıdır. Ayrıca filtrasyonla da daha kolay ayrışabilirler.
4) Elektrokoagülasyon sonucu oluşan çamur formu çoğunlukla metal hidroksitler şeklindedir.
5) Elektrokoagülasyonda ilave kimyasal madde kullanılması sonucu arıtılmış suyun toplam çözünmüş katı içeriği kimyasal arıtıma oranla daha düşük olur. Eğer bir su yeniden kullanılacaksa toplam çözünmüş katının az olması nedeni ile bu durum avantaj teşkil eder.
6) Kimyasal madde ilavesine gereksinim duyulmaması, kirletici gücü yüksek atuksularla çalışılmaya da imkan tanır.
7) Elektrokoagülasyon prosesi küçük kolloidal partiküllerin üzerinde kimyasal arıtıma oranla daha verimlidir(Vik vd., 1984).

Dezavantajları:

1) Elektrotlarda oksitlenme sonucu pas oluşumu gözlenir ve yüzeyler zamanla kaplanır.
2) Elektrik enerjisinde dışa bağımlı olan ülkeler için ekonomik risk her zaman vardır.
3) İletkenliği zayıf olan sularda reaksiyon süresi uzayabilir.
4) Anot ve katot bölgelerinde oluşan reaksiyonlar birbirleri üzerinde girişim yapabilir.

5. LİTERATÜRDE ELEKTROKOAGÜLASYON ÇALIŞMALARI

Elektrokoagülasyon basit ve verimli bir yöntem olarak birçok su ve atıksu arıtımında kullanılmaktadır. Elektrokoagülasyon teknikleri ile tekstil atık suyu arıtımında yüksek verim elde edilebildiğinden tercih edilmektedir. Spesifik uygulamalarda, içme sularının deflorinasyonunda, endüstriyel sulardan ağır metal gideriminde, yağ içeren sularda, besin içeren atıksuların arıtımında, sızıntı sularından organik madde gideriminde, atıksulardan askıda katı madde gideriminde, kimyasal ve mekanik boyama atıklarının gideriminde, nitrat gideriminde, fenolik bileşiklerin arıtılmasında, arsenik gideriminde, poliaromatik organic kirliliğin, ligninin ve organic kirliliğin gideriminde elektrokoagülasyon yöntemi yaygındır.(Mavrov ve ark. 2005) yaptıkları araştırmada, endüstriyel atıksularda bulunan ağır metallerin elektrokoagülasyonla birlikte mikrofiltrasyon uygulanarak giderilmesi ele almışlardır. Çalışmada; Su içinde bulunan As ve Se ağırlıklı olmak üzere, Cd, Zn, Cu ve Pb giderimi de incelenmiştir.

Yaptıkları deneysel çalışmalarda kullanılan yöntemler: Nötralizasyon-Sedimantasyon-Hidrojen Peroksit uygulaması-Elektrokoagülasyon/Mikrofiltrasyon şeklindedir.Bu çalışma sonucunda iyi bir verimde su içerisindeki ağır metallerin giderilmesi ve uygulanan arıtım veriminin artması gözlenmiştir.

Elektrokoagülasyon ve elektrooksidasyon prosesleri olan pilot ölçekli bir sistem üzerinde çalışmışlar ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Yapılan deney sonuçlarında T-N % 83, T-P %90, BOI %92 ve AKM % 97 oranında giderilirken klorofil-a'nın tamamına yakın bir kısmı giderildiğini gözlemişlerdir. (Feng ve ark. 2003)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Evsel atıksuların elektrokimyasal olarak arıtılması hızlı ve verimli olmuştur.Evsel atıksuyun kirlilik kuvveti atıksu deşarj limitlerinin yakalanmasında önemli etken olmaktadır,

atıksu kuvvetinin kirlilik derecesi arttıkça elektrokimyasal prosesin süresi uzamaktadır. Evsel atıksular üzerinde yapılan çalışmada, akım şiddeti (A) azaldıkça, aynı verimi elde etmek için gerekli elektroliz süresi artmaktadır. Elektrokoagülasyon arıtma prosesi sonrasında bakiye KOİ'nin % 60-80 oranlarında biyolojik olarak parçalanabilir formda olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalar göre elektrokoagülasyon yönteminin avantajlı ve gayet verimli sonuçlar verildiği gözlenmiştir

7.KAYNAKLAR

Arslan T.ve ark.,2008, "Kompleks Olarak Bağlı Metal İçeren Atıksuların Elektrokoagülasyon Prosesi İle Arıtımı"İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Alinsafi A., Khemis M., Pons M. N., Leclerc J. P., Yaacoubi A., Benhammou A., Nejmeddine A., (2005), "Electro-coagulation of reactive textile dyes and textile wastewater", Chemical Engineering and Processing, 44, 461-470.

Feng, C., Sugiura, N., Shimada, S., Maekawa, T., (2003), " Development Of A Hıgh Performance Electrochemıcal Wastewater Treatment System", Journal Of Hazardous Materials, B103, 65–78.

Ihara I., Kanamura K., Shimada E., Watanabe T., (2004), "High Gradient Magnetic Separation Combined With Electrocoagulation and Electrochemical Oxidation for the Treatment of Landfill Leachate", Ieee Transactions On Applied Superconductivity, 14-2, 1558-1560.

Kurt U.,2007,"Fenton ve Elektrokimyasal Yöntemlerle Evsel Atıksuların Arıtılabilirliğinin Araştırılması" Yıldız Teknik Üniversitesi,FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi

Mavrov, V., Stamenov, S., Todorova, E., Chmıel, H. And Erwe, T., (2005), "New Hybrıd Electrocoagulation Membrane Process For Removıng Selenıum From Industrıal Wastewater", 9th International Conference On Environmental Science And Technology, September 2005, Rhodes İsland, Greece.

Sayiner G., (2003), "Borlu atıksuların elektrokoagülasyon yöntemi ile arıtılabilirliğinin incelenmesi", GYTE-MFBE.

VikT, E. A., Carlson, D. A., Eikum, A.S. and Gjessing, E.T., (1984), "Electrocoagulation of potable water", Water Research, Volume 18, Issue 11, Pages 1355-1360.

VERMİKOMPOSTLAMA İLE ORGANİK ATIKLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Nihat Serdar SARAÇ, Mustafa IŞIK
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Vermikompostlama organik atıkların stabilizasyonu için kullanılan yenilikçi bir teknolojidir. Vermikompost, klasik kompostlardan daha yüksek besin değerine sahiptir, ayrıca uygun maliyetli ve hızlı bir metottur. Bu metotta, solucanlar ve mikroorganizmalar doğal gübre olarak kullanılabilecek bir vermikompost üretimi için birlikte çalışırlar. Solucanlar substratı uygun hale getirip, biyolojik aktiviteyi başlatırken, mikroorganizmalar organik atıkların biyokimyasal bozunmasını sağlar. Tüm dünyada tarımsal üretimde sürdürülebilirlik kavramına vurgu yapan ve organik üretim yöntemlerini teşvik eden yaklaşımların yaygınlaşması sürecinde yer solucanlarının, organik atık ve artıkları kısa zamanda yüksek kalitede değerli bir ürüne dönüştürebilme kapasitelerinin anlaşılması, Avrupa ülkeleri, Hindistan ve Amerika'da vermikültür (vermiculture) adı verilen yeni bir tarımsal üretim sektörünün doğmasını sağlamıştır. Vermikültür değişik amaçlar için toprak solucanlarının kültürünün yapılması işlemidir. Vermiteknoloji terimi ise vermikültür faaliyetlerinde uygulanan teknik/yöntemlerin tümü için kullanılır. Vermikültür çalışmaları çöp işleme, toprak detoksifikasyon ve rejenerasyonu ve sürdürülebilir tarım uygulamalarında yer almaktadır. Ticari amaç güden vermikültür faaliyetleri iki alanda yoğunlaşmıştır. Birincisi vermikompost işlemi, diğeri ise solucan biyo-kütle üretimidir. Solucan biyokütle üretimi protein kaynağı olarak tavukçuluk ve balık yetiştiriciliğinde solucanların kullanımı amacıyla yapılmaktadır. Diğer taraftan vermistabilizasyon, lağım, atık çamuru veya benzeri diğer atıkların vermikompost işleminden geçirilmesidir. Solucanlı kompost (vermicomposting) ise organik atık/artıkları kompostlaştırma işleminin solucanlara yaptırılmasıdır. Bu işlemde organik artık/atıklar ortamdaki mikroorganizmalarca fermentasyona uğratılır ve daha sonrasında yer solucanlarının sindirim sisteminden geçerken hızlandırılmış bir humifikasyon ve detoksifikasyon işlemine tabi tutulur. Vermikompost terimi, solucanların kullanıldığı organik artık ve/veya atıkları kompostlaştırma işlemi sonucunda elde edilen ürün için kullanılmakla beraber, vermikompost ürünü genelde vermikest (solucan dışkısı; gübresi) veya kısaca kest olarak adlandırılmaktadır.
Vermikültür endüstrisi faaliyetlerinde kullanılan ve aerobik kompost veya sığır gübresi yığınlarında sıklıkla rastlanan kompost diğer adıyla gübre solucanı türleri şunlardır: *Eisenia fetida* (tiger worm), *Eisenia andrei* (red tiger worm), *Dendrobaena veneta, Lumbricus rubellus* (red worm), *Perionyx excavatus* (Indian blue worm), *Eudrilus eugeniae* (African nightcrawler), *Fletcherodrilus* spp, *Heteroporodrilus* spp, *Pheretima excavatus. E. fetida, E. andrei, D. veneta* türleri ılıman iklim kuşağındaki bölgelere iyi adapte olurken, *L. rubellus and P. excavatus* sıcak tropik iklim alanlarında daha fazla görülür. Bu beş tür, organik atık/artıkları indirgemek için yapılan vermikompost çalışmalarında en iyi sonuçları veren türlerdir.Yukarıda sayılan türler içinde, ticari amaçla kurulan vermikültür/ vermikompost işletmelerinde en fazla tercih edilen tür *Eisenia* spp ve ikinci olarak da *Lumbricus rubellus*'tur. Eisenia spp'nin en fazla tercih edilen tür olmasında rol oynayan çok sayıda sebep mevcuttur. Bunlar: 1) bu tür diğer türlerden daha hızlı besin tüketir ve daha yüksek üreme ve populasyon artış oranlarına sahiptir, 2) yeterli besin içeriğine sahip çevrelerde yaşama, mevcut besini tüketme ve çoğalma kapasitesi yüksektir, 3) çok farklı ilklim ve çevre koşullarına uyum sağlayabilir, 4) uygun çevre koşulları ve kolay ulaşılan yeterli miktarda besin kaynağı mevcut ise populasyon artışı çok hızlı olur. Bu sebeplerden dolayı *Eisenia* spp, özellikle ılıman iklim kuşağındaki coğrafyalarda olmak üzere tüm dünyada ticari veya ticari özellikte olmayan vermikompost işletmelerinde en fazla tercih edilen ve en fazla kültürü yapılan solucan türüdür. Vermikompost işlemi, ulusların şehirleşme ve endüstrileşme seviyesiyle beraber büyüyen bir çevre sorunu olan "evsel ve endüstriyel artık/atık" sorununa "sürdürülebilir" bir yöntem olarak 1970'li yıllarda başlayan ve her geçen gün artan bir ilgi görmektedir. Vermikompost yöntemi ile vermikompost ürünü elde etmede kullanılan organik çöp çeşidi çok fazladır. Bu organik artık/atık çeşidi grubunda kanalizasyon içeriği, kirli su atıklarındaki katı çöpler, bira, mantar ve kağıt endüstrisi gibi çeşitli endüstriyel işletme artık/atıkları, süpermarket ve restorant artıkları işlenmiş patates artıkları, tavuk, domuz, büyükbaş, koyun, keçi, at ve tavşan yetiştiriciliğinde ortaya çıkan hayvansal artıklar, bahçecilikte ortaya çıkan ölü bitki ve çim artıkları yer almaktadır. Son yıllarda bu alanda yürütülen çalışmalar, Amerika'da kanalizasyon atıklarının stabilizasyonu ve İngiltere'de hayvan, sebze ve endüstriyel atıkların işlenmesi konularında yoğunlaşmıştır. Çevre dostu, ek gelir ve kaynak kazanımını sağlayan vermiteknoloji uygulamaları, özellikle küçük ve orta ölçekli tarımsal işletmeler için düşük girdili tarımsal üretim faaliyetini mümkün kılar. Vermikompost teknikleri çok düşük maliyet gerektiren kolay uygulanabilir yöntemlerdir. Doğru uygulanmış ve iyi takip edilmiş bir vermikompost süreci sonunda, biyo-gübre ve biyo-pestisit olarak etkili, ticari değeri çok yüksek bir ürün elde edilebilir. Fakat kestlerin veya kest çaylarının sahip oldukları ticari potansiyellerinin yaygın ve tekrarlanabilir olarak kullanılabilmesi için, bu ürünlerin besin içeriklerinin uygun

seviyede olması, pH değerinin uygun seviyeye getirilmesi ve kanalizasyon benzeri atıkların kullanımında muhtemel insan patojenlerinin bertaraf edilmesi gibi konularda standardizasyona dikkat edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: *Vermikompost, organik atık, karbon azot oranı,*

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE RÜZGAR ENERJİSİ

Oğuzhan AKMEHMET
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
oguzhan053@windowslive.com

ÖZET: Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi; temiz, güvenilir, tükenmez ve düşük işletme maliyetli bir enerji kaynağıdır. Bu çalışmada, rüzgâr enerjisinin dünya ve ülkemizdeki durumu analiz edilmiştir. Rüzgâr enerjisi alanında öncü olan ülkelerin rüzgâr enerjisi kurulu gücüyle ülkemiz rüzgâr enerjisi kurulu gücü karşılaştırılarak yıllar içerisinde meydana gelen gelişmeler incelenmiş ve rüzgâr enerjisinin yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki payı değerlendirilmiştir. Ayrıca, ülkemizde İşletme, inşa ve lisans aşamasındaki rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü hakkında bilgiler verilmiş ve bu kurulu gücün arttırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Yenilenebilir enerji, rüzgâr enerjisi, rüzgâr enerji potansiyeli*

GİRİŞ

Rüzgar Nedir?

Rüzgar, atmosferdeki havanın Dünya yüzeyine yakın, doğal, çoğunlukla yatay hareketleridir Rüzgar, alçak basınçla yüksek basınç bölgesi arasında yer değiştiren hava akımıdır, daima yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru hareket eder. İki bölge arasındaki basınç farkı ne kadar büyük olursa, hava akım hızı o kadar fazla olur.

Rüzgar Enerjisi Nedir?

Rüzgar enerjisi ,rüzgarı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket enerjisidir. Elektrik üretmek için rüzgâr türbinleri, mekaniksel güç için yel değirmeni, su veya kuyu pompalama için rüzgâr pompaları veya gemileri yürütmek için yelkenler kullanarak rüzgârın kullanışlı formundaki rüzgâr enerjisinin sonucudur. Dünya nüfusundaki hızlı artış, sanayileşme, teknolojik araç ve gereçlerin insan yaşamında yoğun bir şekilde yer alması, enerji tüketiminin çok hızlı artmasına sebep olmaktadır. Fabrikalar, atölyeler, evdeki elektronik araçlar, sokak aydınlatmaları, demiryolu taşımacılığı, hatta elektrikle çalışan otomobiller gibi birçok alanda enerji, temel girdi haline gelmiştir. Bütün bu gelişmeler, enerji tüketimini her yıl ortalama %4-5 oranında arttırmaktadır. Enerji üretiminde yaygın olarak kullanılan fosil yakıt rezervlerinin(kömür, petrol ve doğalgaz) azalması, fosil yakıtların işlenmesi için daha derinlere inilme zorunluluğunu getirmiştir. Fosil yakıtlar üzerine yapılan araştırmalar neticesinde, dünyadaki enerji tüketim hızı fosil yakıtların oluşum hızının 300 bin katına eşit olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, bir günde yaklaşık bin yıllık fosil yakıt oluşumu tüketilmektedir. Bu durum, fosil yakıt rezervlerinin giderek tükeneceğinin

bir göstergesi olup, enerji ihtiyacı duyan ülkeleri de yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle enerjisidir. Bu enerji kaynaklarının, enerjinin üretimi ve dönüştürülmesi sırasında karşılaşılan çevresel sorunlara sebep olmaması nedeniyle kullanımı her geçen gün artmaktadır. En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgâr enerjisi, güneş radyasyonunun yer yüzeylerini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeylerinin farklı ısınması, hava sıcaklığı, basıncı ve neminin farklı olmasına, bu basınç farkları da havanın hareketine neden olur. Yüksek basınçtan alçak basınca doğru olan hava hareketi de rüzgârı oluşturmaktadır.

Rüzgâr enerjisi kullanımının bazı avantajları mevcuttur. Rüzgâr enerjisi, yenilenebilir özelliğe sahip, taşıma sorunu bulunmayan ve enerji üretimi için çok yüksek teknoloji gerektirmeyenbir enerji kaynağıdır. Ayrıca, bu enerji kaynağı atmosferde serbest ve bol bir şekilde bulunmakta ve çevre kirliliği oluşturmamaktadır. Güneş ve dünya var olduğu sürece var olacak rüzgâr enerjisinden yararlanmak için başka bir enerji şekline dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için rüzgâr türbinlerinden faydalanılmaktadır. Rüzgâr türbinleri, rüzgârın kinetik enerjisinden elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda rüzgâr türbin teknolojisinde meydana gelen gelişmeler (türbin çeşitleri, türbin yükseklikleri vb.) rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretim maliyetini düşürerek rüzgâr enerjisini fosil yakıt rezervleriyle rekabet edebilir bir duruma getirmiştir. Bu sebeple, birçokgelişmiş ve gelişmekte olan ülke, rüzgâr gücünden elektrik enerjisi üretme çalışmalarını devlet politikası haline getirerek her aşamada desteklemektedir. Rüzgâr enerjisinin ülkemiz ve dünyadaki durumuna yönelik literatürde birçok çalışma mevcuttur. Yanıktepe ve arkadaşları, Türkiye'de rüzgâr enerji sistemlerinin gelişimini ve rüzgâr enerji potansiyelini incelemişlerdir. 2011 yılı sonu itibarıyla Türkiye'deki ve dünyadaki rüzgâr türbini kurulu gücünün gelişimi ve günümüzdeki durumu araştırılmıştır. Kaplan çalışmasında, Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde kullanılan rüzgâr enerjisinin verimsiz kullanıldığından bahsetmiştir. Bu sebeple, ülkemizde rüzgâr enerji potansiyelinin daha doğru nasıl değerlendirilebileceğine yönelik önerilerde bulunmuştur.

Camadan yürüttüğü çalışmada, ülkemizde rüzgâr enerjisine yönelik yürütülen uygulamaları ve politikaları incelemiş, kısa ve uzun vadede öncelikleri değerlendirerek bazı öneriler sunmuştur. Dincer, rüzgârdan elektrik enerjisi üretiminin dünyadaki mevcut

durumunu, potansiyelini ve rüzgâr enerjisi politikalarını değerlendirmiştir. Rüzgâr türbini kurulu gücünü artırmaya yönelik tavsiyelerde bulunmuştur.

Rüzgar Enerjisinin Yararları

- Merkezi şebekelere
- Ayrılmş şebekelere
- Yerleşim yerlerine uzak yerlere
- Su pompalarına

Ayrıca

- Zayıf şebekeler için destek
- Enerji fiyatlarında istikrarsızlığı azartır
- Nakil ve dağıtım kayıplarını azaltır

Rüzgar Enerjisinin Kullanım Yerleri

Kapalı Şebeke

- Küçük türbinlerdir. (50 W 10 KW)
- Akü şarj etmek için kullanılır.
- Su pompalarında kullanılır.

Ayrılmış Şebeke

- 10- 200 KW a kadar olan türbinlerdir.
- Yerleşim yerlerine uzak bölgelerde üretim maliyetini azaltır.

Merkezi Şebeke

- 200 Kw 2 mW kadar
- Rüzgar çiftliği olarak kullanılır.

Rüzgar Enerjisi Sistem Maliyetleri

Rüzgar Çiftlikleri

- Kurulum maliyetler : $ 1,500/kW
- Üretim maliyetleri : $ 0,01/ kWh
- Satış fiyatı : $0,04 - $ 0,01 /kWh

Tek Türbinler ve Ayrılmış Şebekeler

- Yüksek maliyet (projeye özel)
- Fizibilite , geliştirme ve mühendislik çalışmaları maliyetin daha yüksek oranını oluşturur
- Ana parçaların maliyeti türbin maliyetinin 20 – 25 % ni oluşturur .Rotor yada dişli kutusu.

Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Türbinleri Seçim Esasları

Rüzgâr türbinleri tarihçesiyle ilgili değişik dokümanlara rastlanmakla birlikte, en eski rüzgâr kuvvet makinesi olan yel değirmeninin, bundan 3000 yıl önce İskenderiye yakınlarında yapıldığı tahmin edilmektedir. Mısır, İran ve Uzak Doğu'da görülen yel değirmenleri, Orta Doğu uygarlıklarından, Haçlı seferleri sırasındaki etkileşim ile Avrupa'ya geçmiştir . M.S.12. yy'da yel değirmenleri Fransa, İngiltere ve Hollanda'da ilk kez kullanılmaya başlanmıştır. M.S. 19. yy'ın sonlarında ve M.S. 20. yy'da yel değirmenleri ile kuyudan su çekmek ve elektrik elde etmek gibi uygulamalar ortaya çıkmıştır.

Elektrik üretme amaçlı ilk rüzgâr türbini 1891'de Dane Poul LaCour tarafından üretilmiş olmasına rağmen, modern sanayileşmenin başlarında (1900-1950'li yıllarda) rüzgâr enerjisinin yerine, daha tutarlı kaynaklar olan fosil yakıt kullanan enerji üretim sistemleri kullanılmaktaydı. Fakat bu süreçte de rüzgâr türbini teknolojisini geliştirmeye yönelik çalışmalar yürütülmüştür. 1942 yılında üretilen 17,5 m kanat çaplı ve 50 kW nominal güçlü Smidth rüzgâr türbini ve 1957 yılında imal edilen 24 m kanat çaplı ve 200 kW nominal güçlü Gedser rüzgâr türbini buna örnek olarak gösterilebilir. 1970'lerin başlarında yakıt fiyatlarında yaşanan yükseliş elektrik enerjisi üretiminde, rüzgâr enerjisi kullanımını daha fazla gündeme taşımıştır. 1990'ların sonu itibarıyla rüzgâr enerjisi en hızlı büyüyen önemli enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Yakın zamandaki teknolojik gelişmeler, rüzgâr türbinlerinin giderek daha verimli, uygun maliyetli ve güvenilir olmalarını sağlamıştır. 50-100 kW'lık küçük-orta ölçekli sistemler yerini 1 MW ve daha büyük sistemlere bırakmıştır Hızla gelişen teknoloji sayesinde günümüzde kullanılan rüzgâr türbinlerinin güç kapasitesi 8 MW'a ve kanat çapı 164 m'ye ulaşmıştır.

Türkiye'de Rüzgar Enerjisinin Genel Durumu

Ülkemizde rüzgâr enerjisi durumunun analiz edilebilmesi için, öncelikle ülkemiz rüzgâr enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye'de rüzgâr enerji potansiyelini belirlemek amacıyla rüzgâr ölçümleri, diğer meteorolojik ölçümlerle birlikte Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılmaktadır. İlk aşamada belirlenmiş olan ve rüzgâr enerjisi yönünden umut verici yerlerde yapılan etütler ile rüzgârdan enerji üretimine elverişli olabilecek bölgelere Rüzgâr Enerjisi Gözlem İstasyonları (RGİ) kurulup veri toplanmaya başlanmıştır. Ölçümler çoğunlukla 10 m yükseklikte alınmakla birlikte, 30 m yükseklikte alınan ölçümler de mevcuttur. Veriler birer saatlik ve 10 dakikalık periyotlarla toplanmakta, yazılım programı kullanılarak işlenmekte ve arşivlenmektedir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün (YEGM) ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama rüzgâr hızları, bölgelerin rüzgâr enerjisi uygulamaları için elveriş- li olup olmadığını göstermektedir. Ülkemizde enerji amaçlı ölçümler için MGM'nin istasyon sayısı yetersiz olup, daha güvenilir rüzgâr verileri elde etmek amacıyla istasyon sayısının hızla arttırılması gerekmektedir. İstasyon sayısının arttırılmasıyla Türkiye rüzgâr enerji potansiyel atlası (REPA) belli periyotlarda güncellenebilecektir. Bu şekilde, rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan bölgelerdeki ortalama rüzgâr hızları ve rüzgâr güç yoğunlukları belirlenerek bu sektöre yatırım yapacak şirketler teşvik edilebilecektir. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyel atlası (REPA), Türkiye rüzgâr kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından 2006 yılında üretilmiştir. Bu atlasta verilen detaylı rüzgâr kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine aday bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilecek bir altyapı sağlamaktadır. Yıllık ortalama değer alındığında, Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları, kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınlarındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgâr hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca, Marmara denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgâr hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgâr gücü yoğunluğu Türkiye'nin orta kesimleri boyunca mevcuttur. MGM tarafından yapılan rüzgâr hız ölçümlerine göre 6.5 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızları değerlendirildiğinde, Türkiye kara rüzgâr potansiyeli 131756.40 MW; rüzgâr hızının 6.5-7.0 m/s olduğu yerlerdeki rüzgâr potansiyeli ihmal edilip rüzgâr hızının 7.0 m/s'nin üzerinde olduğu bölgeler dikkate alındığında, Türkiye kara rüzgâr potansiyeli 48000 MW olarak belirlenmiştir. Ayrıca rüzgâr

hızının 6.5 m/s'nin üzerinde olduğu alanlarda Türkiye deniz rüzgâr potansiyeli 17393.20 MW olarak tespit edilmiştir. Deniz üstüne kurulan rüzgâr enerji santrallerinin maliyeti, karaya kurulanlara göre daha yüksek olduğundan öncelikle kara rüzgâr potansiyelinin değerlendirilmesi ülkemiz açısından olumlu bir strateji olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 1: 50 m yükseklikteki rüzgâr hızları ve potansiyelleri

Rüzgâr Hızı (m/s)	Toplam Potansiyel (MW)
6.5-7.0	6929.92
7.0-7.5	5133.20
7.5-8.0	3444.80
8.0-9.9	1742.56
>9.0	142.72
Toplam	**17393.20**

Dünya'da Rüzgar Enerjisinin Genel Durumu

Rüzgâr enerjisi, kullanımı giderek artan ve potansiyeli yeni keşfedilmiş tükenmez bir enerji kaynağıdır. Dünya rüzgâr enerji potansiyelini belirleyebilmek amacıyla Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda, 5.1 m/s üzerinde rüzgâr kapasitesine sahip bölgelerin, uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile %4'ünün kullanılacağı öngörüsüne dayanarak, dünya teknik rüzgâr potansiyeli 53000

TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan kıtalar/bölgeler sırasıyla; Kuzey Amerika (14000TWh/yıl), Doğu Avrupa ve Rusya (10600 TWh/yıl), Afrika (10600 TWh/yıl), Güney Amerika (5400 TWh/yıl), Batı Avrupa (4800 TWh/yıl), Asya (4600 TWh/yıl) ve Okyanusya (3000 TWh/yıl) şeklindedir . Bu veriler, Kuzey Amerika, Doğu Avrupa ve Rusya ve Afrika'nın dünya rüzgâr enerji potansiyelinin %66'sına sahip olduğunu göstermektedir. Dünya teknik rüzgâr potansiyelinin belirlenmesi çalışmasında, rüzgâr hızının 4-5 m/s olduğu bölgeler dikkate alınmamasına rağmen, bu bölgeler de oldukça iyi rüzgâr potansiyeline sahiptir. Sadece Almanya'da bu potansiyelin değeri 90 TWh/ yıl olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, bu hesaplamalar sadece karasal bölgeler için yapılmış olup, dikkate alınmayan açık deniz bölgelerinin de ihmal edilemeyecek ciddi bir potansiyeli mevcuttur. Bu süreçte, yenilenebilir enerji kurulu gücü yaklaşık iki kat, güneş enerjisi kurulu gücü yaklaşık iki kat ve rüzgâr enerjisi kurulu gücü ise yaklaşık yedi kat artış göstermiştir. 2013 yılında dünya yenilenebilir enerji kurulu gücünün (1560 MW) %64,1'ini hidrolik enerji oluştururken, %20,4'ünü rüzgâr enerjisi oluşturmuştur. Bu istatistiki verilerden, dünya yenilenebilir enerji kurulu gücünde, rüzgâr türbini kurulu gücü payının her yıl giderek artmakta olduğu belirlenmiştir. Bu durum, ekonomik ve endüstriyel gelişmeyle paralel olarak ülkelerin rüzgâr enerjisine öncelik vermelerinden ve enerji politikalarını bu doğrultuda geliştirmelerinden kaynaklanmaktadır. Dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücü 2014 yılı Temmuz ayı itibarıyla 336327 MW'dır . 2014 yılı ilk altı aylık döneminde rüzgâr enerji santrallerinin güç kapasitesinde %5,6'lık (17613 MW) bir kapasite artışı tespit edilmiştir. 2014 yılı sonunda ise rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 360000 MW 'a ulaşacağı ön görülmektedir. Rüzgâr enerjisine yönelik uygulanan teşvikler neticesinde, dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücünde her yıl ortalama %10'un üzerinde bir büyüme gerçekleşmiştir. Bu büyüme oranlarıyla rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en hızlı büyüyen enerji kaynağı olmuştur. Bu süreçte, en fazla kapasite artışı gösteren ülkeler sırasıyla; Çin (7.1 GW), Almanya (1.8 GW), Brezilya (1.3 GW) ve Hindistan (1.1 GW) ' dır. Brezilya, rüzgâr enerji santrallerinin güç kapasitesini en fazla artıran üçüncü ülke olmuş ve ABD'den (0.835 GW) daha fazla bir kapasite artışına ulaşmıştır. Ayrıca, 2014 yılında Çin'de gerçekleşen bu kapasite artışıyla, Çin'in rüzgâr enerjisi kurulu gücü 100 GW 'a yaklaşmış ve dünya rüzgâr türbini kurulu gücündeki artış payı %41 olarak gerçekleşmiştir. Bu verilerden, gelişmekte olan birçok ülkenin (Brezilya, Türkiye, Çin vb.) enerjiye olan gereksinimiyle paralel olarak rüzgâr türbini kurulu gücünü arttırdığı görülmektedir.

Şekil 1: 2014 yılı ilk 6 ayında rüzgar enerji kurulu gücündeki artışın ülkelere göre dağılımı

SONUÇLAR

Rüzgâr enerjisi; temiz, yenilenebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olup, bu özelliklerinden dolayı kullanımı her yıl giderek artmaktadır. Bu çalışmada, rüzgâr enerjisinin ülkemiz ve dünyadaki durumu değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Temiz bir enerji kaynağı olması
- Kaynağının tükenmemesi (Güneş , Dünya ve Atmosfer var olduğu sürece)
- Rüzgar tesislerinin kurulumu ve işletiminin diğer tesislere göre daha kolay olması
- Enerji üretim maliyetinin düşük olması, Güvenirliğinin artması
- Bölgesel olması ve dolayısıyla kişilerin kendi elektiriğini üretebilmesi

Dezavantajları

- Rüzgarın sürekliliği olmadığı için enerji üretim değerinin sabit olmaması
- Rüzgar türbinlerinin çok alan kaplaması, Gürültü kirliliği oluşturması
- Fosil ve nükleer yakıtlardan elde edilen enerjiye göre enerji üretiminin düşük olması
- Yatırım maliyetlerinin yüksek olması
- Kullanım ömrü dolmuş kompozit paçaların doğada geri dönüştürülmesi mümkün olmaması, İşletme riskinin fazla olması

KAYNAKLAR

URL-1 <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol1.pdf>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1 <https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/8453498933681d8_ek.pdf>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1 <https://tr.wikipedia.org/wiki/R%C3%BCzg%C3%A2r_g%C3%BCc%C3%BC>, alındığı tarih: 28.04.2017.

AKSARAY İLİ TIBBİ ATIKLARIN KONTROLÜ

Refik ŞERİFOĞLU
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
refik.91@hotmail.com

ÖZET: Ülkemizde ve dünyada nüfus artışına bağlı olarak mevcut hastane sayısının artması ile tıbbi atık miktarı da her geçen gün hızla artmaktadır. Tehlikeli bulaşıcı hastalıklarında artış göstermesi, plastik enjektörler ve kan setleri gibi tek kullanımlık malzemelerin kullanımını arttırmış olup buda doğrudan tıbbi atık üretim miktarına yansımıştır. Tıbbi atıkların diğer atıklardan ayrı bir işleme tabi tutulması gerekmektedir. Ayrı tutulmaması durumunda; hepatit, AIDS ve HIV gibi çok tehlikeli virüslerin ve birçok hastalığın insanlara geçme riskini arttırmakta, bununla birlikte çok sayıda sağlık, çevre ve maliyet problemini ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada Aksaray ilinde bulunan sağlık kuruluşlarının oluşturduğu tıbbi atıkların toplanması, depolanması, taşınması ve bertarafı konuları işlenmiştir. Aksaray ilinde oluşan tıbbi atıklar mikrobiyolojik laboratuvar atıkları, kan ürünleri ve bunlarla kontamine olmuş nesneleri, kullanılmış ameliyat giysileri, diyaliz atıkları, karantina atıkları, bakteri ve virüs içeren hava filtreleri, enfekte deney hayvanı ölüleri, organ parçaları, kanı ve bunlarla temas eden tüm nesneler, vücut parçaları, organik parçalar, plasenta, biyolojik deneylerde kullanılan kobay ölüleri ve kalıntıları, enjektör iğneleri, iğne içeren diğer kesiciler, iğne içeren diğer kesiciler, bisturilerdir. Yatak başına düşen günlük ortalama atık miktarı üniversite hastanelerinde 4,1-8,7 kg, genel hastanelerde 2,1-4,2 kg, bölge hastanelerinde 0,5-0,2 kg olarak değişmektedir. Bu atıkların günlük, aylık, yıllık toplamları oldukça büyük miktarlar oluşturmaktadır. Yıllık 247977 kg/yıl atık toplanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Tıbbi atık, Aksaray, Hastane*

1.GİRİŞ

Sağlık ünitelerindeki işlemler sırasında ortaya çıkan enfeksiyöz, patolojik ve kesici-delici atıklardan oluşan atıkların genel adıdır. Faaliyetleri sonucunda tıbbî atık oluşumuna neden olan üniteler (hastaneler, klinikler, doğumevleri, sağlık merkezleri, tıp merkezleri, dispanserler, sağlık ocakları, ayakta tedavi merkezleri, morglar, otopsi merkezleri, hayvan hastaneleri, kan üniteleri, diyaliz merkezleri, laboratuarlar, tıbbi araştırma merkezleri) tıbbî atıklarını; üzerinde uluslararası biyotehlike amblemi bulunan torba, kap ile kesici-delici alet kapları, taşıma konteynırları ile geçici depolama birimlerine ulaştırırlar (WHO, 2015). Dünya sağlık örgütü Atık Yönetim Komitesi tıbbi atıkları sekiz grupta toplanmaktadır. Bu atıklar hasta odası infekte olmayan atıkları, sağlık personeli çalışma odaları atıkları, patolojik atıklar, radyoaktif atıklar, delici kesici aletler, kimyasal atıklar, infeksiyöz veya potansiyel olarak infeksiyöz atıklar, farmasötik atıklar, basınçlı kaplar, farmasötik atıklar, basınçlı kaplardır (WHO,2015).

Ülkemizde tıbbi atık yönetimi uygulamasında belediyeler oluşan atıkları kendileri veya yetkilendirdikleri firmalar vasıtasıyla özel dizayn edilmiş lisanslı tıbbî atık taşıma araçlarıyla bu atıkları alıp bertaraf sahasına götürüp bertarafını yapmakla sorumludurlar. Tüm bu

faaliyetler, Resmî Gazete:25.1.2017-29959 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" ile belirlenmiştir (Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2017).

1.1. Tıbbi Atıkların Kontrolü

Sağlık kuruluşları, araştırma kuruluşları ve laboratuarlar tarafından oluşturulan tüm atıklar tıbbi atıktır. Bunun dışında evde yapılan tıbbi bakım (diyaliz, insülin enjeksiyonları) esnasında üretilen atıklar gibi küçük veya dağınık durumda bulunan kaynaklardan çıkan atıklar da tıbbi atıktır. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre ise tıbbi atık, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan enfeksiyon atık, patolojik atık ve kesici-delici atıkları ifade etmektedir. Daha geniş bir tanımlamayla "tıbbi atık" tanımı, mikrobiyolojik laboratuvar atıklarını,kan ürünleri ve bunlarla kontamine olmuş nesneleri, kullanılmış ameliyat giysilerini ,diyaliz atıklarını (atık su ve ekipmanlar), karantina atıklarını, bakteri ve virüs içeren hava filtrelerini, enfekte deney hayvanı leşleri, organ parçaları, kanı ve bunlarla temas eden tüm nesneleri, vücut parçaları, organik parçalar, plasenta,biyolojik deneylerde kullanılan kobay leşlerini,enjektör iğnelerini, iğne içeren diğer kesicileri, bistürileri, lam-lameli, kırılmış diğer cam nesneleri kapsamaktadır (Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2017).

1.2. Tıbbi Atık Sınıflandırma

Dünya Sağlık Teşkilatı, Basel Sözleşmesi Sekretaryası ve Avrupa Birliği tarafından yürütülen teknik çalışmalarda tıbbi atıklar için farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. Basel Sözleşmesi Sekretaryası tarafından hazırlanan "Biyomedikal ve Sağlık Bakım Atıklarının Çevreyle Uyumlu Yönetimi Teknik Kılavuzu (Y1; Y3)"na göre biyomedikal ve sağlık bakım atıklarının sınıflandırılması Basel Sözleşmesinin EK I, II, VIII ve IX'ündeki ana sınıflandırmaya dayanmakla birlikte, sağlık bakım sektöründeki pratik uygulamalara göre özelleştirilmiştir (Basel Sözleşmesi, 1993).

1.3. Çalışma Alanının Özellikleri

İç Anadolu Bölgesi'nde Niğde'nin kuzeybatısında, Konya'nın doğusunda, Ankara'nın güneydoğusunda yer almaktadır. 396.673 nüfusa (2016) ve 7626 km² yüz ölçümüne sahiptir. 2016 yılında TÜİK verilerine göre merkez ilçeyle beraber 7 İlçe, 22 belediye, bu belediyelerde 153 mahalle ve ayrıca 177 köyü vardır. (TÜİK, 2016). Aksaray ilinde bulunan sağlık

kuruluşların yıllık tıbbi atık miktarları Tablo 1.'de verilmiştir. Aksaray ilinde yılında yaklaşık olarak aylık 20-21 ton tıbbi atık üretilmektedir (Aksaray il Sağlık Müdürlüğü, 2016).

Tablo 1: 2015-16 verilerine göre yıllık tıbbi atık miktarı.

Sıra no	Kurumlar	Atık miktarı (kg/yıl)
1	Devlet-Kanser Göğüs-Patoloji	77971
2	Şammaz Çocuk ve Doğum Hastanesi	51223
3	Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi	42271
4	Medisaray Hastanesi	34828
5	Maya Hastanesi	30000
6	Başak Çocuk Hastalıkları Merkezi	2567
7	İl Sağlık Müdürlüğü Laboratuarı	2128
8	Kaputaş Aile Sağlık Merkezi	501
9	Özel Aksaray Hastanesi	434
10	Ana Çocuk Sağlığı Aile Planlama	616
11	Aktom Radyoloji Laboratuarı	619
12	Halk Sağlığı Laboratuarı	313
13	Aksaray Belediyesi Hekimliği	4506
Toplam		247977

1.4. Aksaray İlinde Hastane Atık Kompozisyonu

Bu çalışmada yapılan araştırmalarda 2016 yılı Aksaray ili hastane atık kompozisyonu ağırlık bazında sıralama yapıldığında sırasıyla plastik (%46), kâğıt (%34), sıvı (%12), cam (%7,5), anatomik (%0,1), diğer (%0,1) olarak belirlenmiştir (Aksaray il Sağlık Müdürlüğü, 2016).

1.5. Aksaray İli Tıbbi Atıkların Geçici Depolanması

Aksaray belediyesi sınırları içinde bulunan bazı sağlık kuruluşlarının isimleri, yatak sayıları ve geçici depolama sistemleri tablo 2'de verilmiştir (Aksaray il Sağlık Müdürlüğü, 2016).

Tablo 2: Aksaray il ölçeğinde tıbbi atıkların geçici depolanması.

Sıra no	Kurumlar	Yatak Sayısı	Geçici depolama sistemleri
1	Devlet-Kanser-Göğüs-Patoloji	493	Depo
2	Şammaz Çocuk ve Doğum Hastanesi	245	Depo
3	Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi	-	Konteynır
4	Medisaray Hospital	52	Konteynır
5	Maya Hastanesi	50	Konteynır
6	Başak Çocuk Hastalıkları Merkezi	-	Konteynır
7	İl Sağlık Müdürlüğü Laboratuarı	-	Poşet
8	Kaputaş Aile Sağlık Merkezi	-	Poşet
9	Özel Aksaray Hastanesi	60	Konteynır
Toplam		900	Depo/konteynır/poşet

1.6. Aksaray İlinde Tıbbi Atıkların Toplanması ve Taşınması

Sağlık kuruluşlarının tıbbi atıkları Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe, Cuma ve cumartesi günleri 8:00-12:00 ile 13:00-16:00 saatleri arasında toplanmaktadır. Hastanelerden günlük, diğer sağlık kuruluşlarından haftada 3 gün olmak üzere eczane ve veterinerlerden haftada 1 gün tıbbi atıklar periyodik olarak toplanmaktadırlar (Aksaray il Sağlık Müdürlüğü, 2016).

1.7.Aksaray İlinde Tıbbi Atıkların Bertarafı

Aksaray Belediyesi mücavir alan sınırları içerisinde toplanan evsel atıkların bertaraf edildiği Yunus kent mahallesi Tuzlusu mevkiinde yer alan düzensiz depolama sahası içerisinde; evsel atıkların depolandığı sahanın üst tarafında ve 100 m uzağında tıbbi atık depolama alanı mevcuttur. Tıbbi atık düzenli depolama alanına boşaltılan tıbbi atıklar kireçlenmek suretiyle belli bir seviyeden sonrada üzerleri tamamen kapanacak biçimde üzerlerine toprak örtü malzemesi serilerek depolama yapılmaktadır. Öncelikle insanlara zarar gelmemesi düşüncesiyle 60 litrelik taşınıp kapalı bir şekilde tesise gelmektedir. Araçtan alınıp, konteynırlara veya soğuk hava deposuna bekletilmektedir. Daha sonra 3100 milibar 143°C stabilizasyon edilmektedir. Stabilizesinin olup olmadığı fiziksel otoklavdan anlaşılmaktadır. Tam değere ulaşıncaya kadar kapakları açılmaz. Biyolojik ve kimyasal deneylerle stabile olup olmadığına dair bilgileri inhibitörlerden tespit edilmektedir (Aksaray il Sağlık Müdürlüğü, 2016).

2.AKSARAY BELEDİYESİ TIBBİ ATIK STERİLİZASYON TESİSİ

2.1. Aksaray İli Tıbbi Atıkların Taşınması

Atıkların toplandığı torba ve kutular iyice kapatılır ve mühürlenir. Tıbbi atıklar hastane ve diğer birimler arasında tekerlekli arabalar ya da başka amaçla kullanılmayan el arabaları ile taşınmaktadır. Bu araçlar kolayca yüklenmekte ve boşaltılmaktadır, yükleme ve boşaltma sırasında atık torba veya kaplarında hasara neden olabilen kesici uçları bulunmaktadır. Tıbbi atıkların depoya taşınması sırasında kullanılan taşıtlar her gün temizlenmekte ve uygun bir dezenfektanla dezenfekte edilmektedir. Taşıma ile ilgili görevli personele eğitim verilmiştir. Çalışma sırasında eldiven, gözlük, elbise gibi koruyucuları kullanmaktadır. Belediye tarafından yapılan taşıma sırasında tıbbi atıklar sıkıştırılmamaktadır. Herhangi bir kaza anında temizlik personeli ve şoför için yazılı talimat, saçılan atıkların toplanması için alet ve gerekli dezenfektanlar hazır bulundurulmuştur.

2.2. Aksaray İli Tıbbi Atıkların Zararsız Hale Getirilmesi

Hastane atıklarının insan ve çevre sağlığına olabilecek olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ya da azaltmak amacıyla yürütülen bir atık minimizasyon programı oluşturulmuştur. Atık maddenin kaynağında azaltılması ya da tesis içinde veya dışında geri kazanılması; atık yönetim giderlerini azaltarak ve zararlı atıkların uzaklaştırılması gibi sorumlulukları düşürerek hastanelere yarar sağlamaktadır.

2.3. Kanalizasyon Sistemine Boşaltma

Tıbbi kuruluşlar atık sularını daha sonra işleme tabi tutulmak üzere özel bir kanalizasyon sistemine boşaltmaktadır. Belediyeye ait bu işleme yeri tüm biyolojik atıklar için inşa edilmiştir. Kan ve vücut sıvıları ve diğer sıvılar bu kanalizasyon sistemine akıtılabilmektedir. Kanalizasyona atılacak infeksiyöz sıvılar atık kaplarını boşaltırken sıçrama ya da havaya dağılma nedeniyle çalışanları infeksiyona maruz bırakabilir. Bu nedenle özel maskeler gibi kontrol önlemleri alınmıştır. Ayrıca bu boşaltma işlemi için kullanılan lavabo sadece bu iş için kullanılmaktadır.

2.4. Kimyasal İşlem ve Dezenfeksiyon

Uygulaması yapılmakta olan kimyasal dekontaminasyon ve dezenfeksiyon belli tıbbi atıkların muamelesi için uygun, etkisi kanıtlanmış bir tekniktir. İyi bir kimyasal dezenfeksiyon için infeksiyöz ajanın dezenfektanla uygun konsantrasyonda ve uygun süre teması gereklidir. Atıktaki nem ve organik maddeler bazı dezenfektanların etkinliğini azaltmaktadır.

2.5. Buhar ile Sterilizasyon

Aksaray ili tıbbi atık berterafında uygulanan buhar çalışmaları, infeksiyöz ajanın belli ısıdaki buhar ile belli bir süre karşı karşıya kalması gerektiğini göstermektedir. Buharı kolaylıkla penetre olabileceği atıklar için uygundur. Birçok atık için buhar sterilizasyonunu uygulamak çok kolay değildir. Taşıyıcılar ve torbalar buharın etkisini azaltırlar.

2.6. Yakma

Tesiste faaliyet gösteren yakma işlemi su ve karbondioksite dönüştürülmesi esasına dayanan bir yöntemdir. İnfeksiyöz ajanların yok edilmesinde güvenilir bir yoldur. Yanıcı özellikte olan kâğıt ve plastiklerden enerji elde edilebilir. Sağlık kuruluşlarından gelen atıkların hepsi için geçerli olmasa bile yakma güvenli bir yöntemdir.

2.7. Mikrodalga Işınlama

Aksaray ili tıbbi atık sterilizasyon tesisinde mikrodalga ışın son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür ışınlama infeksiyöz atıkların içerisindeki nem ve suyu belli bir sürede ısıtarak etki gösterir. Bu nedenle atıklar önce parçalanmakta ve yeterince su ilave edilmektedir.

2.8. Gömme

Atıklar zaman içinde toprağın içindeki bakteriler tarafından yavaş yavaş parçalanır. Aksaray ilinde tıbbi atıklara gömme işlemi uygulanırken bir tabaka atık, 15 cm kalınlığında toprak olmak üzere üst üste en az 2,5 cm derinliğinde çukura gömme işlemi uygulanmaktadır. En son tabaka en az 60 cm kalınlığında toprakla örtülmüştür.

SONUÇ

Toplumun tüm kesimlerinde olduğu gibi, hastanelerde de her geçen gün atılabilen türde ürün kullanım sonucu, üretilen tıbbi atık miktarı sürekli artmakta, insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir. Sağlıkla ilgili işlemler sırasında oluşan atıkların %75-90'ı risksiz veya halk sağlığını tehdit etmeyen genel atıklar iken, geri kalan kısmı riskli atıklardan oluşur. Zararlı hastane atıkları, infeksiyöz, patolojik, kesici-delici, genotoksik, farmasötik, kimyasal, ağır metal ve radyoaktif atık gruplarından oluşur. Yatak başına düşen günlük ortalama atık miktarı üniversite hastanelerinde 4,1-8,7 kg, genel hastanelerde 2,1-4,2 kg, bölge hastanelerinde 0,5-0,2 kg olarak değişmektedir. Bu atıkların günlük, aylık, yıllık toplamları oldukça büyük miktarlar oluşturmaktadır. Tüm atıklara infekte atık muamelesi yapılması maliyeti ve işgücü kaybını arttıracağından atıkların üretildiği yerde ayrılması önem taşır. Bu nedenle, hastanelerden ve benzeri sağlık kuruluşlarında üretilen tıbbi atıkların, evsel nitelikli atıklardan ayrı olarak toplanması, depolanması ve elimine edilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde atık kontrolü ile ilgili çalışmalar, ilk kez 1983 yılında Çevre Bakanlığı'nca 2872 sayılı "Çevre Kanunu" ve 25 Ocak 2017 Tarihli Resmî Gazetede yayınlanan "Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" ile düzenlenmiştir. Bu yönetmelik ile tıbbi atıkların yok edilmesi görevi belediyelere, finansmanı; atık çıkaran kuruluşlara ve denetleme sorumluluğu Çevre Bakanlığı'na verilmiştir. Hastane ve benzeri kuruluşlar, üretilen atıkların gerek hastane içi gerekse hastane dışındaki kişilerin sağlığına ve çevreye verecekleri zararları göz önüne alarak, toplama, depolama, taşıma ve imha etme safhalarında tamamen sorumluluk altındadırlar.

KAYNAKLAR

Zanbak C, Tugat B. Tehlikeli atıkların yönetimi. Çevre Bakanlığı, Ankara 1997;33.
Çevre Bakanlığı. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. T.C. 1993, 21586: 10-26 sayılı Resmî Gazete.
Özeral İH. Hastane Atıkları Ne Yapalım? Sterilizasyon Dezenfeksiyon ve Hastane İnfeksiyonları. Günaydın M, Esen Ş, Saniç A, Leblebicioğlu H (editörler). Samsun: SİMAD Yayınları, 2000:168-88.
Talınlı İ, Eskitürk A, Yamantürk R. Tıbbi atıkların yönetimi ve atık minimizasyonu. Ulusal Atık Kongresi, İzmir, 2003;8:7-18.
Anonim,2017, Aksaray Devlet Hastanesi, Aksaray
Günaydın M. Hastane atıklarının zararsız hale getirilmesi ve ülkemizde durum. Aktüel Tıp Dergisi 2001; 6:64-73.
WHO/UNICEF, 2015. Water, sanitation and hygiene in health care facilities: status in low- and middle-income countries. World Health Organization, Geneva
Basel sözleşmesi, resmî gazete ile yayımı: 30.12.1993 Sayı: 21804
Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği / 25 Ocak 2017 Tarihli Resmî Gazete
URL-1 < http://aksaray.ism.saglik.gov.tr/index.html >, alındığı tarih: 20.04.2017.

YERALTI SUYU KİRLİLİĞİNDE AHS UYGULAMALARI: TUZ GÖLÜ ÖRNEĞİ

Samet BOYATAN
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
samet_boyatan@hotmail.com

ÖZET: Günümüzde küresel iklim değişiklikleriyle birlikte yüzey sularının yeterli olmadığı ortamlarda her geçen gün yeraltı suları daha çok kullanılır hale gelmektedir. Ülkemizde içme ve kullanma suyu amacıyla belediyeler tarafından çekilen suyun %48,9'u barajlardan karşılanırken, %47,5 gibi önemli bir kısmı da yeraltı sularından sağlanmaktadır. Bu kaynağın kirleticilere karşı korunması amacıyla, hassasiyetinin bilinmesine gereksinim vardır. Çalışma kapsamında, yer altı suyu kirliliğe karşı hassasiyet belirleme çalışmalarında son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan Analitik Hiyerarşik Süreci (AHS) incelenmiştir. Farklı araştırmacılar tarafından farklı bölgelerde yapılan çalışmalar incelenmiş olup Eskil Ovası'nda Kavurmacı ve Üstün (2016) tarafından yapılan çalışma detaylı olarak ele alınmıştır.
Çalışmada, İç Anadolu Bölgesinde Aksaray il sınırları içerisinde Tuz Gölü'nün güney kıyı çizgisi boyunca yer alan Eskil ve çevresindeki tatlı su akiferlerinin su kalitesi açısından mevcut durumları, su kalitesinin mekansal dağılımları ve Tuz Gölü ile olan etkileşim potansiyelleri araştırılmıştır. Çalışma esnasında dağılımlar ve yorumlar yapılırken jeoistatiksel yöntemler ve CBS tekniklerinden yararlanılmıştır. Eskil Ovası İç Anadolu bölgesinde yer alan yer altı su kaynakları oldukça zengin bir ovadır. Ovadaki yeraltı suyu kaynaklarının su kalitesi fiziksel-kimyasal veriler ve jeoistatiksel yöntemlerle incelenmiştir. Çalışma kapsamında, su kalitesinin belirlenmesi için bir model (su kalite indeksi) geliştirilmiş ve oluşturulan model ile birlikte yüksek su kalitesine sahip alanları belirlenmiştir. Bölgedeki 21 farklı sulama kuyusundan su örnekleri yeraltı suyu kalitesini değerlendirebilmek amacı ile toplanmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları ile elde edilen veriler, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yardımıyla değerlendirilmiştir. Çalışma alanının su kalite indeksi fiziksel, kimyasal, ağır metal ve organik parametreler adı altında sınıflandırılan dört ana faktör ve on sekiz farklı alt kriter (su kalite parametresi) dikkate alınarak oluşturulmuştur. Yeraltı suyu kalite haritaları AHS modellerinden elde edilen su kalite indeksleri ve Kriging metot kullanılarak çizilmiştir. Yeraltı suyu kalite haritalarında verilen yeraltı suyu kalite indeksi çok yüksek, yüksek, orta ve düşük su kalitesi şeklinde sınıflandırılmıştır. ESKİ (Eskil Su Kalite İndeksi) değerinin 0.075 den büyük olduğu çok yüksek-yüksek su kalitesine sahip alanlar inceleme alanının güneybatısında bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Su kalitesi, su kalite indeksi, analitik hiyerarşi yöntemi.*

1. GİRİŞ

Günümüzde, endüstri, tarım, turizm ve su kullanılan alanlardaki ekonomik büyüme ve hızlı nüfus artışı nedeniyle temiz ve kaliteli su kaynaklarına olan ihtiyaç hızla artmaktadır. Bununla birlikte, oldukça sınırlı olan temiz su kaynakları doğal ve antropojenik etkenler sonucunda giderek kullanılabilir özelliklerini kaybetmektedir. Düşük kalitede su kullanımı insanlarda ciddi hastalıklara ve ekosistem üzerinde kalıcı zararlara neden olabilir (Germolec ve ark., 1989; Sadat-Noori ve ark., 2014).

Yeraltı suyu kirlenebilirliği (vulnerability) kavramı ilk olarak Margat (1968) tarafından ortaya atılmıştır ve genel olarak fiziksel çevrenin özellikle yeraltı sularını tehdit eden kirleticilere karsı yeraltı suyu korunmasına yönelik farklı derecelere ayrılabilmesi olarak ifade edilebilir. Bunun sonucunda bazı bölgeler yeraltı suyu kirliliğine karsı diğer alanlara göre daha hassas olarak belirlenir. Seçilen bir bölgede hazırlanan yeraltı suyu kirlenebilirlik haritası hidrojeolojik ve antropojenik faktörlerin temeline dayanarak en büyük yeraltı suyu kirlilik

potansiyeline sahip alanları göstermektedir (Al- Zabet, 2002). Yeraltı suyu kirlenebilirlik haritalarının oluşturulmasında 1970 yılından bu yana, farklı araştırmacılar tarafından birçok yöntem geliştirilmiştir (Secunda vd., 1998; Mendoza ve Barmen, 2006; Wang vd., 2007; Kim ve Hamm 1999; Lee, 2003). Bunlardan özellikle gözenekli akiferlerde en yaygın olarak kullanılan yöntem Aller vd., (1987) tarafından geliştirilmiş olan DRASTIC yöntemdir.

Su kalitesini kontrol eden parametreleri belirlemek ekosistemin korunması için çok önemlidir (Marjani ve Jamali, 2014). Su kaynaklarının korunması ve kullanım özelliklerine uygunluk açısından kalite kaybının önlenmesi için farklı kuruluşlar tarafından birçok kıstas ve standart belirlenmiştir (WHO, 2012). Aynı su örneğini temsil eden farklı kıstaslar için çeşitli su kalite sınıflamaları ortaya çıkabilmektedir. Son yıllarda bu problemin çözümü için su kalitesine etki eden kıstaslar Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Çoklu Kriterli Karar Verme (ÇKKV) analizleri gibi alternatif çözüm ve değerlendirme teknikleri yardımıyla değerlendirilmiştir. Su kalitesinin değerlendirilmesi ve mekansal dağılımlarının doğru analiz edilebilmesi CBS teknikleri ile çok daha kolay ve güvenilirdir (Zarif ve ark., 2004).

2. YERALTI SUYU KİRLİLİĞİNDE AHS UYGULAMALARI

AHS Yöntemi Saaty (1980) tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar analizlerinden biridir. Çok karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir metottur. Kullanılan her bir kriterin tanımlanması ve ikili karşılaştırmalar ile ağırlık katsayılarının belirlenmesi temeline dayanır. AHS Yöntemi kullanıldığı karar analizlerinde daha hızlı ve güvenilir bir şekilde sonuca ulaşmaya olanak sağlayan bir yöntemdir. AHS yönteminde iki veri birbiri ile sözel olarak kıyaslanarak sonuçlar sayısal olarak ifade edilir (Tablo 1). Bu kıyaslamalar ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturularak yapılır ve her bir kriterin birbirlerine kıyasla göreceli önem dereceleri belirlenir. Yöntemin uygulamasında ikinci adım her bir özelliğin önem derecesini gösteren, öncelik vektörlerinin bulunmasıdır. AHS metodolojisine uygun olmak şartıyla uygulamada kolaylık olması açısından geliştirilmiş pek çok durumda çok iyi sonuçlar veren bir algoritma geliştirilmiştir.

İkili karşılaştırma matrisindeki her bir sütunun elemanları, o sütunun toplamına bölünür. Böylece Aw olarak adlandırılan ve her sütundaki değerler toplamı 1'e esit olan bir 'Normalleştirilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi' elde edilir.

Tablo 1. AHS tekniğinde tercihler için kullanılan ikili karşılaştırmalar ölçeği (Saaty, 1980)

Sözel Tercih Hükmü	Açıklama	Sayısal Değer
Eşit Tercih Edilme	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur	1
Kısmen Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre kısmen tercih ettiriyor	3
Oldukça Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre oldukça tercih ettiriyor	5
Kuvvetle Tercih Edilme	Bir faaliyet değerine göre kuvvetle tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görünüyor	7
Kesinlikle Tercih Edilme	Bir faaliyetin değerine göre tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenirliğe sahip	9
Orta Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler	2, 4, 6, 8

Elde edilen Aw matrisinde, her bir satırda yer alan elemanların aritmetik ortalaması alınır. Bu aritmetik ortalama (1 x m) boyutlu matrisin ilgili satırını oluşturacaktır. Bunun sonucu olarak, m boyutlu w öncelik vektörü elde edilir:

$$w = [w_1, w_2, ..., w_m]^T$$

AHS yönteminin üçüncü aşamasında yapılan ikili karşılaştırmaların tutarlılık derecesi hesaplanmalıdır. Saaty (1980)'e göre "Tutarlılık Oranı" değerinin 0,1 den küçük olması gerekmektedir. Bu çalışmada tutarlılık oranı TO = 0,04 olarak hesaplanmıştır. Tutarlılık Oranı aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$TO = Ti / Ri$$

Burada; Ti: Tutarlılık indeksi, Ri: Rastgelelik indeksi ifade eder. Tutarlılık indeksi aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$Ti = \frac{\lambda \max - n}{n - 1}$$

Burada λ max, karar matrisinin en büyük özvektörü olup matristen hesaplanabilmektedir. 'n' değeri ise matrisin derecesini ifade etmektedir. Formülde yer alan Rastgelelik indeks değeri ise aşağıda verilen çizelgeden okunmaktadır.

Yukarıda temel bilgileri verilen AHS metodolojisini kullanılarak son yıllarda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Ülkemizde yapılan bu çalışmalardan ikisine kısaca değinecek olursak;

Şener vd. tarafından 2009 yılında Senirkent- Uluborlu Havzası (ISPARTA)'nda yapılan çalışmada DRASTIC yöntemi uygulanan havzada AHS'den yararlanılarak derece ve ağırlıklar belirlenmiştir. Havza içerisinde bulunan kirleticilerin yeraltı sularını etkileme dereceleri

dolayısıyla akifer birimlerin kirleticilere karsı duyarlılıkları Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı olarak DRASTIC yöntem kullanılarak belirlenmiştir. DRASTIC yöntemde kullanılan parametre haritaları Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Bu haritaların CBS ortamında örtüştürülmesi ile havzanın bölgesel ölçekli akifer duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

Şener ve Davraz tarafından 2012 yılında Eğirdir Gölü Havzası'nda yapılan "CBS Tabanlı Akifer Kirlenebilirlik Haritalarının Çok Kriterli Karar Verme Analizleri Kullanılarak Hazırlanması: Eğirdir Gölü Havzası" başlıklı çalışmada; bölgedeki ana kirletici kaynağın tarımsal kirlilik olması ve kirliliğin özellikle alüvyon ortamda yayılım göstermesi sebebiyle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı DRASTIC (*Yeraltısuyu derinliği, Beslenim, Akifer ortam, Toprak örtüsü, Topoğrafya, Vadoz Zonun Etkisi, Akiferin hidrolik iletkenliği*) yöntem kullanılmıştır.

3. ÖRNEK ÇALIŞMA: Çok Kriterli Karar Verme Analizi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Su Kalitesinin Değerlendirilmesi (URL-1)

Çalışma Kavurmacı ve Üstün tarafından 2016 yılında yayınlanmış bir çalışmadır. Çalışma İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Aksaray İl sınırları içerisindeki Eskil Ovası'nda gerçekleştirilmiştir. Tuz Gölü'nün güneyinde Eskil kasabası bulunur. Eskil ve çevresi bölgenin en önemli tarım arazilerinden birisidir. Bölgede su ile tarım yapıldığı için yeraltı suları oldukça yaygın olarak kullanılır. İnceleme alanında içme ve sulama amacı ile açılmış 500 den fazla su kuyusu vardır. Bu kuyuların derinlikleri 40 ile 150 metre debileri ise 2 ile 10 Litre/saniye arasında değişir. Yeraltı sularının tuzlanması bölgedeki en önemli sorunlardan birisidir. İnceleme alanı, Türkiye'de İç Anadolu Bölgesi'nde 330 14' ve 330 35' doğu boylamları ile 380 12' ve 380 26' kuzey enlemleri arasında yer alır (Şekil 1). İnceleme alanının ortalama denizden yüksekliği 960 m. kapladığı alan ise 800 km^2'dir. Bölgenin ortalama yıllık sıcaklığı 12.4 ^oC, ortalama yıllık yağış miktarı ise 360 mm'dir. İnceleme alanı düz bir topoğrafyaya sahiptir. Bölgenin en önemli su yapısı 1665 km^2'lik ortalama yüzey alanına sahip Türkiye'nin ikinci büyük ve en sığ gölü olan Tuz Gölü'dür. Tuz Gölü kapalı bir havza gölüdür. Yağış alanı 11900 km^2'dir. Göl çok geniş bir yağış alanına sahip olmasına rağmen genelde NaCl'ce zengin yeraltı suları tarafından beslenir (Kavurmacı, 2013).

İnceleme alanında son yıllarda yeraltı suyunun aşırı kullanımı ve yüzeysel su kaynaklarının yokluğu yüksek su kalitesine sahip olan yeraltı suyuna olan talebi daha da artırmıştır.

Şekil 1 Çalışma alanının genel görünüşü ve örnekleme noktalarının dağılımı

Araştırma kapsamında Mayıs 2015 ve Eylül 2015 tarihlerinde 21 sulama amaçlı açılan kuyudan su örnekleri toplanmış ve bu örnekler üzerinde fiziksel ve kimyasal su kalite analizleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 2). Su kimyası analizlerinden elde edilen veriler uygun veri tabanı formatında düzenlendikten sonra jeoistatiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiş ve CBS uygulamaları yardımıyla inceleme alanının değişik tip ve ölçekte su kalite haritaları üretilmiştir.

AHP en çok kullanılan MCDM tekniklerinden biridir. AHP çeşitli ölçütleri kullanarak, karar alternatiflerini kendi içerisinde kıyaslayarak sıralar ve ilgili karar alternatiflerinden en uygun olanını mevcut koşulları da dikkate alarak belirler. Metodun temeli ölçütler, alt ölçütler ve karar alternatifleri arasında ikili karşılaştırmalara dayanır. Karşılaştırmalar yapılırken konuyla ilgili farklı uzmanların sübjektif objektif değerlendirmelerinden karar sürecinde yararlanılır. Bu değerlendirmeler belli oranda tutarsızlığın ikili karşılaştırmalarda yer almasını sağlar. İlgili veri grubunun çalışmada kullanılabilmesi için tutarsızlık oranının 0.1'den az olması gerekir (Saaty, 2005; Yazgan ve Üstün, 2011).

İkili karşılaştırmalar yapılırken karar alternatifleri, ölçüt ve alt ölçütler kendi aralarında bu skala kullanılarak değerlendirilmiştir. Karşılaştırma matrisleri yardımıyla hiyerarşi içerisinde yer alan her ölçütün öncelik ve ağırlık vektörleri belirlenmiş ve Eskil Su Kalite İndeksi (ESKİ) geliştirilmiştir (Tablo 3, Tablo 4). Uygulamanın son aşamasında yapılan ikili

karşılaştırmaların tutarsızlık değeri 0,008 olarak hesaplanmıştır. Kurulan matrisler ve yapılan karşılaştırmalar tutarlıdır ve bu karşılaştırmalar değerlendirme sürecinde kullanılabilirler.

Tablo 2. AHS için verilerin karşılaştırma aralıkları

Parametre	Çok iyi	İyi	Kötü	Çok
T	< 15	15-25	> 25	> 30
pH	6.5 - 7.5	7.5 - 8.5	> 8.5	< 6.5
EC	< 250	250-1000	1000-2250	> 2250
T. Sertlik	< 150	150-500	500-1000	> 1000
Bulanıklık	< 5	5-25	25-50	> 50
Klorür	< 25	25-200	200-400	> 400
Sodyum	< 125	125-250	250-1000	> 1000
Sülfat	< 200	200-400	400-1000	> 1000
Alkalinite	< 250	250-500	500-1000	> 1000
SAR	< 10	10-18	18-26	> 26
As	< 0.01	0.01-0.05	0.05-0.1	> 0.1
B	< 0.1	0.1-0.5	0.5-1	>1
Li	< 0.01	0.01-0.05	0.05-0.1	> 0.1
Ba	< 0.5	0.5-1	1-2	> 2
TOK	< 5	5-8	8-12	> 12
TA(TN)	< 0.5	0.5-2	2-5	> 5
Nitrat-N	< 5	5-20	20-50	> 50
Amonyum-N	< 0.02	0.02-0.1	0.1-1	> 1

Çok yüksek su kalitesi içeren alanlar inceleme alanının güneybatı bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Bu alanlar inceleme alanının yaklaşık % 29.3 temsil eder (Şekil 3). Düşük su kalitesi içeren alanlar toplam alanın yaklaşık % 26.8 temsil eder. Güneye doğru gidildikçe mesafeye bağlı olarak su kalitesi artma eğilimi gösterir. İnceleme alanının % 45.7'si su kalitesi açısından orta su kalite özelliğine sahiptir. İçme ve kullanma suyunun kalitesi Tuz Gölü'ne yaklaştıkça ve Eskil ovasının güney kesimine doğru inildikçe azalma gösterir.

Tablo 3. Her bir kuyu için AHS kullanılarak üretilen Eskil su kalite indeks (ESKİ) değerleri

Örnek	**ESKİ-Mayıs**	**ESKİ-Eylül**	**Örnek**	**ESKİ-Mayıs**	**ESKİ-Eylül**
Sk1	0.02527	0.02152	**Sk12**	0.02368	0.02595
Sk2	0.02522	0.02448	**Sk13**	0.05373	0.05226
Sk3	0.09138	0.08929	**Sk14**	0.04599	0.04645
Sk4	0.03826	0.03464	**Sk15**	0.06237	0.06499
Sk5	0.04490	0.04235	**Sk16**	0.04172	0.04014
Sk6	0.05838	0.05895	**Sk17**	0.04119	0.04200

Sk7	0.04212	0.04114	**Sk18**	0.05915	0.06275
Sk8	0.08126	0.08407	**Sk19**	0.03815	0.03253
Sk9	0.04190	0.04333	**Sk20**	0.04231	0.04273
Sk10	0.08149	0.08831	**Sk21**	0.04142	0.04225
Sk11	0.02058	0.02079			

Tablo 4. ESKİ değerlendirme kriterlerinin açıklanması

ESKİ	Tanımlama	Açıklama
0.1 - 0.075	Çok yüksek su kalitesi	İçme ve kullanma suyu olarak kullanmak güvenlidir.
0.075 - 0.050	Yüksek su kalitesi	İçme ve kullanma suyu olarak kullanmak genellikle güvenlidir.
0.050 - 0.025	Orta su kalitesi	İçme suyu kullanımı için sağlığı tehdit eden bazı unsurlar içerebilir fakat kullanma suyu olarak kullanılabilir.
0 - 0.025	Düşük su kalitesi	İçme suyu olarak kullanılamaz.

Göl kıyısına yakın konumda bulunan Sk1, Sk2, Sk4, Sk11 ve Sk12de tatlı su akiferlerinin tuz içeriği artış gösterir. Kuyularda aşırı su çekimine bağlı olarak yeraltı suyu seviyesinde gelişen aşırı düşüm gölü çevreleyen tuzlu bölgeden akifere tuzlu su girmesine neden olmuş olabilir. Kırık sistemler ve gözenekli birimler boyunca etkili olan tuzlu su girişi alüvyon akiferin litolojik özelliklerine göre de farklılıklar gösterecektir. Bu çalışma sonucunda önerilen metot yüksek su kalitesine sahip alanların belirlenmesinde ve su kalite değerlendirme çalışmalarında güvenilir ve başarılı bir şekilde kullanılabilir.

Şekil 3. İnceleme alanındaki su kalitesinin mekânsal ve zamansal dağılımı

KAYNAKLAR

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.H., Hackett, G. 1987. DRASTIC: A Standardised System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. USEPA Report 600/2- 87/035, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, Oklahoma.

Al-Zabet, T. 2002. Evaluation of Aquifer Vulnerability to Contamination Potential Using the DRASTIC method. Environmental Geology, 43, 203–208.

Germolec, D.R., Yang, R.S.H., Ackerman, M.F., Rosenthal, G.J., Boorman, G.A., Blair, P., Luster, M.I. 1989. Toxicology studies of a chemical mixture of 25 groundwater contaminants. Fundam. Appl. Toxicol., 13: 377–387

Kavurmacı M. M., Üstün A. K. 2016. Çok Kriterli Karar Verme Analizi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. KSÜ Doğa Bil. Derg., 19(2), 208-220.

Kavurmacı, M.M. 2013. Şereflikoçhisar Havzası Yeraltı Sularının Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Açıdan İncelenmesi ve Bölgedeki Tuzlusu Girişiminin Çevresel Etkilerinin Araştırılması. ASÜ Fen Bil. Ens., Jeoloji ABD, Doktora tezi, 232 S.

Kim, Y., Hamm, S. 1999. Assessment of the Potential for Groundwater Contamination Using the DRASTIC/EGIS Technique, Cheongju area, South Korea. Hydrogeology Journal, 7, 227–235.

Lee, S. 2003. Evaluation of Waste Disposal Site Using the DRASTIC system in Southern Korea. Environmental Geology, 44, 654–664.

Margat, J. 1968. Groundwater Vulnerability to Contamination (in French). Bases de al Cartographie, (Doc.) BRGM, 68 SGC 198 HYD, Orleans, France

Marjani, A., Jamali, M. 2014. Role of exchange flow in salt water balance of Urmia Lake. Dynamics of Atmospheres and Oceans, 65:1–16.

Mendoza, J.A., Barmen, G. 2006. Assessment of Groundwater Vulnerability in the Rı´o Artiguas Basin, Nicaragua. Environmental Geology, 50, 569–580.

Saaty, T.L., 1980. “The Analytic Hierarchy Process.” McGraw-Hill, New York.

Saaty, T.L. 2005. Theory and Applications of The Analytic Network: Decision Making With Benefits, Opportunities, Costs And Risks. 47p, RWS Publication, USA.

Sadat-Noori, S.M., Ebrahimi, K., Liaghat, A.M. 2014. Groundwater quality assessment using the Water Quality Index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran. Environmental Earth Sciences, 71(9):3827– 3843.

Secunda, S., Collin, M., Melloul, A.J. 1998. Groundwater Vulnerability Assessment Using a Composite Model Combining DRASTIC with Extensive Land-use in Israel’s Sharon Region. Journal of Environmental Management, 54, 39–57.

Şener, Ş., Şener, E., Davraz, A., 2009, DRASTIC ve Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemlerinin Entegrasyonu ile Akifer Duyarlılık Haritalarının Hazırlanması: Senirkent - Uluborlu Havzası (Isparta) Örneği, SDÜ Journal of Natural and Applied Sciences, Volume 13, Issue 1, 48-59.

Sener, E., Davraz, A. 2012. Assessment of groundwater vulnerability based on a modified DRASTIC Model, GIS and an Analytic Hierarchy Process (AHS) method: the case of Egirdir Lake Basin (Isparta, Turkey). Hydrogeology Journal, 21: 701–714.

WHO/UNICEF 2012. Estimated with data from WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) for Water Supply and Sanitation. Progress on Sanitation and Drinking-Water, 2012 Update.

Yazgan, E. Üstün, A.K. 2011. Application of analytic network process: weighting of selection criteria for civil pilots. J. Aeronaut Space Technol, 5(2):1-12.

Yazıcı, M., DEĞİRMENCİ, M. ve SÖZÜDOĞRU, O., 2009. http://docplayer.biz.tr/13721491-Yeralti-suyu-kirliligi-calismalarinda-drastic-yonteminin-kullanimi.html.

Wang, Y., Merkel, B.J., Li, Y., Ye, H., Fu, S., Ihm, D. 2007. Vulnerability of Groundwater in Quaternary Aquifers to Organic Contaminants: A Case Study in Wuhan City, China, Environmental Geology, 53, 479–484.

Zarif, İ.H., Özçep, F., Seyyar, T. 2004.Yalova’daki Alüvyon Zeminlerin Sıvılaşma Tehlike Analizi. 16. Uluslararası Jeofizik Kongresi, 7-10 Aralık, Ankara, Türkiye.

URL-1 http://dergi.ksu.edu.tr/article/view/5000179633/5000170666, 26.10.2016.

YERKÖY ATIKSU ARITMA TESİSİ PROJELENDİRİLMESİ

Tuğba DAĞ, Sefa YERLİ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
tugbaa_dg@hotmail.com, sfyerli@hotmail.com

ÖZET: Yozgat iline bağlı olan Yerköy ilçesinin Atıksu Arıtma Tesisi projesi için raporlama ile ilgili yapılan çalışmalar. Günümüzde nüfus artışına paralel olarak artan su tüketimi ile suların arıtılması da önem kazanmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Avrupa Birliği Müktesebatı ile yapılan protokoller gereği ülkemizdeki yerleşim yerlerinin Atık su Arıtım Tesislerinin yapılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu maksat ile Yerköy ilçesinin de projesinin yapılması çalışmalarına başlanmıştır. İller Bankası Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü tarafından ihale edilen proje kapsamında, Belediyesi ile birlikte yapılan çalışmalarla ilçenin atıksu karakteristiği belirlenmiştir. Böylelikle ortaya çıkan atıksu en iyi şekilde arıtılabilmesi için gerekli proses hesaplar belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar ile Atıksu Arıtma Tesisinin projelendirme çalışmalarına başlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Yerköy, Atıksu Arıtma Tesisi, İller Bankası.*

1. GİRİŞ

Atıksu arıtma sistemlerinin planlama, tasarım ve işletimi oldukça kapsamlı ve karmaşık bir konudur. Bu konu politik, sosyal ve teknik hususların birlikte dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu yüzden deşarj standartlarının sağlanması yanında, iyi bir atıksu arıtma ve uzaklaştırma sistemi ile birçok olumsuz çevresel şartların ortaya çıkması da önlenmiş olacaktır. Söz konusu çevresel olumsuzluklar başlıca;

- Koku ve gürültü kirliliği,
- Su kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik atıklarla kirlenmesi,
- Sucul ekosistemin zarar görmesi,
- Alıcı su ortamı kalitesinin bozulması,
- Doğal suların çeşitli maksatlarla yararlı kullanımının ortadan kalkması,
- Arıtılmamış atıksu ve biyoatıkların zirai kullanımı dolayısıyla hastalıkların yayılması,
- Arazi değerinin düşmesi gibi riskler olarak sıralanabilir. İdeal durumda bir arıtma tesisinin deşarj suyu ve biyokatıların (arıtma çamurları) faydalı kullanımını teşvik etmesi beklenmektedir.

Atıksu arıtma tesislerinin planlama süreci başında mutlaka göz önünde tutulması gereken temel tasarım faktörleri ana hatlarıyla ortaya konacaktır.

Söz konusu temel tasarım faktörleri;

- Başlangıç ve tasarım yılları
- Tesisin hizmet alanı
- Tesis yeri seçimi
- Tasarım nüfusu

- İlgili mevzuat ve deşarj standartları
- Atıksu karakteristikleri
- Arıtma derecesi
- Arıtma prosesi seçenekleri ve karşılaştırmalı analizi
- Ekipman seçimi
- Tesis genel yerleşimi ve hidrolik profili
- Enerji ve kimyasal madde ihtiyacı
- Atıksu arıtma maliyeti
- ÇED ve halkın katılımı süreci olarak sıralanabilir. Aşağıda söz konusu temel tasarım bileşenlerinin kısa bir değerlendirmesi yapılmaktadır (Qasim, 1999).

Atıksu arıtma tesislerinin planlama, tasarım ve yapımı genellikle 2~5 yıllık bir süreçte tamamlanmaktadır. Tesisin çeşitli bileşenlerinin boyutlandırılmasında söz konusu planlama ve işletmeye alma döneminde geçen sürenin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu yüzden atıksu arıtma tesisi tasarımında başlangıç yılı, yapımı tamamlandıktan sonra tesise atıksu verilip işletime başlandığı yıl olarak esas alınır.

Tasarım ve planlama yılı ise tesisin öngörülen tasarım kapasitesine ulaştığı yıl olarak tanımlanır. Tasarım yılının seçimi kolay olmayıp, tesisin hizmet vereceği atıksu havzasındaki nüfus ve toplumun sosyo-ekonomik gelişme eğilimlerinin dikkatle incelenerek gerçekçi ve mantıklı bir değerlendirme sürecinden geçirilmesini gerektirmektedir. Tesisin tasarım dönemleri veya kademe yılları belirlenirken başlıca aşağıdaki hususlar göz önünde tutulmalıdır:

- Arıtma tesisi birimlerinin hizmet ömürleri
- Tesisin tevsiinin kolay ya da zor oluşu
- Büyük kapasiteye göre boyutlandırılmış tesis üniteleri veya bileşenlerinin işletmeye açılmayı izleyen ilk dönemdeki verim durumları
- Hizmet alanının gelecekteki nüfusu, ticari ve endüstriyel faaliyetler, göç, turizm ve su temini durumu
- Piyasa faiz oranı, mevcut ve gelecekteki yapım bedelleri ve finansman temini

Tasarım süresi, arıtma tesislerinin bileşenlerine göre farklılık gösterebilir. Örneğin kanal, toplayıcı, sifon, terfi merkezi vb. yardımcı tesislerin tevsi durumu kolay olamayacağı

için tasarım süresi genelde 50 yıl alınır. Arıtma tesisi birimleri, proses ekipmanları, pompalar ile çamur işleme ve uzaklaştırma tesisleri ise aşırı büyük tasarımı önlemek üzere, daha kısa dönemlere göre tasarlanırlar. Böyle durumlarda, sonraki büyütme faaliyetleri dolayısıyla farklı tasarım kademelerindeki tesis birimleri için ihtiyaç duyulacak ek alanın arıtma tesisi yerinde önceden ayrılması sağlanmalıdır. Planlama döneminde öngörülen atıksu debileri ve finansman temin şartları dikkate alınarak tasarım süresi 10, 15 ve 20 yıllık kademelere ayrılır (Koyuncu vd., 2013) .

2. ÇALIŞMA ALANI

Yerköy'ün Yozgat ilinin güneybatısında yer alan Kırşehir, Kırıkkale ve Çorum'a sınırı olup il merkezin Yozgat'a 39 km uzaklıktadır. Çiçekdağı İç Anadolu Bölgesinin Orta Kızılırmak Bölümünde Kırşehir iline bağlı bir ilçedir ve Kırşehir' in kuzeyinde bulunmaktadır. 950 km² yüzölçüme sahip ilçenin merkezi 25 km²' lik bir alana sahiptir Kırşehir' e 67 km. mesafede bulunmaktadır. Kırşehir'le bağlantısı 1300 m. Yüksekliğindeki Çiçekdağı Geçidi ile sağlanır. Başkent Ankara' ya 187 km. mesafededir. Komşusu bulunduğu Yerköy ilçesi üzerinden 7 km.' lik bir yolla Ankara - Erzurum Karayoluna bağlanır. En yakın demiryolu istasyonu 5 km. mesafede bulunan Yerköy İstasyonudur.(Şekil 1). İş ve çalışma hayatı açısından bakıldğında ilçe nüfusunun %70'inin tarımla uğraştığı görülür. Diğer bir ifadeyle halkın temel geçim kaynağı tarımdır.

Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Son zamanlarda gelişen sanayileşme faaliyetleri Yerköy'ün ekonomisine büyük ölçüde katkıda bulunmuştur. Organize Sanayiide çalışan yaklaşık 2000 kişi ve bu sanayide üretilen malların çoğu Yerköy Pazarını yakından etkilemiştir. Ayrıca, ilçenin Harkaşan Mevkiinde kurulan ve alt yapısı tamamlanan "Yozgat Organize Sanayi Bölgesi" de il ve ilçe ekonomisine büyük bir canlılık kazandırmaktadır. İlçede bulunan en önemli yer altı kaynağı florittir. Yeşil renkli bir maden olan florit metalurji sanayiinde metalleri eritmekte kullanılan yardımcı bir madendir, bu maden süs eşyası yapımında da kullanılmaktadır. Ayrıca ilçede linyit kömürü yatakları da bulunmaktadır, ancak kömür ocakları günümüzde işletilmemektedir.

2.2 Mevcut İçme suyu Tesisleri

Çiçekdağı içmesuyu Delice Irmağı kenarındaki 30-40 m. derinlikteki 3 adet kuyu ile 1 adet kaynaktan sağlanmaktadır. Toplam debi Q = 45 lt/sn dir. Köseli beldesi içme suyu da Delice Irmağı kenarındaki 30 m. derinlikteki 2 adet kuyudan sağlanmaktadır. Toplam debi Q = 10 lt/sn dir. Yerköyün içmesuyu ihtiyacı iki ayrı mevkide bulunan kuyulardan temin edilmektedir.

3. GELECEK NÜFUS HESAPLARI

İlçeye ait 1965-2010 yılları arasındaki nüfus sayım sonuçları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. İlçelerin Nüfus Sayım Sonuçları (TÜİK)

	YERKÖY	ÇİÇEKDAĞI	KÖSELİ
YILLAR	NUFUSLAR	NUFUSLAR	NUFUSLAR
1965	11,962	1,389	344
1970	18,208	1,631	577
1975	19,927	3,203	1,771
1980	21,026	4,851	2,179
1985	26,062	5,867	2,743
1990	26,248	6,468	3,705
2000	32,228	6,683	3,741
2007	31,197	6,604	3,221
2008	30,335	6,856	3,386
2009	30,231	6,773	3,232
2010	30,092	6,621	3,092

Tablo 2. Yerköy Atıksu Arıtma Tesisi Nüfus Projeksiyon Özeti (TUIK)

GELECEK YILLARIN NÜFUS TAHMİNLERİ	Yerköy	Çiçekdağı	Köseli
2011	30,220	6,666	3,091
2016	30,867	6,898	3,085
2021	31,527	7,138	3,080
2026	**32,202**	**7,386**	**3,074**
2031	32,892	7,643	3,068
2036	33,596	7,908	3,063
2041	34,315	8,183	3,057
2046	**35,049**	**8,467**	**3,051**

3.1 Nüfus Hesaplarının Değerlendirilmesi

Hesap edilen kademe yılları nüfusları alttaki Tabloda özetlenmiştir.(Tablo 3.)

	YERKÖY		ÇİÇEKDAĞI		KÖSELİ	
Hesap Yöntemi	2046 YILI	2026 YILI	2026 YILI	2046 YILI	2026 YILI	2046 YILI
İller Bankası Çort (2010 Sabit Yıla Göre)	35.049	32.202	7.386	8.467	3.074	3.051

Yukarıdaki Tabloya göre yapılan nüfus hesabında 2026 yılı için üç Belediyenin toplam nüfusu. İdare ile varılan mutabakata göre Çiçekdağı-Köseli-Yerköy Belediyelerinin I. Kademe (2026) toplam nüfusunun 52.000 kişi, II. Kademe (2046) toplam nüfusunun ise 78.000 kişi olarak alınması uygun görülmüştür.

4. DEBİ HESAPLAMALARI

N_{2010} = 39 805 Kişi

I. Kademe Yılı (2026) = 52 000 Kişi

II. Kademe Yılı (2046) = 78 000 Kişi

4.1 Evsel *Atıksu Debisi*

Proje 2026 ve 2046 yılları olmak üzere iki kademeli olarak düzenlenmiştir. Atıksu hesaplarında, içme suyu kullanımından kanalizasyona dönüş oranı %80 olarak kabul edilmiştir. İçme suyu tüketim değerleri I. Kademe yılı için 106,9 lt/sn ve II. Kademe için 158,5 lt/sn olarak kabul edilmiştir.

4.2 Sızma Debisi

İlçede kanal şebekeleri yeni yapılmış olduğundan sızma debisi olmayacağı kabul edilmiştir.

4.3 Yağmursuyu Debisi

Yağmursuyu debisi olarak evsel Atıksu debisinin %5'i kadar kanalizasyon baca kapaklarından Atıksuya karışım olacağı kabul edilmiştir.

4.4 Kademe Yılları Debileri Hesap Özeti

(Tablo 4).

Debiler	N_{2026} = 52.000 kişi			N_{2046} = 78.000 kişi		
	m³/gün	m³/sa	lt /sn	m³/gün	m³/sa	lt/sn
Q24	5315,9	221,5	61,5	7894,7	329	91,4
Q14	9236,6	384,85	106,9	13.696,8	570,7	158,5
Q12	11.214	467,2	129,8	16.648	693,7	192,7
Q37	3238	134,9	37,5	4857,1	202,4	56,2

5. PROSES HESAPLARI

Kanalizasyon tesisi ile toplanan kullanılmış suların halk sağlığı ve alıcı ortamın ekolojik dengesi açısından sakınca doğurmayacak şekilde uzaklaştırılmasını sağlamak için arıtılarak deşarj edilmesi gereklidir. Evsel atıksuların arıtılmasında kullanılan prosesler genellikle "Biyolojik Arıtma" adı altında toplanırlar. Bu arıtma türünün temel prensibi bakterilerin ve diğer mikroorganizmaların pissudaki kirliliği meydana getiren organik maddeleri kullanarak üremeleri, dolayısıyla organik maddelerin sonuçta mikroorganizma kütlesi, enerji, su, CO2 ve NH3 gibi maddelere dönüşmesidir.

5.1 Proses Alternatifleri

Evsel atıksuların arıtılmasında uygulanan biyolojik arıtma yöntemleri; stabilizasyon havuzları, havalandırmalı lagünler, biyolojik filtre, biyodiskler ve aktif çamur sisteminin değişik varyasyonlarıdır(Konvansiyonel,Kontakt-StabilizasyonuveUzun Havalandırma).Stabilizasyon havuzları atıksu arıtma tekniklerinin en basitidir. Stabilizasyon (kendi kendini temizleme) organik maddelerin bakteri faaliyetleriyle daha dengeli son ürünlere

parçalanmalarıdır. Mikrobiyal faaliyetlerle organik maddelerin doğal stabilizasyona imkan verecek şekilde yeterli bir süre içerisinde atıksuların sığ havuzlarda bekletilmesini gerektirir.

5.2 Şeçilen Proses

Arıtma hedefleri ve arıtılmış su kalitesi bölümde yapılan değerlendirmeler ışığında "Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi" seçilmiştir. Havalandırma havuzu geometrisi "Carousel Hendeği" tipinde seçilmiştir. Böylece havuz içerisinde havalandırıcı cihazların konumu ve erimiş oksijen ölçen cihazlar yardımıyla havuzda oksik ve anoksik bölgeler oluşturularak atıksu içerisindeki azotun giderilmesi nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesi ile gerçekleştirilecektir. Arıtma Tesisini oluşturan üniteler, Mekanik temizlemeli ızgaralar, Havalandırmalı kum tutucu, Anaerobik havuzlar, Havalandırma havuzları, Çökeltme Tankları, Geri devir ve Fazla Çamur Pompa İstasyonu, Çamur Susuzlaştırma Ünitesidir.

KAYNAKLAR

URL-1 <http://www.webcitation.org/6BuHHqnhj >, alındığı tarih: 01.10.2016.

URL-2<http://www.yerelnet.org.tr/ilceler/ilce_belediye_koordinat.php?ilceid=198243>,alındığıtarih: 01.10.2016

2011 Genel Nüfüs Sayımı Verileri. Türkiye İstatistik Kurumu kaynağından arşivlendi. Erişim tarihi: 1 Ekim 2016..

T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı .2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği , T.C Resmi Gazete No:25687 Tarih:31.12.2004

Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., Atıksu Arıtımının Esasları, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2005, s.459.

ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ

Selda TİRYAKİ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
tiryakiseldaa@hotmail.com

ÖZET: Endüstriyel simbiyoz tercihen birbirine fiziksel olarak yakın olup, normalde birbirlerinden bağımsız çalışan iki veya daha fazla ekonomik işletmenin bir araya gelerek hem çevresel performansı hem de rekabet gücünü artıracak uzun süreçli ortaklıklar kurması ve dayanışma içinde çalışmasını temsil eder. Diğer bir ifadeyle endüstriyel simbiyoz bağımsız işletmeleri, daha sürdürülebilir ve yenilikçi bir kaynak kullanım yaklaşımı çerçevesinde bir araya getirmektedir. Bu işbirliği ağı, malzeme, enerji, su ve/ veya yan ürünlerin fiziksel değişimi de dahil olmak üzere, her türlü varlığın, lojistik ve uzmanlık kaynaklarının paylaşımı ya da ortak kullanımı anlamına gelmektedir. Buna ek olarak, işletmelerin ortak fayda sağlayacak diğer alanlarda da birlikte düşünüp birlikte hareket etmeleri için önemli fırsatlar yaratmaktadır. Ortak eğitim programları, yasal yükümlülüklere yönelik ortak çözümlerin üretilmesi, iş güvenliğine yönelik atılabilecek ortak adımlar bu kapsamda değerlendirilebilir.

***Anahtar Kelime**: Endstriyel simbiyoz, atık su, enerji, atık azaltımı*

GİRİŞ

Simbiyoz" biyolojik bir terimdir ve iki canlının tek bir organizma gibi birbirleriyle yardımlaşarak bir arada yaşamaları anlamına gelmektedir. Endüstriyel simbiyoz doğadakine benzer şekilde birbirine yakın iki bağımsız endüstriyel işletme arasında madde ve enerji değişimi olarak tanımlanmıştır. Bağımsız çalışan endüstriyel işletmelerin bir araya gelerek enerji, su, atık ve yan ürünlerin paylaşımı ile hem çevresel performansı hem de rekabet gücünü artıracak uzun süreçli ortaklıklar kurması ve dayanışma içinde çalışmasını temsil eder.

Endüstriyel Simbiyoz Türkiye'de ilk olarak Bakü-Tiflis-Ceyhan Petrol Boru Hattı Şirketi'nin (BTC Şirketi), boru hattı güzergâhında sürdürülebilir bölgesel kalkınmaya destek sağlamak amacıyla uygulamakta olduğu "Bölgesel Kalkınma Girişimi" çerçevesinde gündeme geldi. Bu kapsamda, BTC Şirketi'nin kurumsal sosyal sorumluluk anlayışıyla başlattığı "İskenderun Körfezi Endüstriyel Simbiyoz Projesi"nin ilk aşaması 2009 – 2010 yıllarında hayata geçti. Projenin bu aşaması Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından Adana Sanayi Odası (ADASO) koordinasyonu ile, BTC Şirketi'nin yanı sıra DPT'nin de finansman desteği ile gerçekleşmiş oldu. Konu ile ilgili ilk farkındalığın yaratıldığı bölge potansiyelinin değerlendirildiği bu süreçten elde edilen çıktılar doğrultusunda, İskenderun Bölgesi'nde Endüstriyel Simbiyoz Projesi'nin Uygulama Aşaması'nın başlatılmasına karar verildi.

Bu sayede endüstriyel kaynaklı çevresel ve sosyal problemlerin önüne geçmekle kalmayıp aynı zamanda ekonomik getiri de sağlanmış olmaktadır. Endüstriyel simbiyoz, Ar-

Ge, inovasyon ve kümelenme faaliyetlerinin yanı sıra, yeni iş alanları yaratma potansiyeli ile girişimciliği ve bölgesel kalkınmayı da destekleyen bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çerçevede endüstriyel simbiyoz, özellikle 1990'lı yıllardan bu yana tüm dünyada hızla yaygınlaşmaktadır. Başta İngiltere olmak üzere çok sayıda Avrupa ülkesinin yanı sıra, Kanada ve Avustralya'da, Uzak Doğu ülkelerinde ve gelişmekte olan pek çok ülkede de ulusal ve/veya bölgesel programlar olarak hayata geçmekte, sanayi bölgeleri içiin eko-endüstriyel park yaklaşımı ile de uygulama alanı bulmaktadır. Söz konusu programlar ile çok ciddi ekonomik, çevresel ve sosyal kazanımlar elde edilmekte ve literature geçmektedir.

Şekil 1: Endüstriyel simbiyoz dengesi

Avantajları

- Kaynak tüketiminde azalma
- Depolamaya giden atık miktarında, tehlikeli atık miktarında azalma
- CO_2 salımında azalma
- Su tasarrufu
- Üretim maliyetlerinde düşüş
- Ek satışlar
- Yaratılan iş, istihdam
- Özel sektör yatırımları
- İnovasyon ve girişimciliğe katkı

- Çevresiyle uyumlu/rekabetçi endüstriyel bölgeler
- İşbirliği kültüründe gelişme
- Mevzuata uyum, vs.

Olası İşbirliği Alanları

- **Hammadde/ Malzeme**
  - Ortak satın alma
  - Müşteri/ tedarikçi ilişkileri
  - Yan-ürün uygulamaları
  - Yeni hammadde/ malzeme pazarları
- **Hayat Kalitesi/ Halkla ilişkiler**
  - Entegre iş ve rekreasyon
  - Ortak eğitim fırsatları
  - Gönüllü ve halk programları
  - Bölgesel planlamaya dahil olma
- **Ulaşım/ Lojistik**
  - ortak tedarik
  - ortak sevkiyat
  - araçların birlikte bakım ve onarımı
  - alternatif paketleme
  - saha içi ortak nakliye
  - entegre lojistik
- **Üretim Süreçler**
  - kirlilik önleme
  - fire azaltımı ve firelerin yeniden kullanımı
  - üretim tasarımı
  - ortak altyükleniciler
  - ortak ekipman/ teçhizat kullanımı
  - teknoloji paylaşımı ve entegrasyonu
- **İnsan Kaynakları**
  - eleman alımı

- ortak fayda programları
- sağlık programları
- ortak hizmetler (güvenlik vb.)
- eğitim
- esnek çalışan atamaları

- **Çevre/ Sağlık/ Güvenlik**
  - kazaların önlenmesi
  - acil durum müdahalesi
  - atık azatlımı
  - çevre dostu tasarım
  - çevre bilgi sistemleri paylaşımı
  - ortak idari izinler
- **Bilgi ve İletişim Sistemleri**
  - iç iletişim sistemleri
  - dışarı ile bilgi paylaşımları
  - izleme sistemleri
  - bilgisayar çözümleri
  - yönetim bilgi sistemleri
- **Enerji**
  - Yeşil Binalar
  - Enerji Denetimi
  - Ortak Üretim
  - Enerji Firması Yan Ürünleri
- **Pazarlama**
  - Yeşil Etiket
  - Yeşil Markete Erişim
  - Ortak Pazarlama
  - Ortak Girişim
  - Yeni Katma Değerli Şirketler

Türkiye'deki Endüstriyel Simbiyoza Örnekler;

İskenderun: Karayolları yapımında kullanılan doğal agrega yerine, demir çelik sektöründen
kaynaklanan cüruf atığının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yapıldı.Bu amaca yönelik olarak Ekinciler firmasına ait elektrik ark fırını çelik izabe cürufundan alınan numunlerde laboratuvar analizleri ve deneyler gerçekleştirildi ve karayolları standartlarına doğrultusunda bu atığın doğal agrega yerine kullanılabileceği görüldü. Halen demir çelik sektörü için önemli bir sorun olarak görülen bu atığın Ekinciler tarafından işleme tabi tutularak agrega olarak geri kazanılması ve karayollarının kullanımına sunulması planlandı. Bu sayede Ekinciler, atığı uzun süredir depolamış olduğu 42 dönüm araziyi atıl halden kurtaracağı gibi, yıllık yaklaşık 250.000 ton cüruftan geri kazanacağı yıllık 13000 tonluk demirle de, yatırımının bir yıldan kısa sürede geri ödemesi sağlayabilecek. Böylece doğal agrega çıkartılan bir taşocağının
da açılması önlenmiş olacak.

Adana: Soda Sanayii'nin üretim prosesinden kaynaklanan soda proses atığının Adana Çimento'nun çimento üretim prosesinde kalker yerine minör katkı maddesi olarak kullanılmasına yönelik çalışmalar yapıldı. Yapılan laboratuvar çalışmaları ve doğrudan üretim hattında gerçekleştirilen pilot üretim çalışmaları doğrultusunda, soda atıklarının belirli oranda kurutulması sonrasında çimento sektöründe kullanılabileceği, bu uygulamanın ürün kalitesinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadığı görüldü. Gelinen aşamada atığın maliyet etkin bir yöntemle kurutulabilmesine yönelik alternatif teknolojilerin araştırılması sürdürüldü. Bu işbirliği projesiyle, hem ciddi miktarda enerji ve doğal kaynak tüketen çimento sektöründe, hem de soda sanayiinde, ürün kalitesini etkilemeden rekabet avantajı sağlayacak bir uygulamanın ve ortak bir Ar-Ge çalışmasının örneği gösterilmiş oldu.

Hatay: Zeytinyağı eldesinde açığa çıkan iki önemli atık pirina (küspe) ve zeytin karasuyu sektörün en büyük çevre problemi olarak kabul edilmektedir. Pirina zeytinlerin mekanik olarak yağa dönüşmesinden sonra arta kalan katı alt üründür. 100 kg zeytinden ortalama 15-22 kg zeytinyağı; 35-45 kg pirina; 100 kg pirinadan ortalama 6-7,5 kg pirina yağı, 60-70 kg kuru pirina elde edilmektedir. Pirina odunu, bölgede ısınma amaçlı kullanılmakta olup, halen Suriye'den pirina odunu yakacak amaçlı getirilmektedir.

Lüleburgaz: Gelişmiş ülkelerde bira endüstrisi yan ürünü olarak oluşan ve %20 maya hücresi içeren "atık bira mayası" değişik yöntemlerle kurutularak, inaktif kuru atık bira mayası

ya da değişik ilavelerle yüksek değerli yem katkı maddesi olarak yem sektöründe kullanılmaktadır. Ülkemizde ise bira atık mayasının tamamına yakın kısmı arıtma tesislerinden geçerek doğaya bırakılmaktadır.

Şekil 2: Lüleburgaz Örneği

Dünya'daki Endüstriyel Simbiyozun Uygulandığı Ülkeler ; Danimarka, İngiltere, Kanada, Güney Kore, Japonya, Meksika, Avustralya, ABD, Çin, Brezilya, İsviçre

SONUÇ

"Temiz üretim" kavramı ülkemizde enerji verimliliği boyutu dışında yeterince bilinmemekte ve uygulanamamaktadır.Bunun için;

- Temiz (Sürdürülebilir) Üretim'i hedefleyen bir çerçeve kanun hazırlanması,
- Finansal Mekanizmaların Yaratılması,
- Bilgi Paylaşım Ağları Oluşturulması,
- Temiz üretim AR-GE ihtiyaçlarının belirlenmesi,
- Ortaklıklar Kurma,
- Kapasite Geliştirme ve Bilinç Oluşturma çalışmalarının uygulanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

URL-1 <http://www.endustriyelsimbiyoz.org/>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1 <http://arsivbelge.com/yaz.php?sc=1433>, alındığı tarih: 28.04.2017.
URL-1 < http://docplayer.biz.tr/6204180-Endustriyel-simbiyoz-kavrami-ve-dunyadan-uygulama-ornekleri.html>, alındığı tarih: 28.04.2017.

SÜRDÜRÜLEBİLİR SU VE ATIKSU YÖNETİMİ İÇİN GRİ SU KULLANIMI

Sibel ERDOĞAN, Fatma GÜRBÜZ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Falültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
sibelerd48@gmail.com

ÖZET: Yer altı suları içme suyu için öncelikli en önemli kaynaklarımızdandır. Su tüketiminin azaltılmasına yönelik olarak gri suyun yeniden kullanımı çevresel açıdan olduğu kadar ekonomik anlamda da katkı sağlayacaktır. Bu nedenle son yıllarda gündeme gelen konulardan en önemlisi, evsel atık suyun bir kirletici olarak değil yeniden değerlendirilecek bir kaynak olarak ele almaktır. Evsel atık suların kaynağında, suyun kirlilik seviyelerine göre ayrılarak toplanması ve her bir ayrılan kısmın özelliklerine uygun bir dizi işlemden geçirilerek tekrar kullanımda değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Tuvalet haricindeki sulardan oluşan ve en çok organik madde bakımından zengin olan gri su, bu su çeşitlerinden en az kirletici özelliğe sahiptir ve bu akımın gerekli arıtımdan sonra sulama ve yer altı suyu beslemesi gibi yollarla su döngüsüne geri verilmesi önerilmektedir. İşlemden geçirilmiş gri suyun kullanım suyu olarak değerlendirilmesi su kaynaklarının korunmasına katkı sağladığı gibi doğadaki su dengesi üzerinde de pozitif etkiler yaratacaktır. Ayrıca gri su geri kazanım tesislerinde kullanılan içme suyu miktarını da azaltır. Sonuç olarak, içme suyu çıkarma ve dağıtma süreçlerinin olumsuzlukları da (enerji ve kimyasal gereksinimler, yer altı suyunun seviyesindeki düşüş, vb.)azalmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Gri su, Gri Su Geri Kazanım, Sürdürülebilirlik*

1. GİRİŞ

Tatlı su rezervlerindeki düşme ve sürekli kirliliğin artması sonucu oluşan baskı, sürdürülebilirliğin devamını ve insan ve ekosistem sağlığını tehdit etmektedir (Furumai 2008, Couto, vd. 2015). Artan nüfusla birlikte kentsel su ihtiyacı ve dünyadaki talebin artması kullanılan suyun geri kazanılmasını önemli hale getirmiştir (Sharma vd.). Kuraklık, iklim değişikliği ormanların yok edilmesi gibi değişimler suyun tüketimini arttırmıştır. Yağmur suyu ve gri su gibi yerel kaynakların kullanımı; barajların inşa edilmesi, su tuzluluğunun giderilmesi gibi işlemlerin azaltılmasını sağlar. Avrupa da yapılan bir çalışmayla (Greenpeace, 2005) yüzey sularının %11'i yeraltı sularının da %16'sı Avrupa su çerçevesi direktifince (EU, 2000) belirlenen kriterleri sağlamaktadır Su ayak izi (WF) tüketilen suyun çok yönlü kullanımını ifade eder ki bunlar yeşil su (yağmur suyu), mavi su (yüzey ve yeraltı suları), gri su (kirlenmiş su) 'dur. Dolayısıyla su ayak izi, insan kullanımı için gerekli su kaynakların azalması ve dünya çapında bu kaynaklar üzerindeki baskıdan dolayı gri suyun kullanımına yöneltmiştir (Franke vd. 2013).Gri su ayak izi ilk olarak (Hoekstra ve chapagain (2008) tarafından ve insan aktiviteleri ile kirletilmiş sudaki kirliliğin yoğunluğu olarak tanımlanmıştır. Gri suyun seyreltilerek azot ve fosfat kaynağı olarak tarımda kullanımı ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Lamastra vd. 2014).

Su kaynaklarını korunması için kullanılan teknolojiler yeterli olmaktadır (Domenech, 2013).

Gri su (GS), mutfak, banyo, çamaşır suları içeren evsel atık sulardır. Evsel atık sular bunun yanı sıra tuvaletten kaynaklanan çıktılar olan siyah suyu (SS) da içerir (WHO, 2006).Yaygın olarak yerleşim bölgelerinden ve çoğunlukla evsel faaliyetler ile insanların günlük yaşam faaliyetlerinin yer aldığı okul, hastane, otel gibi hizmet sektörlerinden kaynaklanan atık suları evsel atık sular olarak tanımlanmaktadır. Evsel atık sular için 2 akımlı ayırım söz konusudur. Bunlar; siyah su ve gri sulardır. Siyah su, evsel atık suyun bir kısmıdır; tuvaletlerden gelen ve foseptik atığı içeren su olarak tanımlanırken; Gri su, tuvalet sınırlarının dışında kalan atık sulardır (Şekil 1). Örneğin; duştan, banyodan, lavabodan, çamaşır ve bulaşık makinelerinden gelen sular. Gri sular atık su çeşitleri içerisinde kirlilik yönünden en düşük seviyede bulunan ve az kirletici içeren sulardır. Gri suda patojen bulundurma olasılığı düşük olup, bu fraksiyon nutrientler açısından zengin değillerdir. Gri su en çok organik madde açısından zengin olup bu grup kirleticinin giderilmesini takiben su çevrimine geri verilerek değerlendirilmesi ön görülmektedir.

Gri su %75'lik pay ile hacimsel olarak evsel atık suyun en büyük yüzdesini oluşturmaktadır (Karahan, 2011).

Şekil 1: Günlük evsel su tüketim oranları (Karahan, 2011)

1.1. Neden Gri Su?

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de suya olan ihtiyaç ve su üzerindeki baskı artmaktadır. İnsan kullanımı için Yüksek miktarda çevreden su tüketimi gerçekleşmektedir. Artan popülasyonla birlikte suya olan ihtiyaçta artmaktadır ((Sharma & Vairavamoorthy 2009). Dolayısıyla su arıtım tesislerini ihtiyaç giderek artmakta bu da sermaye, işletim

masrafları olarak ekonomik yükü artırmaktadır. Ekonomik ve çevre üzerindeki artan ihtiyacı karşılayabilmek için 3R seçeneği önemli bir strateji olarak gündeme gelmiştir. Bu yerinde azaltma (reduce) , yeniden kullanım (reuse) ve geri dönüşüm (recycle). (Fattahi & Fayyaz 2009) Bu sayede doğal ortam korunurken gelecek nesiller için sürdürülebilir kaynak kullanımı yapılmış olur. Şehir su yönetim sistemlerinde kullanılan temiz suyun miktarının düşürülmesi için yapılabilecekler arasına yağmur suyunun toplanması, siyah suyun arıtımı, gri suyun geri kullanımı alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır (Johnson, 2000).

1.2. Gri Su Yararları

Gri su kullanımı ile daha az temiz su kullanımı sağlanır, septik tank veya arıtma tesisine daha az yük yüklenmiş olunur bu da daha az enerji ve kimyasal kullanımını sağlar. Ayrıca gri suyun tuvalet sistemlerinde geri kullanımı ile evde kullanılan suyun 3/1 i korunmuş olur. Bu da ekonomik kazanç sağlar (Rothausen and Conway, 2011).

Gri su dönüşümüyle atık su üretiminin azalmasının yanı sıra şebeke suyu tüketiminin ve bu vesileyle su faturalarının azalması da mümkündür. Yağmur suyu toplanma sistemlerinin aksine, gri su geri kazanımı mevsime ve yağış değişimine bağlı değildir ve devamlı güvenilir su kaynağıdır. Bunun sonucu olarak, gri su toplama tesisi için gereken depolama hacmi yağmur suyu toplamak için gerekli olan depolama hacmine göre çok küçüktür.

2. GRİ SU SİSTEM ÇEŞİTLERİ

Gri su sistemleri arıtımda kullanılan teknolojiye göre gruplandırılabilir. Bu şekilde gruplandırmalar da aşağıdaki sistemler mevcuttur (Li vd. 2009.).

I. Direkt kullanılan sistemler (arıtımsız) : Doğrudan veya dolaylı geri kazanım söz konusu ise membran teknolojileri, aktif karbon ve ileri oksidasyon gibi daha ileri arıtma alternatifleri gerekir.

II. Alıkonmalı sistemler: Bu sistemler banyodan veya duştan gelen suları kısa süreli olarak alıkoyarak ve atık su içersinde ki partiküllerin tank tabanına çökelmesine dayanan basit bir işlemdir. Bu sistemlerde en basit iyileştirme ve gri su kalite değerlerini ulaşma amaçlanmıştır. Uzun süre depolama yapılamaz. (Jeffrey, 2002)

III. Biyomekanik sistemler: En ileri evsel gri su arıtma sistemleri biyolojik ve fiziksel işlemlerin birleştirildiği sistemlerdir. Bu sistem daha çok Almanya'da kullanılan bir

sistemdir (Böyle bir sisteme bir örnek, 'AquaCycle® 900'9'dur). Büyük bir buzdolabı büyüklüğünde önemli bir sistemdir. Suyun üç kapalı tankta işlendiği ve depolandığı 'hepsi bir arada' bir ünitedir. Gri su, depolama ünitesine akarken kendinden temizleme filtreleri yoluyla filtrelenir. Organik madde plastik aksanda oluşan mikrobiyal hücrelerle giderilir. Katı materyalin tankın tabanına çökmesine izin verilir ve otomatik olarak temizlenir. Sistem bakteriyel aktiviteyi, suyun içinde havalandırma sistemi ile teşvik eder. Sistemin son aşaması, kalan tüm bakterileri yok etmek için UV dezenfeksiyonudur.

IV. Yağmur suyu ve gri suyunun birleştirildiği sistemler: Entegre sistemler hem işlenmiş gri suyun hem de hasat edilen yağmur sularını kullanmaktadır. Bu sistemler, içilebilir olmayan kaynaklardan birinin veya birinin son kullanımları karşılamak için yetersiz olduğu durumlarda kullanılabilir.

Tek başına, bir yağmur suyu toplama sisteminden taşma, yüzey kanalizasyona boşaltılabilir. Bununla birlikte, entegre bir sistem normal olarak tüm taşmaların tahliye sistemlerine boşaltılmasını gerektirecektir, bu nedenle iki kaynak aynı tankta karıştırılabilir. Fakat bu durumda su kanallarına boşaltılması için yeterli kalitede olmadığı anlamına gelir (Brewer vd. 2001).

Şekil 2: Standart Gri Su Geri Kazanım Sisteminin Kurulum Şeması (KARAHAN 2011)

3. GRİ SU YENİDEN KULLANIM KRİTERLERİ ve GRİ SU KALİTE DEĞERLERİ

Özellikle gri su geri dönüşümü için dünya sağlık örgütü (WHO 2006)tarafından kullanımıyla ilgili kurallar ve ilkeler ve çevresel etkilerini içeren raporlar hazırlanmıştır. Yine

dünya sağlık örgütü tarafından gri suyun tarımsal sulama da yeniden kullanımı için klavuz yayınlanmıştır. Kılavuz sadece diğer fiziksel ve kimyasal parametreleri dikkate almadan mikrobiyolojik gereklilikleri özetlemektedir. Gri sularda, biyolojik olarak iyi parçalanabilirlik KOİ: BOİ5 oranları olarak verilmiştir (Li, 2009). Önerilen KOİ ile karşılaştırıldığında N: P Kanalizasyon atıksu için 100: 20: 1 oranı verilmiştir.(Metcalf ve Eddy, 1991).

Gri Su, insanların yaşama alışkanlıklarının, kullanılan ürünlerin ve kanalizasyon sistemin niteliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır ve bu nedenle özellikleri oldukça değişkendir (Eriksson et al., 2002.) literatüre dayanarak (Li, 2009), Kalite aralıkları gri suyu Tablo 1'de özetlemektedir. Bu kalite aralıkları fiziksel kimyasal ve biyolojiktir. Fiziksel kalite: Suyun rengi, bulanıklığı toplam katı, askıda madde ve sıcaklığıdır. Kimyasal kalite: Suyun asit veya alkalin seviyesini (yani pH), ne kadar Dezenfektan miktarı (artık klor veya brom), çözünmüş oksijen miktarı su ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) organik madde miktarı, bir ölçüsü suyun içindeki kullanılan malzemedir. Biyolojik kalite: Esas olarak bakterilerin ve virüslerin varlığı ile ilgilidir. (Bullermann vd. 2001)

Tablo 1. Gri su kalite aralıkları (Li, 2009).

Parametreler	İçme Suyu değerleri	Birinci Analiz(TGS)	İkinci Analiz(TGS)
Al (mg/L)	0,06	5,8	5,1
As (mg/L)	<0,01	0,01	-
Ba (mg/L)	-	0,02	0,02
B (mg/L)	-	0,2	-
Cd (mg/L)	<0,001	0,07	-
Ca (mg/L)	4,8	9,0	12.0
Pb (mg/L)	<0,005	0,1	-
Cl−(mg/L)	17,8	72,0	83,0
Cu (mg/L)	0,07	0,16	-
Cr (mg/L)	<0,002	0,1	-
Fe (mg/L)	0,02	0,48	0,63
Mg (mg/L)	4,8	6,0	7,0
Mn (mg/L)	0,02	0,1	0,1
Ni (mg/L)	<0,006	0,1	-
NO3−(mg/L)	-	2,0	4,0
Phosphorus(mg/L)	-	8,0	-
Se (mg/L)	-	0,05	-
Na (mg/L)	14,8	200,0	170,0
SO4 2−(mg/L)	27,3	130,0	-
Zn (mg/L)	-	0,11	0,10
TSS (mg/L)	0,0	51,0	85,0
KOİ (mg/L)	-	720,0	770,0
BOİ5 (mg/L)	-	170,0	310,0
TOK (mg/L)	-	160,0	250,0
Total Koliform (CFU/100 mL)	n.d.	1,3*108	4,8*107
Fekal Koliform (CFU/100 mL)	n.d.	4,3*104	3,7*103
Helminths eggs (n/L)	-	0	0
Salmonella (CFU/100 mL)	-	0	0
SAR	-	13,0	51,0
Ph	6,8	8,9	7,1
Dissolved O2 (mg/L)	-	7,8	1,3
Sıcaklık (°C)	-	20,0	11,0
Potansiyel redoks (mV)	517,7	-	204,6

(1)Total Cl; (2)total nitrojen; (3)phosphate; n.d. — not detectable;

4. GRİ SUYUN ARITIM TEKNOLOJİLERİ

4.1. Fiziksel ve Kimyasal Sistemler

Fizikseller, kum toprak membran filtrasyonlardır. Fiziksel arıtımlarda genel olarak kum, toprak bunları takip eden dezenfektan işlemlerini içermektedir (March vd.2004). Banyo sularının direkt olarak basit bir filtrasyon bunu takip eden sedimentasyon basamağı ve dezenfektan işlemi ile kimyasal oksijen, bulanıklık, toplam azotu büyük bir oranda indirgenmiştir. Dolayısıyla gri suyun tuvaletlerde klorlama işleminden sonra kullanabileceğini rapor etmişlerdir. Toprak arıtım sistemleri organik kirleticileri ve kısmen de toplam fosforu giderir. Nitrifikasyan ve denitrifikasyondan dolayı toprakla yapılan arıtım sistemleri de azot tamamen giderilir. Ancak toprak filtreler tek başına değil kombine sistemler kullanımı atık suyun kalitesi açısından daha yararlıdır (Itayama vd.2004). Ancak organik yük fazla olduğu durumlarda dezenfektan kullanımı sonucu oluşan yan ürünler dikkate alınmalıdır.

4.2. Biyolojik Sistemler

Biyolojik bozunma, kimyasal bileşiklerin, canlı organizmaların biyolojik etkileriyle tahribi demektir. Biyolojik bozunmada esas prosedür oksidasyondur ve genellikle tabiattaki canlılar tarafından kullanılması için organik maddelerin bir kere daha elde edilebilecek şekilde basit bileşenlere ayrılması anlamındadır.

4.3. Gri suyun yerinde arıtım teknolojileri

TABLO 2: gri suyun arıtımında yerinde kullanılan sistemlerin avantaj ve dezavantajları (Ahmed, Arora 2012)

	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
SEPTİK TANK	• Basit çalıştırma • Depo yer altına gömüldüğünden çok az alan gereksinimi • Ekonomik • Uzun ömürlü • Besinler toprağa geri döner.	• Sadece birincil arıtım için geçerlidir, bu nedenle düşük arıtma verimliliği • Çok düşük su kalitesi sağlar. • Atıklarda mikroorganizmaların neden olduğu besin maddelerinin ve hastalıkların çokluğu • Anaerobik sindirim yoluyla üretilen kötü kokulu deşarj
İNŞA EDİLMİŞ SULAK ALAN	• Maliyet • Atık suyun daha düşük kimyasal içeriğinden dolayı yeraltı atık sistemleri için alan gereksinim azlığı. • Kokuları azaltmak	• Çökeltiler borulara girdiğinde tıkanma sorunu nedeniyle bazı sulak alanlar başarısız olur ve akışını önler • Mevsimsel değişimlerden etkilenir • Sulak alan birimlerinde bazı bakımların periyodik olarak yapılması gerekecek

ARALIKLI KUM FİLTRESİ	• Değişken atık su yüklemesi için verimli • Vahşi hayvanlar için güzel ortamlar sağlanır • Düşük enerji gereksinimi • Ekonomik • Bertaraf alanı küçük ve sığ olabilir • Toprak örtüsü kokuları önler • Arıtma kapasitesi, modüler tasarım ile genişletilebilir.	• Tıkanma ciddi sorunlara neden olabilir • Sık bakım yapılması gerekiyor • Uygun malzemelerin yerel olarak bulunmaması ekstra harcamalara neden olabilir • Yüksek arazi gereksinimi büyük bir sınırlama olabilir • Açık filtre yapılandırmalarında koku problemleri ortaya çıkabilir

5. GRİ SUYUN SAĞLIKLA İLE İLGİLİ HUSUSLAR

Arıtılmamış gri su saklanmamalı ve depolanmamalıdır. Arıtılması yapılamamış gri su kısa sürede kokuşmaya başlar ve hastalık yapıcı mikropların oluşmasına sebep olur. Arıtılmış gri suyun tekrar kullanım suyu olarak kullanılmasının ise sağlık yönünden bir sakıncası bulunmamaktadır. Bu yüzden dolayı gri su geri kazanım sistemleri her geçen gün daha büyük bir ilgi görmektedir. Şu anda dünyada birçok ülke arıtılmış gri suyun tekrar kullanılmasını sağlamak için bu konuyla alakalı yönetmeliklerin ve yasaların çıkarılmasını hızlandırmıştır. Pratikte de gri suyun yeniden kullanımından kaynaklanan sağlık riski oluşturma ihtimalinin çok düşük olduğu ispatlanmıştır. Yine de, gri su hastalığa neden olan patojen mikrobu içerebileceğinden dolayı uygun arıtım sistemleri kurulması ve sistemin bakımının düzenli olarak yapılması zorunludur. Gri suyun yeniden kullanılmasından doğabilecek herhangi bir sağlık riskini engellemek için alınması gereken önlerler aşağıda listelenmiştir.

• Şebeke suyu ve arıtılmış gri su tesisatı DIN 1717 standardı göz önünde bulundurularak yapılmalı ve tesisatında kesişen bağlantı bulunmadığından emin olunmalıdır. Bunun için şebeke suyu ve arıtılmış gri su tesisatları için farklı renklerde borular kullanarak veya etiketleme yoluyla garantilenmelidir.

• Gri su kaynaklarının tamamının arıtımı çok fazla tercih edilmemelidir. Sadece kullanım suyu ihtiyacını karşılayacak miktardaki gri suyu arıtarak ilk yatırım ve işletme maliyetlerini düşürebiliriz. Bundan dolayı duş, lavabo, küvet gibi az kirli gri su kaynakları arıtımı için tercih edilmeli ve tuvalet rezervuarı ve çamaşır yıkamada tekrar kullanılması sağlanmalıdır.

• Sulama suyu olarak kullanıldığında DIN 19650 sulama suyu hijyen şartlarının sağlandığı mutlaka düzenli olarak kontrol edilmeli ve bahçede gri su tesisatına bağlı musluklara etiket konulması gerekmektedir(Çevre Mühendisleri Odası). GS, arıtılabilir ve içme suyu olarak tekrar kullanılacak olursa, gri suda bulunan konsantrasyonlarda doğru veriler alınmadığı taktirde potansiyel bir sağlık riski oluşturabileceğini belirlemek için bir ön sağlık riski değerlendirmesi yapılmalıdır(Schriks vd. 2010).

6. SONUÇLAR

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda istenilen standartların sağlanması için gri suya uygun olan biyolojik, fiziksel ya da kimyasal arıtma teknolojileri uygulandığı ve gri suyun arıtıldıktan sonra bahçe sulamada, araba yıkamada, yangın söndürmede ve rezervuarlarda yeniden kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan bu çalışmada gri su arıtımında kullanılan teknolojilerinin ayrı ayrı avantaj ve dezavantajları olduğu görülmektedir. Gri su, yağmur suyu toplama yöntemine göre daha güvenilir ve sürdürülebilir bir içme suyu tedarik edilebiliceği kanısına varılmıştır. Böylece ülke ekonomisine gri su kullanımı katkı sağlanabilir. Gri su ile ekonomik kazanç sağlanır.

KAYNAKLAR

Brewer D, Brown R and Stanfield G, 2001 Rainwater and Greywater in Buildings: Project report and case studies. BSRIA Technical Note TN 7/2001

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., 2008. The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. Water Int. 33, 19e32.

EU (European Union), 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. J. Eur. Comm. 22.12.2000, L327/1eL327/73.

Fattahi, P & Fayyaz, S 2009, 'A Compromise Programming Model to Integrated Urban Water Management', Water Resour Manage, vol. 24, pp. 1211–27.

Franke, N., Hoekstra, A., Boyacioglu, H., 2013. GreyWater Footprint Accounting: Tier 1 Supporting Guidelines. Value of Water Research Report Series No. 65, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands

Furumai, H 2008, 'Rainwater and reclaimed wastewater for sustainable urban water use', Physics and Chemistry of the Earth, vol. 33, pp. 340-6.

Greenpeace, 2005. Agua. La calidad de las aguas en Espa~na. Un estudio por cuencas. Greenpeace, p. 140.

Itayama T, Kiji M, Suetsugu A, Tanaka N, Saito T, Iwami N, Mizuochi M, Inamori Y. On site experiments of the slanted soil treatment systems for domestic gray water. Water Sci Technol 2004;53(9):193–201.

Jeffrey P, 2002 Public attitudes to in-house water recycling in England and Wales, Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management, 16, 214-217.

Johnson, S.D., 2000. The economic case for “High performance buildings”. Corp. Environ. Strategy 7 (4), 350e361

KARAHAN A, 2011 Gri Suyun Değerlendirilmesi

Lamastra, L., Suciu, N.A., Novelli, E., Trevisan, M., 2014. A new approach to assessing the water footprint of wine: an Italian case study. Sci. Total Environ. 490, 748e756.

Li, F., (2009). Treatment of household grey water for non-potable reuses. PhD thesis, Hamburg University of Technology, 2009.

March JG, Gual M, Orozco F. Experiences on greywater re-use for toilet flushing in a hotel (Mallorca Island, Spain). Desalination 2004;164(3):241–7.

Matos C, Sampaio A, Bentes I. "Greywater use in irrigation — characteristics, advantages and concerns — irrigation-water management, pollution and alternative strategies". Book edited by: Dr. Iker García-Garizábal University of Zaragoza, Dept. Of Earth Science, Spanish Geological Survey, Spain INTECH.; 2012. ISBN 979-953-307-012-3.

Rothausen S, Conway D. Greenhouse-gas emissions from energy use in the water sector, nature climate change, nature ology, advance on line publication [www.nature.com/ natureology] ; 2011. p. 1–10.

Schriks, M., Heringa, M.B., Margaretha, K., Voogt, P., van Wezel, A., 2010. Toxicological relevance of emerging contaminants for drinking water quality. Water Res. 44, 461e476.

Sharma, SK & Vairavamoorthy, K 2009, 'Urban water demand management: prospects and challenges for the developing countries', Water and Environmental Journal, vol. 23, pp. 210-8.

Siegrist et al. (1976); Christova-Boal et al. (1996); Burrows et al. (1991); Rose et al. (1991); Shin et al. (1998); Almeida et al. (1999); PNUEA (2001); Friedler (2004).

WHO; 2006 Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Policy and Regulatory Aspects, vol. I. WHO, UNEP

ELEKTROKOAGÜLASYON PROSESİ İLE DETERJAN ATIKSULARININ ARITILABİLİRLİĞİ

Tolga KARAGÖZ
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
kara_oyuncu@hotmail.com

ÖZET: Günümüzde birçok atık suyun kirlilik yükü çevreye ve insan sağlığına zarar vermektedir. Bu atık sulardan biride günümüzde sıklıkla karşılaşılan deterjan atık sularıdır. Deterjan atık suları çoğunlukla çamaşırhane ve sabun üretimi gibi yerlerin atık sularından meydana gelmektedir. Deterjan içerisinde bulundurduğu kirliliğin çok olduğu için çevreye ve insan sağlığına verebileceği zararları önlemek ve en aza indirmek amacıyla arıtımı gerekmektedir. Deterjan atıksularının arıtımı için birçok arıtım yöntemi vardır. Elektrokoagülasyon prosesi bu arıtım yöntemlerinden biridir. Bu çalışmada deterjan atıksularının elektrokoagülasyonu prosesi ile arıtımının uygunluğu incelenmiştir. Deterjan atıksularının Elektrokoagülasyonu prosesi ile arıtımı üzerine yapılan çalışmalarda elde edilen verimler değerlendirilerek bu tip atık sular için Elektrokoagülasyon prosesinin faydalı olup olmadığı değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalarda Elektrokoagülasyon prosesinin arıtım verimini etkileyen parametrelerin optimum koşulları belirlenerek en iyi verimler elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmalarda elektrokoagülasyon prosesinde genellikle kullanılan alüminyum, demir ve çelik gibi metal elektrotlar arasından elektrot türü seçilmiştir. Elektrotların dizilişi, sayısı, akım yoğunluğu, başlangıç pH değeri, sıcaklık, süre elektrokoagülasyon prosesini etkileyen parametrelerdir.

Anahtar Kelimeler: *Elektrokoagülasyon, Metal elektrotlar, Deterjan, Atık su, pH*

GİRİŞ

Türkiye'de ve dünyada, özellikle endüstrinin gelişmesine bağlı olarak endüstriyel atık su arıtımı gün geçtikçe daha büyük bir sorun oluşturmaktadır. Bununla birlikte hâlihazırda kullanılan atık su arıtım metotlarına oranla daha düşük maliyetli ve daha yüksek verimli arıtım metotları için arayışlar sürmektedir. Üstelik her geçen yıl artan nüfus ve endüstriye oranla atık su miktarındaki artış daha büyük olmaktadır. Bu atık su artışına paralel olarak her geçen gün yeni arıtım teknikleri ortaya çıkmaktadır. Araştırmalar sonucu geliştirilmeye çalışılan bu yeni tekniklerin gelişen dünyaya ayak uydurabilecek seviyede verimli ve uygulanabilir olması ilk dikkat edilmesi gereken noktalardan biridir. Son yıllarda atık su arıtma metotlarından elektrokimyasal arıtım yöntemleri de artık literatürde yerini almaya başlamıştır. Avrupa'da kullanım alanı bulmasına karşın ülkemizde henüz bazı çalışmalarla geliştirilme aşamasındadır. Özellikle kimyasal koagülasyona oranla daha yüksek verim elde edilmesi ve işletme kolaylığı gibi birçok avantajı sayesinde yakın gelecekte çok daha fazla kullanım alanı bulacağı tahmin edilmektedir. Prosesin avantajlarından dolayı bu yeni arıtım tekniği çok çeşitli dallarda kullanılabilmektedir. En yaygın olarak kullanılan elektrokimyasal proses elektrokoagülasyondur. Bir elektrokimyasal proseste en önemli şartlardan biri elektrot cinsidir. Elektrokoagülasyonda yaygın olarak alüminyum (Al+3) ve demir (Fe+3, Fe+2) elektrotlar kullanılmaktadır. Bu elektrotların prosesin işletme aşamasında suyla reaksiyona girerek

Al(OH)3, Fe(OH)2 ve Fe(OH)3 gibi metal hidroksitler oluşturmaktadır. Sistemde arıtım metal hidroksitlerin oluşmasıyla başlamaktadır. Adsorpsiyon kapasitesi çok yüksek olan metal hidroksitlerin sudaki değişik kirletici parametreleri adsorbe ederek çökelti yoluyla sudan uzaklaştırma prensibine dayanan bu arıtım metodu günümüzde birçok yerde kullanım alanı bulmaktadır. Bu işlem esnasında elektrotlarda oluşan elektrokimyasal işlemler sonucu sudan çok küçük gaz kabarcıkları çıkmaya başlar. Bu gaz kabarcıklarının da elektroflotasyonun temelini oluşturduğunu düşünürsek bazı kirleticilerde elektrokoagülasyonu esnasında elektroflotasyon yöntemiyle sudan uzaklaştırılacağı söylenebilir. Belirli ölçüde elektroflotasyon da oluştuğundan dolayı kirletici giderim verimi yüksektir. Bu verim çeşitli işletme şartlarının optimizasyonuyla daha da arttırılabilir (İlhan, 2007).

Elektrokoagülasyonla emülsifiye maddeler, askıda katı maddeler ve kolloidal maddeler kararlı hale getirilir. Bu yüzden elektriksel uygulamalarda elektrotlarla partiküller uygun şekilde temas ettirildiğinde partiküller nötralize olmakta ve farklı partiküller kombine olarak büyük floklar oluşturmaktadır. Genellikle elektrokoagülasyon prosesinde alüminyum ya da demir elektrotlar kullanılmasının nedeni metalik iyonların adsorpsiyon kapasitesi yüksek olduğu için iyi bir koagülant olmasından kaynaklanmaktadır. Dağınık haldeki partiküllerin elektrokoagülasyon prosesiyle sudan arındırılabilmekte ve kararlı çamur elde edilebilmektedir (İlhan, 2007).

Elektrokoagülasyon prosesi ile deterjan atıksularıda arıtılabilecek bir atıksudur. Deterjanlar herhangi bir biçimde (sıvı, toz, çubuk, pasta, kalıp parça, şekil, vb), yaygın olarak ev ve çamaşırhane ürünler, evsel ve endüstriyel temizlik, kozmetik ürünleri ve endüstriyel amaçlar için kullanılabilir. Bu alanlardan çıkan suya deterjan atıksuyu denir. Bu Atık su hastalık yapıcı mikroorganizmalar barındırmaktadır ve besin artıklarından, sıvı ve katı yağdan kaynaklı çok miktarda organik kirletici içermektedir. İçerisinde kimyasal oksijen ihtiyacı çok fazla bulunmaktadır. Deterjan atıksularının kirlilik yükleri çok fazla olduğundan arıtımdan geçmesi zorunludur (Hidayatillah, 2014).

Tablo 1: Örnek deterjan atık suyu parametleri (Janpoor, 2011)

PARAMETRE	KOİ	AKM	DETERJAN	FOSFOR	RENK
KONSANTRASYON (mg/l)	4155	27.6	463	987	1430

ELEKTROKOAGÜLASYON PROSESİ

Koagülasyon, kolloidal süspansiyon içindeki yüklü partiküllerin zıt yüklü iyonlarla karşılıklı çarpışması ile nötralize olup bir araya toplanarak çökelmesi olayıdır. Bu amaçla uygun kimyasal maddeler (alüm, demir sülfat vb.) ilave edilmektedir. Bu olayı sedimentasyon takip eder. Koagülasyon, kolloidal partiküllerin net yüzey yükünün azalması sonucu elektrostatik itme kuvvetiyle sıkışması nedeniyle bir araya gelip yeterli Van der Waals kuvvetiyle tutunup birikmesi sonucu gerçekleşmektedir. Elektrolitteki zıt yüklerin neden olduğu elektriksel çift tabakanın itme potansiyelindeki azalma, yüzey yükünün azaltılması ile sağlanmaktadır. Elektrokoagülasyon prosesinde koagülant uygun anot materyalinin elektrolitik oksidasyonu sonucu oluşmaktadır. Bu proseste yüklü iyon türleri ile anottan çözünmüş olan metal iyonları, metal hidroksit floklarını oluşturmaktadır. Ancak elektrokoagülasyonda oluşan flokların özellikleri kimyasal koagülasyon ile oluşan floklardan daha farklıdır. Elektrokoagülasyonda oluşan floklar daha az su içeriğine sahiptirler. Floklar daha düşük dirence sahip olduklarından daha kolay filtre edilebilmektedirler

Elektrokoagülasyonda genellikle 3 temel işlem söz konusudur.

a) Elektrotların yüzeyinde oluşan elektrolitik reaksiyonlar

b) Sıvı fazda koagülantların (metalik iyonların) oluşumu

c) Çözünebilir ya da koloidal kirleticilerin adsorpsiyon, koagülant, sedimantasyon veya flotasyon mekanizmaları ile giderilmesi (Demirbaş, 2013).

Şekil 1: Örnek Elektrokoagülasyon prosesi (Akbaş, 2014)

Şekil 2: Elektrokoagülasyon prosesinin ilerleyişi (Hakizamana, 2017)

Elektrokoagülasyon kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi atıkları, maden atıkları, maden atıkları, gıda maddeleri, yağ, organik madde içeren sızıntı suları, boyahane atıkları, flor giderimi, tekstil, sentetik deterjan, askıda kalan katı maddeler, mezbaha atık sularından kaynaklanan organik maddeler, kimyasal ve mekanik cila atıkları ve arsenik içeren atıksuların gideriminde kullanılmaktadır (Demirbaş, 2013).

Elektrokoagülasyonu etkileyen parametreler;

Elektrokoagülasyonda en önemli parametrelerden biri pH'dır. Çünkü; pH, ortamda oluşan eletrolitik reaksiyonları direkt olarak etkilemektedir. Elektrokoagülasyon için metal hidroksillerin oluşumunda pH birinci dereceden etkilidir. Giderim verimleri başlangıç pH'sına bağlı olduğu kadar son durumdaki pH değerlerine de bağlıdır. Elektrokoagülasyonda başlangıç pH'sı, anot ve katot reaksiyonları ile elektrokoagülasyon üzerine oldukça etki etmektedir ve bu etkiler sonucunda çözeltinin son pH'ında değişmeler meydana gelmektedir (Demirbaş, 2013).

Elektrokoagülasyonda sonuca etkileyen en önemli parametrelerin başında şüphesiz elektrot tipi seçimi gelir. Elektrokimyasal arıtım türünü belirlediği gibi kirletici giderim verimini de doğrudan etkiler. Farklı prosesler için farklı oluşumlar gerçekleştiği için elektrot tipi büyük önem taşımaktadır. Örneğin, elektrokoagülasyon yöntemi için seçilen elektrot türleri akım ile birlikte ortamda çözünürken, elektrooksidasyon prosesinde OH- radikalleri oluşturup herhangi bir çözünme söz konusu olmamaktadır. Elektrokoagülasyon yöntemi için demir ve alüminyum elektrotlar yaygın şekilde kullanılır. Farklı atıksular için farklı elektrot tipleri daha verimli sonuçlar verebilir. (İlhan, 2007)

Elektrokimyasal arıtımda önemli işletme şartlarından biri de akım yoğunluğudur. Akım yoğunluğunun optimizasyonu elektrokimyasal arıtım yöntemi için çok önemlidir. Gerekenden fazla akım yoğunluğu uygulandığında maliyet artışı oluşabileceği gibi eğer elektrokoagülasyon yöntemi uygulanıyor ise akım yoğunluğuna paralel olarak çamur oluşumu artacaktır. Ayrıca arıtım çalışmalarında akım yoğunluğu ile arıtım süresi yakından ilişkilidir. Yüksek akım yoğunluğu uygulandığında daha kısa süreli bir arıtım gerçekleşmektedir (İlhan, 2007).

Arıtım süresi tüm arıtım proseslerinde olduğu gibi elektrokimyasal arıtım uygulamalarında da önemlidir. Yapılacak çalışmalarda, arıtım süresinin optimizasyonu gerekir. Aksi takdirde gerekenden az bir arıtım süresi uygulandığında ihtiyaç duyulan verim sağlanamayabileceği gibi uzun süreli arıtımlar ise gerek maliyet açısından ve gerekse çamur ve köpük oluşumu bakımından uygun değildir (İlhan, 2007).

Elektrotlar arası mesafe, elektrokoagülasyon üzerinde önemli bir etkiye sahip olmamakla birlikte elektrotlar arası mesafe arttığı zaman proses verimi de az miktarda artmaktadır. Bu değişim muhtemelen elektrostatik etkilerin elektrotlar arası mesafeye bağlı olması nedeniyle meydana gelmektedir. Bu mesafe arttığı zaman üretilen iyonların hareketi yavaşlamakta ve flok oluşturma ihtimalleri artmaktadır. Ayrıca bu floklar daha fazla boya adsorplama yeteneğine sahiptir (Ergün, 2013).

Tüm kimyasal reaksiyonlarda olduğu gibi sıcaklık artışı ile elektrokimyasal reaksiyon hızı da artar. Sıcaklık artışı ile iyonların hareketliliği artar, kütle transferi kolaylaşır ve bunlara bağlı olarak elektrokoagülasyon prosesi kirletici giderim veriminde artış meydana gelir. Sıcaklık 27°C'yi geçtiği zaman üretilen iyonların hareketi oldukça artmakta ve bu iyonların yumaklaşma ve metal hidroksit flokları oluşturma şansı azalmaktadır. Sonuç olarak da proses veriminde azalma gözlenmektedir (Ergün, 2013).

İletkenlik elektrokoagülasyon prosesinde özellikle enerji tüketimi açısından büyük önem taşıyan bir faktördür. Bu nedenle elektrokoagülasyon dahil pek çok elektrokimyasal proses için önem taşır. Bir çözeltinin iletkenliği o çözeltinin elektrik akımına gösterdiği direncin tersidir. İletkenliği düşük çözeltilerde çözeltinin direnci yüksek olması nedeniyle sabit bir akım altında ohm kanunu uyarınca elektrotlar arası gerilimde yüksek olur ve enerji tüketimi artar. İletkenliği yüksek çözeltilerde ise elektrotlar arası gerilimin azalmasına bağlı olarak enerji tüketimi de düŞecektir. Bu nedenle uygulanacak olan akım yoğunluğuna bağlı olarak elektrokoagülasyon prosesinde iletkenliğin belirli seviyelerde olması istenir (Doğan, 2011).

Plaka sayısı ise anot ve katotta sayısı artırıldığı taktirde arıtımı hızlandırabilir ama fazladan akım verildiği için maliyetide artırabileceğinden optimum koşulları belirlemede önemli rol oynar. (Doğan, 2011).

DETERJAN ATIKSULARININ EC PROSESİ İLE ARITILABİLİRLİĞİ

Sabun gibi temizleme özelliği olan, fakat onun gibi doğrudan yağ asitlerinden değil de petrol ürünlerinden sentetik olarak elde edilen yüzey aktif maddelere deterjan denir. Deterjanlar, her biri temizlemede ayrı bir görev yapan pek çok maddenin kompleks bir karışımıdır.Bu atıksular yüksek miktarda kostik bulunmaktadır. Deterjan atıksuların kirlilik yükleri belirlendiğinde bulanıklık, renk, KOİ, fosfor, yüzey aktif madde ve gibi kirlilik yükleri olduğu görülmüştür (Janpoor, 2011).

Deterjan atıksularını arıtmak için elektrokoagülasyonun yanında; Elektroflotasyon, Elektrooksidasyon, Membran filtrasyon gibi yöntemlerde kullanılır.

Tablo 2: Daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen verimler

Deney sahibi	Atıksu türü	Süre (dakika)	Akım yoğunluğu (volt)	pH	Sıcaklık (°C)	Elektrot türü	Elektrotlar arası mesafe	Reaktör hacmi	Verim (%)
Hidayatillah, 2014	çamaşır	45	15	9	22	AL (1'er adet)	1 cm	200 ml	82.09 koi
Janpoor, 2011	çamaşır	90	30	6-8	22	AL (1'er adet)	15-30 mm arası	1.5 l	89.9 koi 90 renk
Wang, 2009	çamaşır	40	50	8.5	22	AL (3'er adet)	10 mm	1 L	62 koi
Kobya, 2017	çamaşır	40	5	5.1	22	AL (1'er adet)	1 cm	1 L	62 koi

DEĞERLENDİRME

Deterjan atık sularını elektrokoagülasyon yöntemi ile arıtılması çalışmalarını ülkemizde pek fazla yapılmamaktadır. Çalışmaların çoğu yabancı kaynaklıdır. Deterjan atık su deşarjı çok fazla miktarda olmakla birlikte çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar nedeniyle kesinlikle arıtılması gereken sulardır. Bunun için deterjan atık sularının daha iyi arıtılmasını sağlamak amacıyla elektrokoagülasyon gibi alternatif arıtım metotları denenmelidir. Elektrokoagülasyon prosesiyle yapılan çalışmalarda renk, bulanıklık, Koi, Akm, fosfat, deterjan, ağır metal, Toc, Tn gibi kirlilik yüklerinin yüksek oranda giderimi sağlanmıştır. Deterjan atık sularının

içeriğinde çok fazla KOİ bulunduğundan bu tip sularda genellikle KOİ giderimi çalışmaları yapılmıştır. Bunun dışında renk ve bulanıklık giderimi çalışmalarıda sıklıkla yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda dikkat edilmesi gereken en önemli husus giderim veriminden çok ortaya çıkacak maliyet olmalıdır. Elektrokoagülasyonun uygulanabilir olması için düşük maliyetlerde iyi verim elde etmek gerekir. Maliyet dışında dikkat edilecek hususlar ise; Kirleticinin giriş konsantrasyonu artırıldıkça giderim verimi düşer. Deney sonuçları yönetmelikteki kriterleri sağlamazsa elde edilen verimlerin bir önemi kalmaz. Elektrot tipi uygun maliyete göre seçilir giderim verimleri birbirine yakındır.

Plaka aralıkları, sayısı ve bağlanma türleri giderim verimine etki eder bunu da literatür örneklerin seçerek veya kendi varsayım tasarımızı yaparak o şartlarda maksimum giderimi sağlamaya çalışılması gerekir. Yapılan çalışmalar dikkate alındığında deterjan atık sularından Koi, renk, bulanıklık başta olmak üzere kirlik yüklerinin giderimi sağalabiliyor. Yine yapılan çalışmalar dikkate alındığında giderim için gereken maliyet alternatif arıtım metotlara oranla daha azdır. Bunun en önemli sebebi kısa sürelerde de gerekli giderim veriminin sağlanmasıdır. Çünkü arıtım süresinin artması suya geçen metal artması ve dolayısıyla harcanaN metal artmasına sebep olur ayrıca daha fazla süre akım verildiğinde enerji tüketiminde artmasına neden olur. Bu sebepler maliyetin yükselmesine neden olur ve elektrokoagülasyonda yüksek verim elde edilse bile uygulanabilirliği kalmaz. Maliyet hesabında harcanan elektrot, enerji tüketiminin dışında kimyasal kullanımını hesaba katmak gerekir. PH ayarlaması ve iletkenliği artırmak için kimyasal ilaveleri gerekir. Bu kimyasalların maliyeti işletim şartları için uygundur. Bunun sebebi kimyasallardan çok fazla kullanılmadan gerekli ayarlamaların yapılabilmesidir. Bunların dışında elektrokoagülasyon prosesinin ortaya çıkardığı bir maliyet yoktur. Elektrokoagülasyon prosesinin bir diğer avantajı ise ekipman sayısı az olması ve kolay uygulanabilir olmasıdır. Tüm yapılan çalışmalar göz önüne alındığında elektrokoagülasyon prosesin deterjan atıksularının arıtımında uygulanabilir bir yöntemdir.

Elektrokoagülasyon yöntemi çevre mühendisliğinde kullanım alanı bulan önemli bir elektrokimyasal prosesdir. Bu yöntemden su ve atıksu uygulamalarında başarı elde edilmesi, son dönemlerde yapılan çalışmaların farklı özellikteki sular üzerinde yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Elektrokoagülasyon yöntemi ile belirtilen parametrelerin giderim verimlerinin incelendiği bu çalışmalarda prosesten verim alındığı görülmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde KOİ ve fosfat gideriminin %65 ve %70, renk ve bulanıklık gideriminin de

%90 seviyesinde olması yöntemin başarılı bir arıtım basamağı olduğunu göstermektedir. Bu konu ile ilgili olarak yapılan tüm çalışmalar, prosesin etkin bir arıtım yöntemi olduğunu göstermesi açısından önemli olduğu kadar, geliştirilmesini ve uygulanabilirliğinin daha da kolaylaştırılmasını sağlayacak yeni çalışmaları teşvik etmesi açısından da önemlidir. Bu ve buna benzer arıtım metotları ile yapılan çalışmaların artması ve atık su arıtımları için ülkemizde de kullanılmaya başlanması gerekmektedir. Dezavantajları ise; Elektrot, atık su içindeki çözünmüş maddelerin oksidasyonu sonucu oksitlenebilir. Birçok yerde elektrik maliyeti yüksektir (Ancak kullanılması gereken enerji çok düşük olduğundan yüksek bir maliyet oluşturmaz). Atıksudaki süspanse maddelerin yüksek iletkenliğe sahip olması istenir. Bazı çalışmalarda çözünebilir maddeler hidroksit şeklinde çökebilir.

KAYNAKLAR

Kobya, M., Demirbaş, E., Genge, E., Sirtbas, G., Ozyonar, F., 2017.Treatments of alkaline non-cyanide, alkalinecyanide and acidic zinc electroplating wastewatersby electrocoagulation, Process Safety and Environmental Protection, 105, 2017, 373-385.

Wang, C., Chou, W., Kuo Y., 2008.Removal of cod from laundry wastewater by electrocoagulation/electroflotation, Journal of Hazardous Materials, 164, 2009, 81-86

Hakizimana, J., Gourich, B., Chafi, M., Stiriba, Y., Vial, C., Drogui, Y., Naja, J., 2017. Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches, Desalination, 404, 2017, 1-21

İlhan, F., Kurt, U., Apaydın, Ö., Arslankaya, E., ve Gönüllü, M., 2007. Elektrokimyasal arıtım ve uygulamaları: katı atık sızıntı suyu çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü, İstanbul, Türkiye

Karadağ, E., 2009. Elektrokoagülasyon yöntemi ile karışım halindeki tekstil boyar maddelerin renk giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye

Akbaş, H., 2014. Elektrokoagülasyon yöntemi ile renk gideriminin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye

Janpoor, F., Torabian, A., Khatibikamal, V., 2011. Treatment of laundry waste-water by electrocoagulation, Yüksek Lisans Tezi, Tahran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tahran, İran

Hidayatillah, R., Hidayatillah, A., 2014. Electrocoagulation of detergent wastewater using alüminium wire netting electrode, Yüksek Lisans Tezi, Yogyakarta Devlet Üniversitesi, Araştırma, uygulama ve Eğitim Bilimleri, Yogyakarta, Endonezya

Ergün, G., 2013. Bazı tekstil boyar maddelerin sulu çözeltilerden elektrokoagülasyon ve ultrases yöntemlerini kullanarak giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye

Doğan, C., 2011. Yün ve akrilik iplik boyahane atıksularından fenton ve elektrokoagülasyon yöntemleri ile renk ve KOİ giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

ORTAKÖY ATIKSU ARITMA TESİSİ PROJELENDİRİLMESİ

Uğur ŞEKER, Mustafa BİLEK
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
musto6667@gmail.com, seker_ugur77@hotmail.com

ÖZET: Aksaray'a 55 km. uzaklıkta olan Ortaköy, konum itibari ile İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak bölümünde yer alır. İlçe, güneyde Aksaray, kuzeyde Kırşehir, batıda Ağaçören ilçesi, doğu da ise Nevşehir iline bağlı Gülşehir ilçesi ile çevrilidir.
Atıksu arıtma sistemlerinin planlama, tasarım ve işletimi oldukça kapsamlı ve karmaşık bir konudur.
Çalışma, Ortaköy İlçesi'nin Atıksu Arıtma Tesisi projesi için raporlama ile ilgili yapılan çalışmaları içermektedir. Günümüzde nüfus artışına paralel olarak artan su tüketimi ile suların arıtılması da önem kazanmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Avrupa Birliği Muktesebatı ile yapılan protokoller gereği ülkemizdeki yerleşim yerlerinin Atıksu Arıtım Tesislerinin yapılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu amaçla Ortaköy İlçesi'nin de atıksu arıtma tesis projesinin yapılması çalışmalarına başlanmıştır. İller Bankası Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü tarafından ihale edilen proje kapsamında, Belediyesi ile birlikte yapılan çalışmalarla ilçenin atıksu karakteristiği belirlenmiştir. Böylelikle ortaya çıkan atıksu en iyi şekilde arıtılabilmesi için gerekli proses hesaplar belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar ile Atıksu Arıtma Tesisinin projelendirme çalışmalarına başlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Ortaköy, Atıksu Arıtma Tesisi, İller Bankası.*

1. GİRİŞ

Atıksu arıtma sistemlerinin planlama, tasarım ve işletimi oldukça kapsamlı ve karmaşık bir konudur. Bu konu politik, sosyal ve teknik hususların birlikte dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu yüzden deşarj standartlarının sağlanması yanında, iyi bir atıksu arıtma ve uzaklaştırma sistemi ile birçok olumsuz çevresel şartların ortaya çıkması da önlenmiş olacaktır. Söz konusu çevresel olumsuzluklar başlıca;

- Koku ve gürültü kirliliği,
- Su kaynaklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik atıklarla kirlenmesi,
- Sucul ekosistemin zarar görmesi,
- Alıcı su ortamı kalitesinin bozulması,
- Doğal suların çeşitli maksatlarla yararlı kullanımının ortadan kalkması,
- Arıtılmamış atıksu ve biyoatıkların zirai kullanımı dolayısıyla hastalıkların yayılması,
- Arazi değerinin düşmesi gibi riskler olarak sıralanabilir. İdeal durumda bir arıtma tesisinin deşarj suyu ve biyokatıların (arıtma çamurları) faydalı kullanımını teşvik etmesi beklenmektedir.

Atıksu arıtma tesislerinin planlama süreci başında mutlaka göz önünde tutulması gereken temel tasarım faktörleri ana hatlarıyla ortaya konacaktır.

Söz konusu temel tasarım faktörleri;

- Başlangıç ve tasarım yılları
- Tesisin hizmet alanı

- Tesis yeri seçimi
- Tasarım nüfusu
- İlgili mevzuat ve deşarj standartları
- Atıksu karakteristikleri
- Arıtma derecesi
- Arıtma prosesi seçenekleri ve karşılaştırmalı analizi
- Ekipman seçimi
- Tesis genel yerleşimi ve hidrolik profili
- Enerji ve kimyasal madde ihtiyacı
- Atıksu arıtma maliyeti
- ÇED ve halkın katılımı süreci olarak sıralanabilir. Aşağıda söz konusu temel tasarım bileşenlerinin kısa bir değerlendirmesi yapılmaktadır (Qasim, 1999).

Atıksu arıtma tesislerinin planlama, tasarım ve yapımı genellikle 2~5 yıllık bir süreçte tamamlanmaktadır. Tesisin çeşitli bileşenlerinin boyutlandırılmasında söz konusu planlama ve işletmeye alma döneminde geçen sürenin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu yüzden atıksu arıtma tesisi tasarımında başlangıç yılı, yapımı tamamlandıktan sonra tesise atıksu verilip işletime başlandığı yıl olarak esas alınır.

Tasarım ve planlama yılı ise tesisin öngörülen tasarım kapasitesine ulaştığı yıl olarak tanımlanır. Tasarım yılının seçimi kolay olmayıp, tesisin hizmet vereceği atıksu havzasındaki nüfus ve toplumun sosyo-ekonomik gelişme eğilimlerinin dikkatle incelenerek gerçekçi ve mantıklı bir değerlendirme sürecinden geçirilmesini gerektirmektedir. Tesisin tasarım dönemleri veya kademe yılları belirlenirken başlıca aşağıdaki hususlar göz önünde tutulmalıdır:

- Arıtma tesisi birimlerinin hizmet ömürleri
- Tesisin tevsiinin kolay ya da zor oluşu
- Büyük kapasiteye göre boyutlandırılmış tesis üniteleri veya bileşenlerinin işletmeye açılmayı izleyen ilk dönemdeki verim durumları
- Hizmet alanının gelecekteki nüfusu, ticari ve endüstriyel faaliyetler, göç, turizm ve su temini durumu
- Piyasa faiz oranı, mevcut ve gelecekteki yapım bedelleri ve finansman temini

Tasarım süresi, arıtma tesislerinin bileşenlerine göre farklılık gösterebilir. Örneğin kanal, toplayıcı, sifon, terfi merkezi vb. yardımcı tesislerin tevsi durumu kolay olamayacağı için tasarım süresi genelde 50 yıl alınır. Arıtma tesisi birimleri, proses ekipmanları, pompalar ile çamur işleme ve uzaklaştırma tesisleri ise aşırı büyük tasarımı önlemek üzere, daha kısa dönemlere göre tasarlanırlar. Böyle durumlarda, sonraki büyütme faaliyetleri dolayısıyla farklı tasarım kademelerindeki tesis birimleri için ihtiyaç duyulacak ek alanın arıtma tesisi yerinde önceden ayrılması sağlanmalıdır. Planlama döneminde öngörülen atıksu debileri ve finansman temin şartları dikkate alınarak tasarım süresi 10, 15 ve 20 yıllık kademelere ayrılır (Koyuncu vd., 2013) .

2. ÇALIŞMA ALANI

Ortaköy, İç Anadolu Bölgesinde Aksaray ilinin kuzeyinde yer almaktadır. İlçenin yüzölçümü 750 km^2'dir. Aksaray'a 55 km. uzaklıkta olan Ortaköy, konum itibari ile İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak bölümünde yer alır. İlçe, güneyde Aksaray, kuzeyde Kırşehir, batıda Ağaçören ilçesi, doğu da ise Nevşehir iline bağlı Gülşehir ilçesi ile çevrilidir (Şekil 1). Genel olarak tarım arazileri düz olmayıp, hafif ve orta derecede eğimlidir. Topraklarımız genellikle açık kahve renkli, kireçli, ph'ı 6-7,5 arasında olup tınlı toprak yapısına sahiptir. İlçe topraklarının büyük bir kısmında kuru tarım yapılmaktadır. İlçeye bağlı Balcı Beldesinde bulunan 2 adet göletten yaklaşık 5.500 Dk alanda, Bozkır Beldesindeki göletten ve sondaj kuyularından 7.500 Dk. alanda, Çiftevi Beldesindeki göletten ve sondaj kuyularından 3.500 Dk. alanda, Çatin köyündeki göletten ve sondaj kuyularından 2.500 Dk. Alanda, Cumali Köyündeki göletten 1.500 Dk. alanda, S. Gödeler köyündeki göletten 1.500 Dk.alanda, Ozancık Beldesindeki sondaj kuyularında 1.000 Dk. alanda, Sarıkaraman Beldesindeki sondaj kuyularından 3.000 Dk. alanda, Durhasanlı köyünde 500 Dk. Alanda, Kümbet Köyünde 500 Dk.alanda, Pirli köyünde sondaj kuyularından 300 Dk.alanda, Reşadiye köyündeki göletten 500 Dk.alanda, Pınarbaşı Köyündeki derin kuyu sondajından 3.500 Dk.arazi sulama Harmandalı Beldesinde 3.500, Devedamı Beldesinde 4000 Dk., S.Alaca köyünde 2000 Dk. alanda sulu tarım yapılmaktadır. Yıllık yağış miktarı 250-300 mm arasındadır. Bölgedeki Genel olarak tarım alanları genellikle kuru tarım alanlarıdır.

Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

İlçe merkezi ve civarı engebeli bir topografik yapıya sahiptir. Güneyde; Başparmak sırtları, Armutlu Tepesi (1442), Osmanağa T. (1403) Batıdan Göbek T. (1537) yükseltileriyle dalgalanan arazi ilçe merkezinin bulunduğu kesimde kuzeye ve doğuya doğru gidildikçe yaklaşık % 20 meyille devam eder. İlçenin imar planı içerisinde yerleşim 1090-1355 m. kotları arasında yer almaktadır.

2.1 Mevcut İçme suyu Tesisleri

İlçenin içme suyu inşaatı İller Bankası'nca yaptırılmış olup, boru üstü derinlik 1 m. olarak alınmıştır. İlçe içme suyu ihtiyacı Güneydeki derin kuyulardan sağlanmaktadır.

2.2 Mevcut Kanalizasyon ve Arıtma Tesisleri

<u>Gelecek Nüfus Hesapları</u>

İlçeye ait 1965-2010 yılları arasındaki nüfus sayım sonuçları aşağıdaki grafik ve şekilde gösterilmiştir (Şekil 2, Şekil 3, Tablo 1).

YILLAR	NUFUS
1965	2651
1970	3562
1975	6371
1980	8920
1985	12150
1990	19612
2000	26961
2007	18628
2008	18506
2009	18763
2010	18680

Şekil 2 Ortaköy İlçesi Nüfus Sayım Sonuçları (TÜİK)

Tablo 1. Ortaköy Atıksu Arıtma Tesisi Nüfus Projeksiyon Özeti

ORTAKÖY (AKSARAY) **ATIKSU ARITMA TESİSİ KESİN PROJESİ NÜFUS PROJEKSİYON ÖZETİ**

	YILLAR							
METODLAR	***2011***	***2016***	***2021***	***2026***	***2031***	***2036***	***2041***	***2046***
EKSPONENSİYEL	19527	24375	30425	37977	47403	59170	73857	92190
BİLEŞİK FAİZ	19509	24235	30107	37401	46462	57719	71703	89074
EN KÜÇÜK KARELER	22168	24174	26179	28185	30190	32196	34201	36207
ARİTMETİK ARTIŞ	19036	20817	22598	24379	26160	27941	29722	31503
İLLER (SON SAYIM BAZ)	18910	20100	21366	22712	24142	25662	27278	28996
İLLER (İLK SAYIM BAZ)	19897	27276	37393	51262	70275	96340	132072	181058
İLLER (ARDIŞIK)	19431	23662	28814	35087	42727	52031	63360	77156

Şekil 3. Ortaköy İlçesi Nüfus Hesaplamalarının Grafiksel Gösterimi

Ortaköy (AKSARAY) Atıksu Arıtma Tesisi Kesin Projesi kapsamında gelecek nüfus hesaplamalarında 2046 yılı nüfusunun 50.000 (40.000+10.0000) kişi alınması önerilmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Gelecekteki nüfus hesaplamaları

YILLAR	YERLEŞİK NÜFUS	İLAVE YAZLIK NÜFUS	TOPLAM NÜFUS
N_{2011}	18.464	10.658	29.122
N_{2016}	20.741	10.699	31.440
N_{2021}	22.631	11.319	33.950
N_{2026}	24.693	11.975	36.668
N_{2031}	**26.943**	12.668	**39.611**
N_{2036}	29.398	13.402	42.800
N_{2041}	32.077	14.179	46.256
N_{2046}	**35.000**	15.000	**50.000**

3. DEBİ HESAPLAMALARI

Ortaköy İlçesinin 2010 yılı nüfusu 18680 kişi olup yaz aylarında 10000 kişi yazlık nüfus mevcuttur.

N_{2010} = 18 680 Kişi
I. Kademe Yılı (2031) = 39 500 kişi
II. Kademe Yılı (2046) = 50.000 kişi

Evsel Atıksu Debisi

Proje 2031 ve 2046 yılları olmak üzere iki kademeli olarak düzenlenmiştir.

Atıksu hesaplarında, içme suyu kullanımından kanalizasyona dönüş oranı %80 olarak kabul edilmiştir. İçme suyu tüketim değerleri I. Kademe yılı için 110 lt/kişi/gün ve II. Kademe için 120 lt/kişi-gün olarak kabul edilmiştir (Tablo 3).

Sızma Debisi: İlçede kanal şebekeleri yeni yapılmış olduğundan sızma debisi olmayacağı kabul edilmiştir.

Yağmursuyu Debisi: Yağmursuyu debisi olarak evsel Atıksu debisinin %5'i kadar kanalizasyon baca kapaklarından Atıksuya karışım olacağı kabul edilmiştir.

Endüstri Debisi: İlçede sanayi olarak küçük sanayi mevcut olup 230 adet işletme bulunmaktadır. İlçede genel olarak kuru tarım yapıldığından şebekeye atıksu veren bir sanayi bulunmamaktadır.

Endüstri debilerinden birisi de mezbahadan gelen debidir. Ortaköy (AKSARAY) Atıksu Arıtma Tesisi projesi kapsamında yapılan yer teslimi sırasında Ortaköy Belediyesi ile yapılan görüşmede 2010 yılı itibari ile günde ortalama 3 büyükbaş ve 6 küçükbaş hayvan kesimi yapıldığı sözlü olarak belirtilmiştir. Mezbahada kesilen hayvan sayısı, kademe yılları ile 2010 nüfusları arasındaki oran ile artırılarak 2031 ve 2046 yıllarındaki hayvan sayısı projeksiyonu yapılmıştır.

Yıllara göre evsel su kullanımı ve endüstriyel debiler toplu olarak Tablo 4'de verilmiştir. Yapılan hesaplamalarda bulunan debi değerleri arıtma tesisi proseslerin boyutlandırılmasında kullanılacak değerlerdir.

Tablo 4. Yıllara göre evsel su kullanımı ve endüstriyel debiler

ORTAKÖY (AKSARAY)	1. Kademe (Yaz)			2. Kademe (Yaz)		
	m^3/gün	m^3/saat	m^3/sn	m^3/gün	m^3/saat	m^3/sn
Qmax	7133,00	297,21	0,083	9849,00	410,38	0,114
Qproje	5966,06	248,59	0,069	8237,57	343,23	0,095
Qort	3478,40	144,93	0,040	4803,00	200,13	0,056
Qmin	2254,70	93,95	0,026	3113,51	129,73	0,036

4. PROSES HESAPLARI

Yapılan Proses dizaynı genel olarak 3 batarya şeklinde tasarlanmıştır. 1.Kademe Yılı kış ayında 1 batarya, ilçenin yazlık nüfus nüfus artışı olduğunda yaz ayında 2 batarya devrede olacaktır. Aynı şekilde 2. Kademe yılında Kış ayında 2 batarya, yaz ayına 3 batarya devreye alınarak çalıştırılabilecek şekilde boyutlandırılmıştır (Tablo 5) .

Tablo 5. Ünite bazında tesisin boyutlandırılması

Ünite	**Sonuç**
Kaba Izgara	b:0.75m e:30mm s:10mm n:18 adet
İnce Izgara	b:0.75m e:15mm s:10mm n:29 adet
Kum Tutucu	L:7.0m b:0.30m h:0.30m
Anaerobik Havuzlar	L:9.50m b:4.30m h:3.50m A:55.36 m^2
Havalandırma Havuzları	L:10.83m R:6.65m h:5.50m b:0.50m
Oksijen İhtiyacı	1575.0 kg O_2/gün
Çökeltme Havuzu	D:14.60m h:4.50m t:1.89saat A:167.33 m^2
Savak Yükü	L:14.60m □□: 45.84 m
Çamur konisi	D:2 m d: 1m h:1.80m v:3.30 m^3

KAYNAKLAR

URL-1 <http://www.webcitation.org/6BuHHqnhj >, alındığı tarih: 01.10.2016.

URL-2<http://www.yerelnet.org.tr/ilceler/ilce_belediye_koordinat.php?ilceid=198243>,alındığıtarih: 01.10.2016

2011 Genel Nüfus Sayımı Verileri. Türkiye İstatistik Kurumu kaynağından arşivlendi. Erişim tarihi: 1 Ekim 2016..

Sürekli İnşaat Mühendislik Müşavirlik Bürosu 2000. Ortaköy Atıksu Arıtma Tesisi Jeoteknik Raporu, Ankara.

T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, T.C Resmi Gazete No:25687 Tarih:31.12.2004

Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., Atıksu Arıtımının Esasları, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2005, s.459.

Öbek, E., Tatar, Ş.Y., Hasar, H., Arslan, E.I. ve İpek, U., Kentsel ve Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamurlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Değerlendirilmesi, F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(1), 31-38, 2016.

ADANA İLİ TIBBİ ATIK YÖNETİMİ

Yunus Emre AKBULUT
Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
emreakbulut01@hotmail.com

ÖZET: Tıbbi atıkların yönetimi ve bertarafı, Türkiye'de dahil olmak üzere gelişmekte olan tüm ülkelerin ortak sorunlarından birisidir. Bu çalışmanın amacı, Adana kentinde tıbbi atık yönetimini incelemek, karşılaşılan problemleri belirlemek ve çözüm önerileri geliştirmektir. Bu çerçevede, mevcut araştırmaların, yayınların gözden geçirilmesi ve değerlendirilmesi sonucunda, Adana kentinde üretilen tıbbi atıkların mevcut durumda nasıl yönetildiği tespit edilerek değerlendirilmiştir. Yapılan araştırmada Adana Büyükşehir belediye sınırları dahilinde, sağlık kuruluşlarında oluşan ortalama yıllık tıbbi atık miktarı 1.200.000,0 kg, günlük ortalama tıbbi atık miktarı 3.300,0 kg ve yatak başına düşen ortalama günlük tıbbi atık miktarı ise 0,68 kg'dır. Yapılan araştırmalar sonucunda Adana kentinde oluşan tıbbi atıkların bertarafı için en uygun yöntem olarak buharla sterilizasyon sonrasında düzenli depolama önerilmiştir.

Anahtar Kelime: *Tıbbi Atık, Tıbbi Atık Yönetimi, Enfekte atık.*

1. GİRİŞ

22.07.2005 Tarih ve 25883 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (Yönetmelik) tıbbi atıkları sağlık kuruluşlarından kaynaklanan enfeksiyöz atıklar, patolojik atıklar ve kesicidelici atıklar olarak tanımlamıştır. Bu açıdan bakıldığında, sağlık kuruluşlarındaki faaliyetler esnasında üretilen

– Mikrobiyolojik laboratuvar atıkları, Kan, kan ürünleri ve bunlarla bulaşmış nesneler,

– Kullanılmış ameliyat giysileri (kumaş, önlük ve eldiven ve benzeri),

– Diyaliz atıkları (ekipmanlar), Karantina atıkları, Bakteri ve virüs içeren hava filtreleri,

– Enfekte deney hayvanı leşleri, organ parçaları, kanı ve bunlarla temas eden tüm nesneleri,

– Vücut parçaları, organik parçalar, plasenta, kesik uzuvlar ve benzeri atıklar (insani patolojik atıklar), Biyolojik deneylerde kullanılan kobay leşleri,

– Enjektör iğneleri, İğne içeren diğer kesiciler, Bistüriler, Lam-lamel,

– Kırılmış diğer cam ve benzeri nesneler Tıbbi atıktır. Kısa bir anlatımla, insan ve hayvan sağlığıyla ilgili kuruluşlarda üretilen ve insan ve çevre sağlığı açısından risk taşıyan bütün unsurlar tıbbi atıktır. Yönetmelik sağlık kuruluşları tarafından üretilen atıkları dört gruba ayırmıştır.

Bunlar;

A) EVSEL NİTELİKLİ ATIKLAR

– Genel Atıklar ve Ambalaj Atıkları

B) TIBBİ ATIKLAR

– Enfeksiyöz Atıklar, Kesici – Delici Atıklar ve Patolojik Atıklar

C) TEHLİKELİ ATIKLAR

D) RADYOAKTİF ATIKLAR'dır.

Bu çalışma sadece TIBBİ ATIKLAR'ı kapsamaktadır.

1.1.Enfeksiyöz Atıklar

Yönetmeliğe göre, enfeksiyöz ajanların yayılımını önlemek için taşınması ve imhası özel uygulama gerektiren atıklar Enfeksiyöz Atık'tır.

Enfeksiyöz atıkların başlıcaları:

A) Mikro biyolojik laboratuvar atıkları

– Kültür ve stoklar, İnfeksiyöz vücut sıvıları, Serolojik atıklar,

– Diğer kontamine laboratuvar atıkları (lam-lamel, pipet, petriv.b)

B) Kan kan ürünleri ve bunlarla konta mine olmuş nesneler

C) Kullanılmış ameli yat giysileri (kumaş, ön lük ve eldiven v.b)

D) Diyaliz atıkları (atık su ve ekipmanlar)

E) Karantina atıkları

F) Bakteri ve virüs içeren hava filtreleri,

G) Enfekte deney hayvanı leşleri, organ parçaları, kanı ve bunlarla temas eden tüm nesneler

olarak sayılabilir.

Enfekte atıklar çeşitli patojen mikroorganizmalardan en az birini içerir.

Enfekte atıklardaki patojenler birçok yolla insan vücuduna girebilir:

– Derideki batma, yıpranma veya kesi yoluyla, Mukoz membranlar yoluyla,

– İnhalasyonla, Sindirimle.

1.2.Kesici ve Delici Atıklar

Yönetmeliğe göre Kesici ve delici atıklar batma, delme sıyrık ve yaralanmalara neden olabilecek atıklardır.

– Enjektör iğneleri, İğne içeren diğer kesiciler, Bistüri, Lam-lamel, Cam pastör pipeti,

– Kırılmış diğer camlar vb. Kesici ve delici atıkların başlıcalarıdır.

Kesiciler, patojenlerle kontamine olmuşlarsa, sadece kesik ve batmalara yol açmazlar, aynı zamanda bu yaraların enfekte olmasına da neden olabilirler. Bu iki riskten (yaralanma ve hastalık bulaşması) dolayı kesiciler çok tehlikeli bir atık sınıfı olarak kabul edilirler.

1.3.Patolojik Atıklar

– Anatomik atık dokular, organ ve vücut parçaları ile ameliyat, otopsi vb. tıbbi müdahale esnasında ortaya çıkan vücut sıvıları,

– Ameliyathaneler, morg, otopsi, adli tıp gibi yerlerden kaynaklanan vücut parçaları, organik parçalar, plasenta, kesik uzuvlar vb. (insanipatolojik atıklar)

– Biyolojik deneylerde kullanılan kobay leşleri olarak sınıflandırılır.

2. TIBBİ ATIKLARIN İNSAN VE ÇEVRE SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gerekli korunma önlemleri alınmadan tıbbi atıklarla temas edilmesi, çeşitli hastalıklara ve yaralanmalara, yaralar nedeniyle enfeksiyonlara yol açar.Tıbbi atıkların yarattığı riskler, aşağıdaki nedenlerin bir veya birkaçından kaynaklanır;

– Enfeksiyona yol açabilen patojenler içerir, Kalıtsal yapı (DNA) üzerinde değişikliklere neden olabilir, Toksik, tehlikeli kimyasal veya farmasötik maddeler içerir,

Bertaraf edilmeden çevreye bırakılan tıbbi atıklar nedeniyle,

– Yer altı su kaynaklarının kirlenerek hastalık kaynağı haline gelmesine,

– Kemirgenler ve sürüngenler aracılığıyla, insanlara kadar uzanan beslenme zincirindeki bütün canlıların etkilenmelerine, salgın hastalıkların oluşmasına,

– Gelecek nesillerde genetik bozuklukların oluşmasına yol açılabilir.

2.1.Kimler Risk Altında ?

Tıbbi atıklara maruz kalan tüm bireyler potansiyel olarak risk altındadırlar.Risk altındaki bu bireylere, tıbbi atık üreten sağlık kuruluşlarının içinde ve yadışında olup, hem bu atıkları taşıyan, hem de dikkatsiz yönetim sonucu bu atıklara maruz kalanlar dahildir.

Risk altındaki başlıca gruplar;

– Doktorlar, hemşireler, yardımcı sağlık çalışanları ve diğer hastane personeli,

– Sağlık kuruluşlarında tedavi ve bakım alan hastalar, Sağlık kuruluşlarının hasta ziyaretçileri

– Çamaşırhane, atık toplama gibi sağlık kuruluşlarının destek birimlerinde çalışanlar,

– Atık bertaraf tesislerindeki işçiler, ancak, kötü yönetilen tıbbi atıkların halkın tamamı için risk oluşturduğunu da unutmamak gerekir.

2.2. Sağlık Kuruluşlarında ve Türkiye'de Tıbbi Atık Üretimi

Türkiye'de yatak başına tıbbi atık üretimi konularında farklı veriler mevcuttur. Kamu Hastaneleri Kurumu verilerine göre Türkiye'de yatak başına tıbbi atık üretimi şu şekildedir:

– Üniversite hastanelerinde 4,1 – 8,7 Kg, Devlet hastanelerinde 2,1 – 4,2 Kg, Taşra hastanelerinde 0,5 - 1, 8 Kg,

3. YÜKÜMLÜLÜKLER

3.1.Tıbbi Atık Üreticilerinin Yükümlülükleri

Tıbbi atık üreticileri, atıklarını en aza indirmekle, ünite içi atık yönetim planı hazırlamakla, tıbbi atıkları kaynağında ayrı toplamakla, atıkları ayrı taşımakla ve geçici depolamakla yükümlüdürler. Sağlık kuruluşlarının yükümlülüklerinin detayları ile Yönetmeliğin uygulanmasında dikkate alacakları esaslar şunlardır;

a) Atıkları kaynağında en aza indirecek sistemin kurulması Atık yönetiminin en önemli ilkesi atıkların kaynağında en aza indirilmesidir. Sağlık kuruluşları tıbbi, tehlikeli ve evsel atıkların oluşumunu ve miktarını kaynağında en aza indirmekle, alacakları tedbirler ile gereksiz atık oluşumunu önlemekle yükümlüdürler.

b) Ünite içi atık yönetim planının hazırlanması ve uygulanması Sağlık kuruluşları öncelikle, atıkların ayrı toplanması, taşınması, geçici depolanması ve bir kaza anında alınacak tedbirleri içeren ünite içi atık yönetim planını hazırlamak ve uygulamakla zorundadırlar. Sağlık kuruluşlarınca hazırlanacak atık yönetim planlarının oluşturulmasına teknik destek sağlamak ve bu atık yönetim planlarının standardizasyonunu sağlamak amacıyla Bakanlıkça "Ünite İçi Atık Yönetim Planı Formatı" hazırlanmıştır. EK 2'de yer alan plan formatına Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün internet adresinden de ulaşılabilmektedir.

c) Atıkların kaynağında ayrı toplanması Sağlık kuruluşlarında oluşan atıklar tıbbi atıklar, tehlikeli atıklar, evsel nitelikli atıklar ve ambalaj atıkları olarak sınıflandırılmalı ve birbirleri ile karışmadan kaynağında ayrı olarak toplanmalıdır.

Tıbbi atıkların toplanmasında kırmızı renkli özel plastik torbalar kullanılır.

Bu torbalar

– Yırtılmaya, delinmeye, patlamaya ve taşımaya dayanıklı olmalıdır,

– Orijinal orta yoğunluklu polietilen hammaddeden üretilmelidir,

– Sızdırmaz, çift taban dikişli ve körüksüz olmalıdır,

– Torbaların çift kat kalınlığı 100 mikron olmalıdır,

– Torbaların kaldırma kapasitesi ise en az 10 kilogram olmalıdır,

– Torbaların her iki yüzünde görülebilecek büyüklükte "Uluslararası Biyotehlike" amblemi ile "DİKKAT TIBBİ ATIK" ibaresi bulunmalıdır,

– Tıbbi atık torbaları ¾ oranında dolduklarında yenisi ile değiştirilmelidir.

Tıbbi atıkların bir alt grubu olan kesici ve delici atıklar ise diğer tıbbi atıklardan ayrı olarak özel plastik veya lamine kartondan yapılmış kutula içinde toplanmalıdır. Kesici-delici atık kapları

– delinmeye, yırtılmaya, kırılmaya ve patlamaya dayanıklı olmalıdır,

– Su geçirmemeli ve sızdırmaz olmalıdır,

– Açılma ve karıştırmaya imkan sağlamayacak şekilde dizayn edilmelidir,

– Kapların üzerinde "Uluslararası Biyotehlike" amblemi ile "DİKKAT!KESİCİ VE DELİCİ TIBBİ ATIK" ibaresi bulunmalıdır,

– Kaplar, en fazla ¾ oranında doldurulmalı, ağızları kapatılmalı ve kırmızı plastik torbalara konulmalıdır.

Şekil 5: Kesici ve Delici Tıbbi Atık Torbası

d) Atıkların Ünite İçinde Taşınması Ünite içinde tıbbi ve evsel nitelikli atıklar ayrı ayrı taşınmalıdır. Bu araçlar turuncu renkli olmalı, üzerlerinde"Uluslar arası Biyotehlike" amblemi ile "Dikkat! Tıbbi Atık" ibaresi bulunmalıdır. Tıbbi atıklar ile evsel nitelikli atıklar aynı araca yüklenmemeli ve taşınmamalıdır.

e) Atıkların Geçici Depolanması Sağlık kuruluşlarında toplanan atıklar, belediye tarafından alınıncaya kadar geçici atık deposu veya konteynerler içinde geçici olarak depolanmalıdır. Atıklar bu depolarda veya konteynerlerde en fazla 48 saat bekletilebilir. Geçici atık deposu içindeki sıcaklığın 4 C nin altında olması durumunda bekleme süresi bir haftaya kadar uzayabilecektir. Sağlık kuruluşunun geçici depolama için geçici atık deposu mu, yoksa konteyner mi kullanacağı konusu ise sağlık kuruluğunun yatak kapasitesine bağlıdır.
En az 20 yatak kapasitesine sahip sağlık kuruluşları geçici atık deposu infla etmek zorundadırlar. 20'den az yatağa sahip sağlık kuruluşları geçici atık deposu olarak konteyner kullanmak zorundadırlar.

Geçici atık depoları aşağıdaki özelliklerde olmalıdır:

– Tıbbi atıklar ve evsel atıklar için olmak üzere iki bölmeli inşa edilmeli, temizlik ekipmanları, koruyucu giysiler, atık torbaları ve kutuları atık deposunun dışında ve yakınında bir bölmede depolanmalı, en az iki günlük atığı alabilecek kapasitede olmalı,

– Tıbbi atıkların konulduğu bölmenin kapısı turuncu renge boyanmalı, üzerinde "Uluslararası Biyotehlike" amblemi ile "DİKKAT TIBBİ ATIK" ibaresi bulunmalı,

– Deponun tabanı ve duvarları sağlam, geçirimsiz, mikroorganizma ve kir tutmayan, temizlenmesi ve dezenfeksiyonu kolay bir malzeme ile kaplanmalı,

– Depolarda yeterli bir aydınlatma ve pasif havalandırma sistemi bulunmalı, sıcak havalarda depo mutlaka soğutulmalı, bir tıbbi atık torbasının yırtılması veya boşalması ile dökülen tıbbi atıklar uygun ekipman ile toplandıktan sonra tekrar kırmızı tıbbi atık torbalarına konmalı ve depo derhal dezenfekte edilmeli,

– Temizlik ekipmanları, koruyucu giysiler, atık torbaları ve kutuları atık deposunun dışında ve yakınında bir bölmede depolanmalı, depo kapıları dışarıya doğru açılmalı veya sürmeli yapılmalıdır, atık taşıma araçlarının kolaylıkla ulaşabileceği ve yanaşabileceği yerlerde ve şekilde inşa edilmelidir, hastane giriş ve çıkışı ve otopark gibi yoğun insan ve hasta trafiğinin olduğu yerler ile gıda depolama, hazırlama ve satış yerlerinin yakınlarına inşa edilememelidir,

Konteynerler

– En az iki günlük alabilecek kapasitede ve sayıda olmalıdır,

– Dış yüzeyleri turuncu renge boyanmalı, üzerinde "Uluslar arası Biyotehlike" amblemi ile "DİKKAT TIBBİ ATIK" ibaresi bulunmalıdır,

– İç yüzeyleri yükleme-boşatma sırasında torbaların hasarlanmasına veya delinmesine yol açabilecek keskin kenarlar ve dik köşeler içermemelidir,

– Kapakları kullanımları dışında daima kapalı ve kilitli tutulmalıdır,

– Atıkların boşaltılmasını müteakiben her gün veya herhangi bir kazadan hemen sonra temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir,

3.2.Belediyelerin Yükümlülükleri

Belediyeler tıbbi atık yönetim planı hazırlamakla, tıbbi atıkları taşımakla ve bu atıkları zararsız hale getirmekle veya bertaraf etmekle yükümlüdürler. Yönetmeliğe göre belediyeler tıbbi atıkların toplanması, bertaraf tesisine taşınması ve bertaraf edilmesi yükümlülüklerini bizzat yerine getirebilecekleri gibi, Yap, İşlet, Devret benzeri ihalelerle özel sektör kuruluşlarına da devredebilmektedirler.

Belediyelerin yükümlülükleri ve Yönetmeliğin uygulanmasında dikkate alacakları esaslar şunlardır:

a) Tıbbi atık yönetim planının hazırlanması ve uygulanması Büyükşehirlerde büyükşehir belediyeleri, büyükşehir belediyesi olmayan yerlerde ise belediyeler öncelikle sınırları içinde oluşan tıbbi atıkların yönetimi ile ilgili esasları kapsayan bir atık yönetim planı hazırlamakla yükümlüdürler. Belediyelerce hazırlanacak atık yönetim planının oluşturulmasına teknik destek sağlamak ve bu atık yönetim planlarının standardizasyonunu sağlamak amacıyla Bakanlıkça hazırlanan "Tıbbi Atık Yönetim Planı Formatı" hazırlanmıştır. EK 3'te yer alan plan formatına Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün internet adresinden de ulaşılabilmektedir.

b) Tıbbi atıkların taşınması Tıbbi atıkların geçici atık depoları ve konteynerler ile küçük kaynaklardan alınarak bertaraf tesisine taşınmasından büyükşehirlerde büyükşehir belediyeleri, diğer yerlerde ise belediyeler ile yetkilerini devrettiği kişi ve kuruluşlar sorumludur.

Tıbbi atıkların özel olarak dizayn ve imal edilmiş araçlarla taşınması gerekmektedir.

Tıbbi atık taşıma araçları başlıca aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

– Atıkların yüklendiği kısım tamamen kapalı olmalıdır, Sıkıştırma mekanizmasının bulunmamalıdır, Şoför mahalli ile atık yükleme kısmı arasında boşluk bulunmalıdır,

– Atık yükleme kısmının kaza halinde zarar görmemesi için sağlam yapılmadır,

– Atık yükleme kısmının iç yüzeyi paslanmaz, kolaylıkla temizlenebilen ve dezenfekte edilebilen bir yapıda olmalıdır, Atık yükleme kısmı, dik köşeler içermemeli, kesişen yüzeylerin yumuşak dönüşlerle birbirine birleşmelidir,

c) Tıbbi atıkların bertaraf edilmesi Gerek 5216 sayılı Büyükehir Belediyesi Kanunu, gerekse Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği gereğince tıbbi atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili yükümlülükler büyükşehirlerde büyükşehir belediyelerine, diğer yerlerde ise belediyelere verilmiştir. Söz konusu hizmetler doğrudan belediyeler tarafından verilebildiği gibi, hizmet alımı, uzun süreli ihaleler, veya Yap, İşlet, Devret benzeri ihalelerle, belediyelerin gözetiminde özel sektör tarafından da yapılabilmektedir.

Tıbbi atıkların yakılması: Yakma, tıbbi atıkların bertarafında en güvenli yöntem olmakla birlikte, yeterli teknik kapasiteye sahip ve ileri teknoloji ürünü yakma tesislerinin kurulması ve baca gazı emisyonlarının gerektiği gibi arıtılarak kontrol altında tutulabilmesi için bu tesislerin kurulmasında Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen kriterlere uyma zorunluluğu getirilmiştir. Kurulacak tıbbi atık yakma tesisleri için Çevre ve Şehircilik Bakanlığından ön lisans ve lisans alınması gerekmektedir.

4. TIBBİ ATIKLARININ STERİLİZASYON İŞLEMİ :

Tesise gelen atıkların kabulü Tıbbi atık üreticilerinden tartılarak alınan, radyasyon dedektörü ile tarandıktan radyasyon bulunmadığı anlaşılan tıbbi atık torbaları/kutuları lisanslı kamyonlarımız ile tesise gelir. Tıbbi atık torbaları/kutuları tekrar radyasyon testinden geçirilir. Atıklar soğuk hava deposuna alınır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde problemlere önerilen çözümler içermektedir. En fazla hizmet içi eğitim verilmesi ve sağlık personeline okul aşamasında gerekli derslerin verilmesinin önemi vurgulanmıştır. Sonuç olarak sağlık çalışanları karşılaşılan problemlerin çözümünü eğitim olarak görmüşlerdir.

Tespit edilen sorunların çözüm önerileri aşağıda maddeler halinde verilmiştir

1. Az miktarda tıbbi atık üreten birimlerde oluşan tıbbi atıkları nihai bertaraf sahasına taşınıncaya kadar karşılaştığı problemleri göz önüne alarak atıkların oluşum yerinde zararsız hale getirecek bir yöntem belirlemesi gerektiği düşünülmüştür. Önerilen yöntem olarak az atık üreten kuruluşlar ünitelerinde otoklav bulundurarak atığı 121 C'de steril ettikten sonra evsel atıklarla birlikte uzaklaştırılması düşünülmüştür.

2. 20 yatak ve üzeri kurumlarda tıbbi atıkların ünite içinde toplanması, taşınması ve depolanması sırasında karşılaşılan problemlerin çözümü için kurumsal düzenleme olarak hastanelerde çevre birimi kurulması ve atık yönetiminin bu konuda eğitim almış kişiler tarafından yapılması sorunları büyük oranda çözebilecektir.

3. Çöp kovalarının, ünite içi atık taşıma araçlarının ve geçici atık deposunun düzenli aralıklarla mikrobiyolojik analizler yaptırılması gerekmektedir. Fazla miktarda atık üreten kuruluşlarda tıbbi atıkların ayrıştırılması, toplanması gerekmektedir.

4. Atıkların oluşumunda ve ayrıştırılmasında etkin olarak sorumlu olan sağlık çalışanlarının hizmet içi eğitimlerinin yapılması gerekmektedir.

5. Geçici atık depolarının geri dönüşümlü atıkları da depolayacak şekilde üç gözlü olarak yapılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR:

URL-1 http://www.geposb.com.tr/tr/hizli-menu/tibbi-atik-yonetimi/100011
URL-2 https://tr.wikipedia.org/wiki/Tıbbi_atık
URL-3 http://inte.com.tr/wp-content/uploads/2014/01/kilavuz.pdf
URL-4 http://www.csb.gov.tr/db/mardin/haberler/haberler7668_1.pdf

BİYODİZEL ÜRETİMİNİN ÇEVRE SAĞLIĞI VE EKONOMİK BOYUTLARI

Yazar; Okan DÖNERKAYA, Dr. Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Bulunduğumuz yüzyılda insanoğlunun enerji ihtiyacının giderek artması ve buna bağlı olarak enerji kaynağı arayışları hız kazanmaktadır. Alternatif enerji kaynağı seçimi yaparken yenilenebilir ve temiz enerji tercih edilmektedir. Dizel motorlarda kullanılabilen biyo-dizel, atıklardan üretilebilmekte ve hem atık bertaraftı hem de enerji elde etmek için çok önemli bir kaynaktır. Çeşitli bitki ve hayvan yağları kullanılarak üretilen biyo-dizel günümüzde kullanılan bütün dizel motorlarda kullanılabildiğinden ve fosil yakıt bir gün biteceğinden şu an için önemi bir alternatiftir. Biyo-dizelin alternatif yakıt olmasının yanında en büyük avantajlarından biri, salınan kirletici gaz çıkışlarıdır. Biyo-dizel kullanımı ile yanmamış hidrokarbonlar da %67, karbon monoksitte %48, sülfatlar da %100 gibi değerlere kadar kirletici gaz çıkışında azalma olur. Hidrokarbonların ozon tabakasına etkisi ise %50 azalır. Küresel ısınmanın artık tamamen kabul edildiği günümüz de bu değerler göz ardı edilemeyecek kadar yüksektir. Biyodizel üretimi için üretilen yağ bitkilerinin dışında sadece Türkiye'de atık yağ miktarı yılda 300.000 ton 'dur. Bu miktarda atık yağın çevreye zararlı değil yararlı olabilmesinin yolu biyo-dizeldir. Atık yağın tamamının biyodizel üretiminde kullanılmasının ekonomiye katkısı ise yılda 300 milyon euro gibi çok ciddi bir rakamdır. Gelişen teknoloji ile biyo-dizel üretimin kolaylaşacağı, çevresel ve ekonomik etkilerinden dolayı motorinin yerini alacağı açıktır.

Anahtar Kelimeler: *Biyodizel, alternatif enerji, atık yağ, hava kirliliği*

TOZ MODELLEMESİ YAPILMASI VE PM_{10}, ÇÖKEN TOZ ÖLÇÜMÜNÜN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Gizem YILMAZ[1], Mehmet Emin GÜRÜLER[1], ŞÜKRÜ DURSUN[2]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2]*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Bölüm Başkanı, Konya*

ÖZET: Toz modellemesinin amacı: kirletici durumdaki tesislerin toz sınır değerlerine göre değerlendirilmesinde kullanılan PM10 ve çöken toz ölçümlerini yapabilmek için toz modellemesi yapılmaktadır. Sanayi kaynaklı hava kirliliği kontrolü yönetmeliğine (SKHKKY) göre EK-1 ve EK-2 kapsamında PM10 ve çöken toz ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan çöken toz ölçüm standardı; TS 2341, TS 2342, BS 1747 dir. Kullanılan PM10 ölçüm standardı ise; TS EN 12341, EPA 40 CFR PART 50 dir. Modelleme; çalışmaları ile faaliyetten kaynaklanan kirleticiler olan toz emisyonlarının çalışma alanı içerisinde, mevcut meteorolojik koşullar altında ne şekilde yayılacağı, bu yayılma sonucunda söz konusu kirleticilerin neden olacağı muhtemel yer seviyesi çökelmeleri incelenmiştir. Yayılım hesapları ISC3 (Industrial Source Complex) modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konya hazır beton tesisinde yapılan modelleme sonucuna göre pm10 ölçümünün yapılabileceği 10 nokta belirlenmiştir ve bu noktaların en yüksek değer olan 3 tanesinde ölçüm yapılması öngörüldü. Çöken toz için belirlenen 10 noktanın en yüksek değer olan 2 noktasında ölçümün yapılması öngörülmüştür. SKHKKY gereği emisyonların ölçümleri ve denetlenmesi zorunlu kılınan Konya İli, Selçuklu İlçesi, Horozluhan Mahallesi, Cihan Sokak, No:15 adresinde bulunan Konya Hazır Beton San. Ve Tic. A.Ş Konya Hazır Beton Şubesi'ne ait Hazır Beton Tesisi'nde emisyon ölçümleri yapılmıştır. Tesiste tozun en yoğun çıktığı düşünülen 3 noktada SKHKKY'de belirtilen esaslara göre PM10 ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen değerlerin Yönetmelik sınır değerinin altında kaldığı tespit edilmiş olup yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır. Ölçüm Sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. PM10 ölçümü sırasında tesis inceleme alanı içinde 3(üç) ölçüm noktasında hakim rüzgar yönü ve tesisin etkisinin olacağı yerleşim alanları dikkate alınmıştır. Tesiste çapı 5 milimetre ve daha büyük tane boyutlu maddelerin doldurma ve taşıma işlemleri açık alanlarda gerçekleştirilmektedir ve EK-2 de belirtilen esaslara göre işletme sahası içinde hâkim rüzgâr yönü de dikkate alınarak ölçülen çöken toz miktarı aylık ortalama değer olarak 450 mg/m2 -gün değerini aşmamıştır. Ölçüm sonuçları uygunluğu verilmiştir. Ölçümün yapılacağı tesisin ilk aşamada ISC3 (Industrial Source Complex) lisanslı programı ile modellemesi yapılmış olup bu modellemeye göre, EPA 40 cfrpart 50 ve TS 2341 standardına göre ölçümü gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak sanayi kaynaklı hava kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre sınır değerlere göre değerlendirilmiştir. Tesisin toz ölçüm sonuç değerlerinin sınır değeri aşmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *toz modellemesi, pm10 ölçümü, çöken toz ölçümü, standart, yönetmelik.*

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜNDE GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ

Alijan AKBARİ, G.Sarwar MOHAMMADİ, Azizullah YOUSUFİ, Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya
alijanakbari08@gmail.com , yusufiazizullah@gmail.com, swrmohammadi@gmail.com

ÖZET: Gürültü kirliliği, çözümüne hızlı ulaşılması gereken problemlerden biri olarak son yıllarda insan hayatına girmiştir. İnsanların sağlıklarını fizyolojik, fiziksel ve psikolojik açıdan etkileyen gürültü kirliliği aynı anda iş ve eğitim hayatlarındaki performanslarını azaltan bir çevre kirliliği türüdür. Son dönemlerde yapılan çalışmalara göre şehirlerde gürültü kirliliğinden etkilenen kişiler giderek çoğaldı ve bunun sonucu toplum sağlığı üzerinde büyük risklere sebe olmuştur. Gürültü kirliliğinin kaynaklarını; sanayileşme, plansız kentleşme, hızlı nüfus artışı, ekonomik yetersizlikler ve bilinçsizlik vb oluşmaktadır. Bu çalışmanın amacı; gürültü kaynaklarını ve bunlara neden olan faktörleri belirleyerek, gürültünün çevresel değerlendirilmesinde kullanılan gürültü haritalama yöntemlerinden tahmin yönteminin ölçme yöntemi ile karşılaştırılarak uygunluğunun araştırılmasıdır. Bu amacı ulaşmak için, S.Ü. Kampüsiçerisinde 40 farklı noktada Dijital Sonometre cihazıyla gürültü kirlilik değerleri ölçülmüştür. Dış alan ve iç alan şeklinde ölçüm yapılmıştır. Farklı zaman dilimlerinde ölçülen değereler hafta içi ve hafta sonu olarak iki farklı kategoride değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Gürültü düzeyi, sonometre cihazı, Selçuk Üniversitesi kampus*

KONYA KAPALI HAVZASI ÇEVRESEL AKIŞ HESAPLAMASI ve DEĞERLENDİRİLMESİ

Kübra SARIOĞLU, Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

ÖZET: Dünya genelinde havzalar içerisinde su kaynaklarının kontrolü önemli bir husustur. Çünkü su kaynaklarının kontrolü birden fazla değişkene bağlıdır. Bir nehir sisteminde su talebi, su kalitesi ve ekolojik bütünlük için su miktarı ve rejimi kritik bileşenlerdendir. Çevresel akış bir nehir sisteminde biyolojik aktivitenin sürdürülebilirliği için gerekli olan akış miktarı olarak tanımlanabilir. Çevresel akış değerlendirmesi hem su kaynakları üzerinde koruma ve kullanma dengesini sağlar hem de nehir doğal şartlarının bozulmasına neden olan doğal ve yapay etkileri azaltır. Türkiye 'de bu konu ile ilgili çok çalışmalar bulunmaktadır. Bu durumda çevresel akış değerlendirmesi çalışmaları Entegre Su kaynakları yönetiminin altlığını oluşturmaktadır. Çevresel akış değerlendirmesi çalışmaları bir akarsu üzerindeki baskı ve etkilerin minimize ederek koruma ve kullanma arasındaki dengeyi sağlayarak suyun etkin kullanımını amaçlamaktadır. Konya kapalı havzasına ait akım gözlem istasyonları üzerinde bulunan 16-015 nolu akım gözlem istasyonu (AGİ) için çeşitli hidrolojik akış hesaplama yöntemleri kullanılarak çevresel akış değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan yöntemler; Orijinal Tennant Yöntemi, Q_{95} yöntemi, 7Q yöntemi ve Q_b yöntemidir. Bu yöntemler ve 6 değişkenli veri tablo oluşturulmuş sonuç değerlendirmesi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Çevresel akış, hidrolojik yöntemler, akım gözlem istasyonu, kapalı havza.*

BİR METAL SANAYİİ ATIK SUYUNDAN KROM GİDERİMİ

Reyhan CAN, Yiğit YAŞAR, Yunus Emre KAYA, Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya,

ÖZET: Bu çalışmada bir metal sanayii atık su arıtım tesisinin mevcut durumu ele alınmış, optimum krom giderim koşulların belirlenmesi için 5 adet numuneye uygulanmıştır. Deneyselçalışmada SO_2, H_2SO_3, $Na_2S_2O_3$ veya $Na_2S_2O_5$, başlangıç pH değerini 2 civarına düşürmek için kullanılmıştır. . İndirgeme işleminden sonra pH değerini 9-10 aralığına getirmek için kireç veya NaOH kullanılmıştır. Çöktürücü türü ve başlangıç pH ’ının giderime etkisinin büyük olduğu gözlenmiştir. Toplam krom için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ’nde alıcı ortam standartlarını sağlayacak şekilde daha düşük çöktürücü dozunun belirlenmesine yönelik ilave çöktürme deneyleri yapılmıştır. Yapılan birçok deneyde deşarj standartları yaklaşılmıştır. Son olarak yapılan deneyde $Na_2S_2O_5$‘ten 5 ml uygulanarak gerekli verime ulaşılmış ve deşarj standartları sağlanmıştır.

***Anahtar Kelimeler*:** *Metal Sanayii, Atık Su Arıtımı, Kimyasal Çöktürme, Deney Tasarımı, Krom Giderimi.*

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANI İÇERİSİNDEKİ HAVADA PARTİKÜL MADDE KONSANTRASYONUNUN ÖLÇÜLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Onur TÜFEKÇİOĞLU, Rafet Emre YAYLACI, Emre ÜNSAL, Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya
onrtufekcioglu92@gmail.com, remre72@gmail.com, sdursun@selcuk.edu.tr

ÖZET: Çevre Mühendisliği Uygulamaları dersi kapsamında Selçuk Üniversitesi Kampüsü içerisindeki havada asılı partikül madde konsantrasyonunu belirlemek üzere, kampüs alanı içerisinde 40 farklı dış ölçüm noktası ve 9 farklı kapalı ortamda yapılan ölçümler için 0.1-10 mikrometre boyutundaki havada asılı partikül maddelerin konsantrasyonlarını belirleyebilen Termo Andesen *p*DR-1000AN *personal* Data Ram (Gerçek zamanlı Aerosol Ölçüm Cihazı) ile havada asılı olan partikül madde konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Her noktadan üç farklı değer ölçülmüştür ve bunların ortalaması alınıp grafiği oluşturulmuştur. Farklı zaman dilimlerinde ölçülen bu değerler hafta içi (sabah ve akşam) ve hafta sonu olarak üç farklı kategoride değerlendirilmiştir. Ölçümler sonucunda havada asılı partikül madde konsantrasyonlarının gün ve hafta içerisinde değişiklik gösterdiği gözlenmiştir. Ölçülen partikül madde konsantrasyonlarının taşıt yolları yakınları, bina yakınlarında fazla olduğu belirlenmiştir. Atmosferdeki partikül maddelerin kaynakları toprak, çöl, deniz, bataklık, volkan v.b. doğal kaynaklar ile fosil yakıt yakılması, endüstri v.b. insan kaynaklı olup bunların etki oranları bölgesel olarak değişebilir. Hızla artan sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak fosil yakıt tüketiminin artması dünyanın birçok bölgesinde atmosferdeki PM konsantrasyonlarının yükselmesi sonucunu getirmiştir. Genellikle şehir atmosferindeki PM konsantrasyonlarının büyük bir kısmından bu tür kaynaklar sorumludur

Anahtar Kelimler: *Partikülkül madde, Selçuk Üniversitesi Kampüs, gerçek zamanlı aerosol ölçüm cihazı*

RÜZGAR ve GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANILAN EV PROJESİ

Okan KIZILKAYA, Alican ÇOBANOĞLU, Eren YILDIRIM, Pof. Dr.Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Konya

ÖZET: Ülkemizde ve dünyada hızla artış gösteren enerji ihtiyacı karşısında, mevcut tükenebilir enerji kaynaklarındaki azalma ve bazı kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Dünyada elektrik üretimi sonucu oluşan çevresel problemler nedeniyle artan hassasiyet, bu sorunların en aza indirilmesi için uygulanan teknolojilerin getirdiği maliyetler ve kullanılan kaynakların yenilenemez oluşu, çevre dostu yerel kaynak, yakıt maliyeti olmayan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimini artırmıştır.
Bu çalışmada yenilenebilir enerjisi kaynaklarından olan rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi ele alınmış ve Konya şartlarında bir evin enerji ihtiyacı rüzgar ve güneş enerjisinden karşılanmıştır.
Bu proje bir evin elektrik şebekesine ihtiyaç duyulmadan evin bütün cihaz yükü ve ısınma yükünü karşılamak için yapılmıştır. Bu projenin sonucunda da görüldüğü gibi kurmayı düşündüğümüz rüzgar türbini HFT 2 kw 10 metre yükseklikte evin ihtiyacını karşıladı.
Rüzgar sisteminin maliyeti 18500 tl olarak hesaplanmıştır. Konya'da 1 kwh elektrik enerjisi fiyatı 0,30 kuruştur bu değerden hesaplandığında yıllık elektrik faturası 1200 tl civarındadır vergiler dahil. Bu evin enerjisini rüzgar enerjisi ile karşılarsak yatırımın geri dönme süresi 15 yıl gibi bir süre alacaktır. Bu süre uzun bir süredir bunun sebebi rüzgar hızının türbin yüksekliğinin ve rotor çağının küçük olmasından kaynaklanmaktadır. RES projelerinde 7 m/s ve üzeri rüzgar hızlarında yatırımın geri dönme zamanı 5-6 yıl almaktadır.
Günümüzde bankalar ve çeşitli kooperatifler bu tür projelere düşük faizde krediler vermekte ve devlet 500kw ya kadar olan projelerde lisansız üretime izin vermektedir ve ihtiyaç fazlası enerjiyi satın almaktadır. Yerli üretimin artması ile yatırım maliyelerinin azaltılması yolu ile bu tür projeler teşvik edilerek hem ülke hem de vatandaş karlı duruma geçecektir.

***Anahtar Kelimeler**: Rüzgar enerjisi, Güneş enerjisi, Yeşil ev*

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ POTANSİYELİ

Beyza ESER, Merve DOĞDU, Şükrü DURSUN
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya
mrvdgd42@gmail.com, sdursun@selcuk.edu.tr

ÖZET: Enerji iş yapabilme yeteneğidir. Skaler büyüklüktür. Yenilenebilir Enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. Bu enerji kaynakları güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisi, hidroelektrik enerjisi, hidrojen enerjisi ve deniz kökenli enerji olarak sıralanabilir. Yenilenebilir enerji kaynağı; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır. Örneğin, güneşten elde edilen enerji ile çalışan bir teknoloji bu enerjiyi tüketir, fakat tüketilen enerji toplam güneş enerjisinin yanında çok küçük kalır. En genel yenilenebilir enerji şekli güneşten gelendir. Bazı formlar güneş enerjisini ve rüzgâr gücünü depolar. Yenilenebilir enerjinin; tesisler, hayvanlar ve insanlar tarafından kalıcı olarak tüketilmesi mümkün değildir. Fosil yakıtlar, çok uzun bir zaman çizelgesi göz önüne alındığında teorik olarak yenilenebilir iken, yakın gelecekte tamamen tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Fosil yakıtların kullanımının artmasıyla oluşan çevre kirliliği ve rezervlerin yakın zaman da tükenme riski toplumları yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye coğrafi konumu nedeniyle yüksek enerji potansiyeline sahiptir. Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin güneşlenme kapasitesi yüksektir. Ülkemiz de 2015 yılında güneş kolektörleri ile 811.000 TEP ısı enerjisi üretilmiştir. Rüzgar enerjisi üretimi Marmara ve Ege bölgelerinde Türkiye potansiyelinin %73 'lük kısmını karşılamaktadır. Bu oran Marmara ve Ege bölgelerini rüzgar enerjisi üretiminde birinci sıraya çıkarmaktadır. Jeotermal enerji kaynaklarımız bulunduğumuz konum nedeniyle bizi dünyanın en yüksek enerji potansiyeline sahip beş ülke arasında yer almamızı sağlamaktadır. Ülkemizde en çok Potansiyel oluşturan bölge ise %79'luk oranla Batı Anadolu olmaktadır. Türkiye biokütle kaynaklarını genelde ısınma amaçlı kullanmaktadır. Türkiye'nin yıllık biokütle potansiyeli 117 milyar ton civarındadır. Ülkemiz hidroelektrik üretimi açısından zengin bir ülkedir. Elektrik enerjisi üretiminin %24.7'sini hidroelektrik santrallerinden karşılamaktadır. Ülkemiz de hidrojen enerjisi üretimi için çalışmalar yapılmak istense de yapılamamış ve kısa sürmüştür. Ama ülkemizin hidrojen enerjisi bakımından potansiyelinin olduğunu bu potansiyelin büyük kısmının Karadeniz bölgesinin karşıladığı bilinmektedir. Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olmasına rağmen deniz kökenli enerjiden faydalanılmamaktadır. Türkiye konumu nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir ülkedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi için yapılan çalışmalarla gelecek zamanda ülkemiz enerji üretiminin büyük kısmı temiz enerji kaynaklarıyla sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Enerji potansiyeli, elektrik enerjisi, yenilenebilir enerji, fosil yakıtlar*

KİMYASAL ÇÖKTÜRME VE OKSİDASYON İLE SIZINTI SUYU ARITIMI

Büşra ÇİL[1], Aziz KILIÇASLAN[2],Hakan Salih ÖZDEMİR[3], Havva ATEŞ[4], Mehmet Emin ARGUN[5]
[1,2,3,4,5]*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA*
[1]*busracil1993@hotmail.com*, [5]*argun@selcuk.edu.tr*

ÖZET: Katı atık depolama sahalarından biyolojik ve kimyasal olarak kirletici içeriği yüksek atıksuların oluştuğu bilinmektedir. Bu çalışmada sızıntı suyunun arıtımı için kimyasal ön arıtım ve ileri oksidasyon yöntemleri kullanılmıştır. Sızıntı suyunun kimyasal ön arıtımı pH 6 da 3,44 g L^{-1} $FeCl_3$ ile koagülasyon ve flokülasyon işlemi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ön arıtımın sonrasında KOİ giderim verimini arttırmak için ileri oksidasyon olarak Fenton prosesi kullanılmıştır. Bu proseste Fe^{+2}, H_2O_2 ve pH parametrelerinin optimum değerleri araştırılmıştır. Optimizasyon çalışmaları sonucunda pH, H_2O_2 ve Fe^{+2} dozu sırasıyla 2, 3, 5000 mg L^{-1} ve 250 mg L^{-1} olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında KOİ giderim verimi %88,6 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Kimyasal Ön Arıtım, İleri Oksidasyon, Sızıntı Suyu, KOİ giderimi.*

SIZINTI SUYUNUN POLİ ALÜMİNYUM KLORÜR HİDROKSİT SÜLFAT (PACS) İLE KİMYASAL ARITIMI

Fatıma BİLGİÇ[1], Emine SARIÇİĞDEM[2], Havva ATEŞ[3], Mehmet Emin ARGUN[4]
[1,2,3,4]*Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,*
[1]*fatimabilgic93@gmail.com*, [2]*eeemn92@gmail.com*

ÖZET: Sızıntı suları uygun bir şekilde arıtılmadıkça çevrede ciddi kirlilik oluşturmaktadır. Bu kirliliği önlemek için çeşitli arıtım metotları ortaya çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada sızıntı suyunun kimyasal çöktürme yöntemi kullanılarak arıtılması amaçlanmıştır. Kimyasal arıtımın diğer arıtım yöntemlerine göre avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmıştır. Sızıntı suyundaki kirliliği oluşturan bazı parametrelerin giderim verimleri incelenmiştir. Kullanılan sızıntı suyu Konya katı atık düzenli depolama sahasından temin edilmiştir. Yapılan deneyde başlangıç pH'ının ve koagülant madde dozunun, KOİ ve renk giderimi üzerindeki etkisine bakılmıştır. PACS ile kimyasal çöktürme metodu için optimum koşullar belirlenmiştir. Yapılan deney sonucunda, 3 g/L PACS dozunda ve pH 6'da, % 57 oranında KOİ giderim verimi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Kimyasal çöktürme, PACS, Sızıntı suyu, KOİ giderimi.*

ÖĞRENCİ YURDUNDA GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN EKONOMİK FİZİBİLİTESİ

Ghazi Muhammed ABDULEHAD
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
ghazi_ahadi66@yahoo.com

ÖZET: Günümüz teknolojisinde, enerji ihtiyacının giderek artması yüzünden güneş enerjisi uygulamalarına talep gün geçtikçe artmaktadır. Gelişmekte olan birçok ülkenin kırsal bölgelerinde kullanılan elektrik ihtiyacını karşılamak için PV güneş paneli sistemleri önemli bir rol oynamaktadır. Gerekli bilgileri ve temel ekipmanları temin edildikten sonra enerji kullanılacak evlere Güneş paneli sistemleri kurulur. Bu temel ekipmanlardan güneş panelleri, yüzeylerine gelen güneş ışınlarını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürürler. Konya ili, oldukça zengin güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, Konya ilinde bir öğrenci yurdunun aydınlatılması ve çeşitli elektrikli ev eşyalarının kullanımı için kurulabilecek bir PV sisteminin ürettiği elektriğe karşılık gerekli panel sayısı ve sistemin ekonomik analiz hesapları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Öğrenci Yurdu, Güneş Enerjisi, Elektrik Üretimi, Ekonomik analiz.*

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ VE KONYA MEDAŞ GES ÖRNEĞİNİN İNCELENMESİ

Hasan Ali ÇELİK[1], Erdal BÜKÜCÜ[2], Mehmet Emin ARGUN[3]
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,
[1]*hasan.celik24@ogrenci.selcuk.edu.tr*, [2]*erdal.bukucu@ogrenci.selcuk.edu.tr*, [3]*argun@selcuk.edu.tr*

ÖZET: Sürekli artan Dünya nüfusu ve bu artan nüfusun sınırsız ihtiyaçları; teknolojinin sürekli gelişimini, buna bağlı olarak da yeni ve değişik enerji kaynaklarının bulunması ihtiyacını zorunlu kılmaktadır. Bu enerji türlerinden bir kısmı yenilenebilir enerjiler olarak tanımlanırken bir kısmı da yenilenemez enerjiler olarak tanımlanırlar.
Yenilenemez enerji kaynaklarının gelecekte tükeneceği ve insanların ihtiyaçlarını artık karşılayamayacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise, oldukça uzun bir gelecekte dahi tükenmeden kalabilecek ve insanların ihtiyaçlarını sürekli karşılayabilecektir. Fosil yakıtlar, petrol, doğalgaz gibi yenilenemez enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararlar bilinmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise çevre dostu enerji kaynaklarıdır ve önemleri gün geçtikçe artmaktadır.
Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan, Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesi hakkında genel olarak bilgilerin verildiği bu çalışmada; konu ile ilgili örnek bir proje olarak, MEDAŞ Güneş Enerjisi Santralinin (GES) incelenmesi, tanıtılması, yatırım ve işletme maliyetlerinin araştırılması, yatırım maliyetlerinin amortisman süresinin hesaplanması ve konunun çevresel değerler açısından irdelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan incelemede tesisin kurulum maliyetinin 300 000 Euro olarak gerçekleştiği, tesisin yıllık ortalama elektrik enerjisi üretiminin 310 000 kW.h olduğu ve tesisin yatırım giderlerinin 10 yıllık bir süre zarfında tesis gelirleriyle amorti edilebileceği hesaplanmıştır.

***Anahtar Kelimeler*:** *Yenilenebilir enerji, Güneş enerjisi, Ekonomik analiz, Çevre*

1. GİRİŞ

Geleneksel kaynaklar (yenilenemez enerji kaynakları); fosil yakıtları (petrol, maden kömürü, doğal gaz) ve nükleer enerjiden oluşur. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biokütle, gel-git enerjisi, dalga enerjisi vb. gibi kaynaklar ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bunlar arasında en fazla potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji, güneş enerjisidir. Güneşten yeryüzüne gelen enerjinin yaklaşık 23000 TW.yıl olduğu tahmin edilmektedir. Dünya nüfusunun, yıllık ortalama enerji tüketiminin 19 TW.yıl olarak saptandığı düşünülürse, Güneş enerjisinin Dünya nüfusu için ne kadar büyük bir enerji kaynağı olduğu daha iyi anlaşılabilir (Perez ve Perez, 2009; İbrahim, 2011).

Solar enerjiden, elektrik üretimi için günümüzde başlıca iki yöntem kullanılmaktadır. Birinci yöntemde, Güneş enerjisi yoğunlaştırıcı sistemlerce odaklanarak kızgın buhar elde edilir. Bu buhar kullanılarak da geleneksel şekilde elektrik enerjisi üretilir. Bu yöntem dolaylı bir üretim yöntemidir. İkinci yöntemde ise, solar radyasyon, fotovoltaik paneller yardımı ile doğrudan elektrik enerjisine çevrilir. Büyük miktarlarda elektrik üretimi için bu yöntem kullanılır (Öztürk ve Kaya, 2013). Bu çalışmada, ikinci yöntem üzerinde durulmuştur.

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre birçok avantajları vardır. En büyük avantajı, bol ve maliyetsiz bir enerji kaynağı olmasıdır. Çevre dostu temiz bir enerji kaynağıdır ve hayat

döngüsü boyunca duman, atık gaz, karbondipksit, kükürtdioksit, radyasyon gibi çevresel etkileri en az düzeydedir. Enerjiye ihtiyaç olan her yerde kullanılabileceğinden bireysel kullanımlara uygundur. Dışa bağımlı hammadde kullanımı gerektirmediğinden, ülkeler arasında doğabilecek ekonomik bunalımlardan etkilenmez. Birçok uygulaması için, karmaşık teknolojiler gerektirmez, yerli teknolojilerle uygulanabilir. İşletme masrafları azdır (Kılıç ve Öztürk, 1983).

Güneş enerjisi, tükenmeyen bir enerji kaynağı olduğundan aynı zamanda sürdürülebilir özellik taşımaktadır. Türkiye'de iklim şartlarının oldukça uygun olması ve güneş enerjisi santrallerine devlet desteği sağlanıyor olması, güneş enerjisi yatırımlarına olan ilgiyi gün geçtikçe arttırmaktadır (URL-2).

Güneş enerjisi bu denli avantajlı olmasına rağmen yine de çok yaygın kullanılamamaktadır. Bunun en büyük nedeni, yüksek maliyetler ve yeterli enerjinin üretilebilmesi için çok büyük ve açık alanlara ihtiyaç duyulmasıdır. Her uygulama için bu kadar büyük ve açık alanlar temin edilemeyebilir. Bir diğer nedeni ise Güneş ışığının gün boyunca sürekli aynı miktar ve şiddette olmamasıdır. Kış aylarında, kapalı havalarda Güneş ışını yeterli değildir ve geceleri ise hiç yoktur. Dolayısıyla enerji üretiminin zamansal olarak sürekliliği yoktur. Bu ise depolama ihtiyacını doğurur ve depolama işlemi ise oldukça maliyetlidir (Kılıç ve Öztürk, 1983).

1.1. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz, güneş enerjisi bakımından orta zenginlikte bir ülkedir. Bir bölümü güneş kuşağı adı verilen bölgede bulunmaktadır. Yıllık güneşlenme süresi 2640 saat civarındadır. Bölgelerimize göre güneş enerjisi potansiyelinin dağılımı incelendiğinde, yıllık ortalama güneş ışınım yoğunluğunun, Güney Doğu Anadolu Bölgesinde 1491,2 kW.h/m^2, Akdeniz Bölgesinde 1452,7 kW.h/m^2, İç Anadolu Bölgesinde 1432,6 kW.h/m^2, Ege Bölgesinde 1406,6 kW.h/m^2, Doğu Anadolu Bölgesinde 1398,4 kW.h/m^2, Marmara Bölgesinde 1144,2 kW.h/m^2, Karadeniz Bölgesinde 1086,3 kW.h/m^2 olduğu gözlenir (Öztürk, 2008). Türkiye'nin aylara göre global radyasyon değerlerini ve güneşlenme sürelerini gösteren veriler Şekil 1'de verilmiştir (URL-1).

(a) (b)

Şekil 1: (a) Türkiye İçin Aylara Göre Global Radyasyon Değerleri (KW.h/m^2.gün) ve (b) Türkiye İçin Aylara Göre Ortalama Günlük Güneşlenme Süreleri (Saat)

1.2. Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üreten Sistemlerin Çalışma İlkesi

Güneş hücreleri, üzerlerine güneş ışınımı geldiğinde, bu ışınım enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren düzeneklerdir. Bu enerji çevriminde herhangi bir hareketli parça yoktur. PV hücreler yarı iletken özellik gösteren malzemelerden oluşurlar. Bunun için en uygun yarı iletkenler; silisyum, galyum, arsenit, kadmiyum ve tellürdür. Güç üretimi amacıyla kullanılan güneş hücreleri, fotovoltaik ilkeye göre çalışırlar. Bu hücreler üzerlerine ışınım geldiğinde, ışınımdaki fotonlar yarı iletken malzemenin yüzeyine çarparak atomlardaki elektronların serbest kalmalarını sağlarlar. Bu şekilde elektriksel gerilim oluşur (Öztürk ve Kaya, 2013).

PV panellerin üretmiş olduğu elektrik enerjisi doğru akım elektrik enerjisidir. Üretilen bu doğru akım enerjisi, şebeke sisteminde kullanılabilecek hale getirilmek üzere inverterler yardımıyla alternatif akım enerjisine çevrilir. (URL-2).

1.3. Güneş Enerjisi Santralinin Ana Bileşenleri

Fotovoltaik (PV) Panel: Yarı iletken PV hücreleri yardımıyla panel üzerine gelen güneş ışınlarından doğru akım elektrik enerjisi üretimini sağlarlar.

Inverter: PV panellerin ürettiği doğru akım elektrik enerjisini, şebekeye verilmek üzere alternatif akım elektrik enerjisine çevirirler.

Panel Taşıyıcı Sistemi: PV panellerin monte edildiği taşıyıcı sistemlerden ve montaj aparatlarından oluşur. Genellikle alüminyum malzemeden yapılırlar

BOS (**Balance of System**): Güneş enerjisi santrallerinin, panel, inverter ve taşıyıcı sistem dışındaki, AG-OG kablo, konnektör, paralelleme panosu, şalter, trafo sistemi, tel çit, aydınlatma sistemi, güvenlik kamera sistemi gibi tamamlayıcı unsurlardan oluşurlar (URL-2).

1.4. Türkiye'de Faaliyet Gösteren Mevcut Güneş Enerjisi Santralleri

Türkiye'de mevcut 1078 adet Güneş Enerji Santralinin toplam üretim gücü 860,63 MW' tır.

Türkiye'de faaliyet gösteren üretim kapasitesi bakımından ilk on sırada yer alan Güneş enerji santralleri Tablo 1'de listelenmiştir (URL-3). Bu çalışmada araştırması yapılmış olan Konya MEDAŞ GES, Türkiye'nin ilk GES'i olma niteliğinde ve üretim kapasitesi bakımından 0.20 MW gücü ile 409. sırada yer almaktadır.

Tablo 1: Türkiye'de Faaliyette Olan Kapasite Sırasına Göre ilk 10 GES Listesi

S.	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1)	Konya Karatay Kızören GES	Konya	Tekno Enerji	18 MW
2)	Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali	Nevşehir		17 MW
3)	Makascı Mühendislik GES	Konya	Makascı Mühendislik	10 MW
4)	Astor Enerji Bozova GES	Şanlıurfa	Astor Enerji	8,97 MW
5)	Kayseri Çiftlik Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	Bayraktar İnşaat	8,40 MW
6)	Afyon Dinar Güneş Enerji Santrali	Afyonkarahisar		8,00 MW
7)	Entar Enerji Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	Entar Enerji	8,00 MW
8)	Solentegre GES	Elazığ	Akfen Enerji	8,00 MW
9)	Yarışlı Güneş Enerji Santrali	Burdur	Zen Enerji	8,00 MW
10)	Sunergie Güneş Enerji Santrali	Konya		7,98 MW

1.5. Güneş Enerjisi Santrallerinin Kurulum Süreci

Türkiye'de GES kurulumu için yasal mevzuat şu şekilde işlemektedir: 1 MW kapasitenin altındaki GES üretimleri lisanssız üretimler, 1 MW kapasitenin üstündeki GES üretimleri ise lisanslı üretimler kapsamına girerler. Doğrudan satış amacıyla kurulacak olan GES tesisleri ise 1 MW üretim kapasitenin altında olsalar dahi lisanslı üretimler kapsamına girerler. Lisanslı üretimler için başvurular, EPDK'ya, lisansız üretimler için başvurular ise bölge elektrik dağıtım şirketine yapılır. Eğer kurulacak olan GES, lisanssız üretim kapsamında ise, GES' in bir tüketim tesisi (sanayi kuruluşu vs.) ihtiyacı için kurulacağı teminatı, başvuran

kişi tarafından ilgili kuruma verilmek zorundadır. GES' in üretim kapasitesine, TEİAŞ'ın vereceği rapor doğrultusunda, bölge elektrik dağıtım şirketi karar verir. İlk başvuru işleminden sonra evrak kontrolü süreci başlar. Bu kontrol bitince tahkiki hesaplamalar yapılarak ilgili evraklar TEDAŞ'a gönderilir. 5-6 aylık bir süre zarfında çağrı mektubunun gelmesi ile başvuru süreci son bulur. Daha sonrasında projenin onaylanması 1 yıl, tesisin kurulması ise 2 yıl gibi süreler almaktadır.

1.6. GES Örnek Projesi Olarak Konya MEDAŞ GES' in İncelenmesi

Konya MEDAŞ GES, Konya ili Selçuk ilçesinde, Yeni İstanbul Caddesi MEDAŞ tesis alanı içerisinde 2013 yılında kurulmuş olan Türkiye'nin ilk elektrik üretimi amaçlı Güneş enerjisi santralidir. Santral, Türkiye'de daha sonra kurulacak olan güneş enerjisi santralleri için örnek proje mahiyetinde MEDAŞ tarafından, IBS solar firmasına yaptırılmıştır.

Santralin kapladığı toplam tel örgü ile çevrili alan 3200 metrekaredir. Bu alanın 1600 metrekarelik kısmını PV paneller kaplamaktadır. Santralin yapımında her biri 235 Watt gücünde 868 adet PV panel ve her biri 17 kW gücünde 12 adet inverter kullanılmıştır.

Santral için tüketim tesisi olarak, MEDAŞ kurumunun kalorifer dairesi gösterilmiştir. Bu tesisin ihtiyacından fazla olarak üretilen elektrik, şebeke elektriğine bağlanmaktadır.

Tesis için, yüklenici firma tarafından 25 yıl süreyle % 80 in üzerinde bir verimle çalışacağı garantisi verilmiştir. Bu verimin ilk kurulum yıllarında % 100, daha sonraki yıllarda kademeli olarak %80 veya biraz üzeri değerlere ineceği öngörülmüştür. Bu kapsamda, tesisin, ortalama 10 yıl gibi bir süre zarfında kendi yatırım maliyetlerini amorti edebileceği hesaplanmıştır.

1.6.1. Konya MEDAŞ GES' in Yatırım Maliyetlerinin İncelenmesi

Konya MEDAŞ GES' in yatırım maliyetleri aşağıdaki şekilde gerçekleşmiştir:

1-) 235 Watt gücünde 868 adet panel maliyeti = **160000 Euro**

2-) SMA tripower ve17 kW gücünde 12 adet inverter maliyeti = **36000 Euro**

3-) Altyapı aksamı /alkor alüminyum maliyeti = **17000 Euro**

4-) Panolar/AC toplama maliyeti = **7200 Euro**

5-) AC –DC kablolama maliyeti = **12000 Euro**

6-) İdari masraflar = **12500 Euro**

7-) Kurulum elektrik-mekanik maliyet = **18000 Euro**

8-) Betonlama altyapı aksamı maliyeti = **13500 Euro**

9-) Paratoner ve potansiyel topraklama maliyeti = **2800 Euro**

10-) Ekip harcamaları, lojistik ve diğer harcamalar = **4500 Euro**

11-) Detaylı iletişim kabini hazırlaması maliyeti = **4200 Euro**

12-) Kablo tavası, manhol, etiketleme, spiraller ve ana dağıtım panosu maliyeti = **5300 Euro**

13-) TEDAŞ elektrik statik onayları masrafları = **3000 Euro**

14-) Aydınlatma sistemi ve güvenlik kamerası sistemi maliyeti = **2500 Euro**

15-) Tel çit maliyeti = **1500 Euro**

Toplam Maliyet = 300 000 Euro

Birim Maliyet = Toplam Maliyet/Üretim Kapasitesi= 300000 Euro/200000 W =1,5 Euro/W

1.6.2. Konya MEDAŞ GES' in İşletme Maliyetlerinin incelenmesi

Konya MEDAŞ GES'te paneller için güneş takip sistemi olmadığından, işletme maliyetleri minimum düzeydedir. Santraldeki ekipmanların çalışması için kayda değer olmayacak miktarda bir enerji gereklidir. Bunun haricinde panellerin 3 ayda bir temizlenmesi için temizlik giderleri, dış etkiler nedeniyle hasar gören parçaların değişim giderleri belli başlı işletme giderleridir. Tesisten sorumlu bir adet mühendis ve bir adet güvenlik görevlisi aynı zamanda MEDAŞ çalışanı olduğundan personel giderleri de bulunmamaktadır.

2. ARAŞTIRMA BULGULARI

MEDAŞ GES'e ait Eylül 2013 ile Şubat 2017 tarihleri arasındaki süreyi kapsayan dönemde, üretilen ihtiyaç fazlası elektrik miktarları ve bu elektrikten sağlanan kazanç miktarları Tablo 2-3 ve Şekil 2-3'de verilmiştir.

Tablo 2: 2013-2017 Yılları arası MEDAŞ GES'ten mahsup edilen elektrik üretimi ve bu üretimlerden elde edilen kazanç miktarları

YILLAR	AYLAR	İhtiyaç Fazlası Üretim (kW.h)	Birim Fiyatı ($)	Kazanç (TL)	YILLAR	AYLAR	İhtiyaç Fazlası Üretim (kW.h)	Birim Fiyatı ($)	Kazanç (TL)
2013	Eylül 13	20758,00	0,133	**5540,64**	2016	Ocak 16	14410,00	0,133	**5741,07**
	Ekim 13	29187,00	0,133	**7704,37**		Şubat 16	21723,00	0,133	**8490,87**
	Kasım 13	17691,00	0,133	**4761,35**		Mart 16	27315,00	0,133	**10472,81**
	Aralık 13	10738,00	0,133	**2944,03**		Nisan 16	32251,00	0,133	**12154,12**
2014	Ocak 14	11092,00	0,133	**3295,31**		Mayıs 16	30553,00	0,133	**11927,76**
	Şubat 14	20024,00	0,133	**5895,55**		Haziran 16	34088,00	0,133	**13231,39**
	Mart 14	25763,00	0,133	**7583,64**		Temmuz 16	38191,00	0,133	**14975,12**
	Nisan 14	31327,00	0,133	**8864,87**		Ağustos 16	35605,00	0,133	**14021,28**
	Mayıs 14	31836,00	0,133	**8858,34**		Eylül 16	32609,00	0,133	**12829,82**
	Haziran 14	33379,00	0,133	**9405,77**		Ekim 16	27145,00	0,133	**11056,43**
	Temmuz 14	37104,00	0,133	**10444,63**		Kasım 16	19005,00	0,133	**8242,26**
	Ağustos 14	36940,00	0,133	**10613,61**		Aralık 16	11333,00	0,133	**5245,34**
	Eylül 14	30205,00	0,133	**8867,41**	2017	Ocak 17	12418,00	0,133	**6283,29**
	Ekim 14	24778,00	0,133	**7446,10**		Şubat 17	20096,00	0,133	**9799,64**
	Kasım 14	14805,00	0,133	**4405,39**					
	Aralık 14	12013,00	0,133	**3665,38**					
2015	Ocak 15	11744,00	0,133	**3659,63**					
	Şubat 15	15950,00	0,133	**5205,96**		**TOPLAM**	**1045761,00**		**364789,60**
	Mart 15	20248,00	0,133	**6982,21**					
	Nisan 15	30297,00	0,133	**10702,06**					
	Mayıs 15	25262,00	0,133	**8826,05**					
	Haziran 15	31011,00	0,133	**11135,33**					
	Temmuz 15	38808,00	0,133	**13882,41**					
	Ağustos 15	36577,00	0,133	**13871,62**					
	Eylül 15	32417,00	0,133	**12956,77**					
	Ekim 15	23888,00	0,133	**9302,31**					
	Kasım 15	21450,00	0,133	**8183,69**					
	Aralık 15	13727,00	0,133	**5313,98**					

Şekil 2: Eylül 2013-Şubat 2017 tarihleri arasında MEDAŞ GES'te aylara göre mahsup edilen elektrik üretimi

2.1. Amortisman Süresinin Hesaplanması

Yıllık ortalama temizlik giderleri 2000 TL olarak hesaplanmıştır…….(1)

Yıllık ortalama bakım ve onarım giderleri 3000 TL olarak hesaplanmıştır…….(2)

Toplam ortalama yıllık işletme giderleri = (1) + (2) = 5000 TL = **1280 Euro.**

2017 yılı ve sonraki yıllar için ortalama yıllık kazanç, santralin tüm yıl boyunca faaliyet göstermiş olduğu 2014, 2015 ve 2016 yıllarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Buna göre; 2017 yılı ve sonrası ortalama yıllık kazanç = (30703,09 Euro + 36431,13 Euro + 38439,60 Euro) / 3 yıl = **35191,27 Euro** olarak bulunmuştur. Tablo 3'deki bilgiler kullanılarak Şekil 3'deki amortisman süresi grafiği oluşturulmuştur.

Tablo 3: MEDAŞ GES için amortisman süresi hesap tablosu

Yıllar	İlk Yatırım Maliyeti (Euro)	Yıl İçi İşletme Giderleri (Euro)	Eklenik İşletme Giderleri (Euro)	Yatırım ve İşletme Maliyeti (Euro)	Yıl İçi Toplam Kazanç (TL)	Yıl İçi Ortalama Kur (TL/Euro)	Yıl İçi Toplam Kazanç (Euro)	Eklenik Toplam Kazanç (Euro)
2013	300000,00	320,00	320,00	300320,00	20950,39	2,75	7618,32	7618,32
2014	300000,00	1280,00	1600,00	301600,00	89346,00	2,91	30703,09	38321,41
2015	300000,00	1280,00	2880,00	302880,00	110022,02	3,02	36431,13	74752,55
2016	300000,00	1280,00	4160,00	304160,00	128388,27	3,34	38439,60	113192,15
2017	300000,00	1280,00	5440,00	305440,00			35191,27	148383,42
2018	300000,00	1280,00	6720,00	306720,00			35191,27	183574,69
2019	300000,00	1280,00	8000,00	308000,00			35191,27	218765,96
2020	300000,00	1280,00	9280,00	309280,00			35191,27	253957,23
2021	300000,00	1280,00	10560,00	310560,00			35191,27	289148,50
2022	300000,00	1280,00	11840,00	311840,00			35191,27	324339,77
2023	300000,00	1280,00	13120,00	313120,00			35191,27	359531,04
2024	300000,00	1280,00	14400,00	314400,00			35191,27	394722,31
2025	300000,00	1280,00	15680,00	315680,00			35191,27	429913,58

Şekil 3: MEDAŞ GES'in yatırım maliyetlerinin amortisman süresi

Şekil 3'e bakılarak MEDAŞ GES'in yatırım maliyetlerinin 2022 yılı sonlarına doğru amorti edilebileceği görülmektedir. Bu durumda amortisman süresi yaklaşık olarak 10 yıldır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bulunduğumuz yüzyılın ortalarında Dünyamızdaki CO_2'i dengede tutabilmek için yaklaşık 20 TW CO_2 dışı enerjiye ihtiyaç vardır. Bu da yenilenebilir enerji kaynakları ile mümkün olacaktır (Öztürk ve Kaya, 2013).

Fosil yakıtlar kullanılarak yapılan enerji üretimlerinde çevreye zararlı, birçok emisyon ve atık gaz açığa çıkmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde bazı fosil yakıtların, her bir kW.h elektrik üretimi için gram cinsinden emisyon miktarları Tablo 4' de verilmiştir (Gordon, 2001).

Tablo 4: Bazı Fosil Yakıt Örneklerinin Elektrik Üretimindeki Tipik Emisyon Miktarları

	KÖMÜR	**PETROL**	**GAZ**
	(Toz haline Getirilmiş Kömür Kazanı + Buhar Türbini)	(Gaz Türbini Kombine Çevrimi)	(Gaz Türbini Kombine Çevrimi)
KİRLETİCİ	**EMİSYON(g/kW.h)**	**EMİSYON(g/kW.h)**	**EMİSYON(g/kW.h)**
CO_2	880	620	400
CH_4	3	0,04	1,5
Sera Gazları	940	621	430
Toplam CO_2 eşdeğeri partiküller	0,2	0,02	İhmal edilebilir
SO_2	1,0	1,0	İhmal edilebilir
NO_x (NO_2 eşdeğeri)	2,0	1,0	0,7
Arsenik	0,00002	-	-
Kadmiyum	0,000001	-	-

Tablo 2'deki veriler göz önüne alındığında bu çalışmada örnek proje olarak incelenen MEDAŞ GES'in ortalama yıllık elektrik üretiminin 310.000 kW.h olduğu görülmektedir. Türkiye'de dört kişilik bir ailenin yıllık elektrik tüketimi 3036 kW.h'tir. Dört kişilik bir aileyi bir konut olarak kabul edersek, MEDAŞ GES ürettiği elektrik ile, yaklaşık 100 adet konutun elektrik ihtiyacı karşılanabilmektedir.

Tablo 4'deki veriler göz önüne alındığında; 310 000 kW.h'lik bir elektrik üretimi yapabilmek için, kaynak olarak kömür kullanılması durumunda, 291400 kg sera gazı, 272800 kg CO_2, 930 kg CH_4, 620 kg NO_x, 310 kg SO_2, 62 kg CO_2 eşdeğeri partikül madde, 6,2 g Arsenik, 0,31 g Kadmiyum emisyonu gerçekleşmektedir. Fakat MEDAŞ GES bu emisyonları yapmadan bu miktarda bir elektriği üretebilmektedir.

Doğada 1 adet ağaç yıllık yaklaşık 11 kg CO_2'i tutarak, yeryüzünde CO_2'in dengede kalmasına katkıda bulunmaktadır. Bu da bize, MEDAŞ GES' in, CO_2 emisyonunu engellemek suretiyle, doğadaki CO_2 dengesinin sağlanmasına, 24800 adet ağacın yaptığına eşdeğer oranda, katkıda bulunduğunu göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğumuz bu çalışmada bizden yardımlarını esirgemeyen, MEDAŞ Tüketici Hizmetleri Şubesi müdürü Muammer Öztürk'e, MEDAŞ Yenilenebilir Enerji Şubesi başmühendisi Aziz Önerli'ye, IBS Solar firması proje geliştirme uzmanı Kaan Dede'ye sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Galloway, T. 2011.Güneş Evi: Tasarımcılar için. Nilgün ÇERVATOĞLU. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası EMO Yayın No: EG/2011/1, Ankara

Gerwin, R. 1983. Güneş Enerjisi Santralleri. Altay Onur. Bilim ve Teknik Cilt 16, Sayı 184, Sayfa 9-11

Gordon, J. 2001. Solar Energy-The State Of The Art. James & James (Science Publishers) Ltd. London

İbrahim, D. 2011.Güneş Enerjisi Uygulamaları.

Kılıç, A. ve Öztürk, A. 1983. Güneş Enerjisi, Kipoş Dağıtımcılık, İstanbul

Öztürk, H. 2008.Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, Adana

Öztürk, H ve Kaya, D. 2013.Fotovoltaik Teknoloji, Umuttepe Yayınları, Kocaeli

Perez, R., ve Perez, M. 2009. A Fundamental Look At Energy Reserves For The Planet, The International Energy Agency SHC Programme Solar Update, 50, 2-3.

Tırıs, M.1992.Türkiye'de Enerji Kökenli Karbondioksit ve Kükürtdioksit Emisyonları, Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi Cilt 1, Sayı 4 Sayfa 73-76

URL-1 < http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, 16.03.2017

URL-2 < https://www.teknoraysolar.com.tr/gunes-enerjisi-santrali-nedir/#sthash.INMIYQzm.dpuf>, 16.03.2017

URL-3 < http://www.enerjiatlasi.com/gunes/>, 16.03.2017

URL-4 < http://www.meramedas.com.tr>, 16.03.2017

URL-5 < http://www.enerjibes.com/medas-elektrik-gunes-enerjisi-santrali/#1235687421>,16.03.2017

URL-6< http://www. solarbaba.com/mevzuat>,16.03.2017

PEDALLI ÇALIŞMA MASASI İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ

Hatice İrem TUNÇAY[1], Bahadır ÖZELER[1], Ahmet Arda KILIÇ[1], Mehmet Emin ARGUN[1]
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
haticeiremtuncay@gmail.com, bahadirozeler@gmail.com, klcarda@gmail.com, argun@selcuk.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada, ev ve ofis gibi yaşam alanları için insan tarafından oluşturulan mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesini sağlayarak, elde edilen enerjinin çalışma masasının aydınlatılması ve telefon şarjı amacı ile kullanılabilmesi amaçlanmıştır. Sistem enerji üretilirken doğrudan, hareketin olmadığı zamanlarda ise aküden elektrik sağlamaktadır. Yapılan deneysel çalışmalarda 130, 900 ve 1350 devir/dakika oranlarında 0,85, 13 ve 17 V gerilim değerlerine ulaşılmıştır. Üretilen akım değeri de dikkate alındığında pedallı çalışma masasının cep telefonunu ortalama 3,5 saatte tam olarak şarj edebileceği hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Enerji, Elektrik Üretimi, Pedallı Çalışma Masası.*

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN EKONOMİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet ÜNAL[1], Mehmet Emin ARGUN[1]
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,
mehmet.unal@desensanat.com, argun@selcuk.edu.tr

ÖZET: Enerji, insanlığın temel ihtiyaçlarından birisidir. Enerji ihtiyacımızı karşılamak için kullandığımız fosil yakıtlar her gün biraz daha tükenmekte, bu yakıtların yoğun olarak kullanılması sonucu çok sayıda çevresel problemler ile karşılaşmaktayız. Ozon tabakasının delinmesi, asit yağmurları, küresel ısınma bunlardan sadece birkaçıdır. Bu noktada, yenilenebilir enerji kaynakları; aynı zamanda doğal zenginliklerimiz olması sebebiyle de büyük önem kazanmaktadır. Güneş, rüzgar, biyokütle, hidrojen, hidrolik, jeotermal ve dalga enerjileri yenilenebilir enerji kaynakları arasında sayılabilir.

Güneş enerjisi, füzyon reaksiyonları sonucu ortaya çıkan çok büyük bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinden elektrik eldesi, genel itibariyle doğrudan ve dolaylı dönüşüm olarak gerçekleşir. Fotovoltaik uygulamalar, son yıllarda tercih edilen bir güneş enerjisi teknolojisidir. Fotovoltaik sistemler ile kurulan güneş enerji santrallerinin kurulumu ve işletilmesinde ekonomik analiz ve fizibilite çalışmaları büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada incelenen 2 MW kapasiteli bir GES santralinde 8000 fotovoltaik modül ve 68 invertör kullanılmış olup toplam PV alanı yaklaşık olarak 13000 m²'dir. Sistemin ekonomik analizi temel finansal teorilere dayanarak yapılmış olup, tesisin toplam yatırım giderlerinin 2.760.000$, elektrik üretiminin 3.303.952 kWh/yıl ve ilk yılda elde edilen toplam kazancın 439.425 $ olduğu görülmüştür. Projeksiyon süresi boyunca biriktirilmiş nakit akış hesaplanmış ve bu santralin amortisman süresinin 6,3 yıl olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Güneş enerjisi, Fotovoltaik Elektrik Üretimi, Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Analiz.*

SIZINTI SULARININ POLİALİMİNYUM KLORÜR HİDROKSİT SÜLFAT (PACs) VE FENTON SİSTEMİ İLE ARITIMI

Muhammed ERDEM[1], Halime ÇIRACI[1], Havva ATEŞ[1], Mehmet Emin ARGUN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
mhmmderdmx@gmail.com, ciracihalime@gmail.com

ÖZET: Katı atık depolama sahasında içsel sirkülasyon, yağış ve yüzey akış nedeniyle oluşan sızıntı suları çevreyi olumsuz yönde etkiler. Yer altı suyuna ve yüzey sulara karışma tehlikesi ise önemli bir problemdir. Düzenli depolama tesislerinde meydana gelen sızıntı suları içeriğinde yüksek oranlarda organik, inorganik ve kanserojen maddeler içerir. Arıtılması zor ve pahalıdır. Bu çalışmada ardışık olarak polialüminyum klorür hidroksit sülfat (PACs) kullanılarak kimyasal çöktürme ve Fenton oksidasyonu uygulanmıştır. Kimyasal çöktürme için optimum şartlarda KOİ giderim verimi %21 iken Fenton oksidasyonu ile % 72 verim elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Katı atık, Sızıntı suyu, PACs Çöktürmesi, Fenton, KOİ Giderimi*

TOPLU YERLEŞİM ALANLARINDA EVSEL NİTELİKLİ ATIKLARINDAN BİYOGAZ VE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ

Musa KEÇİLİ[1], Murat Sabit AKKOCA[1], Mehmet ÇINAR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, musa.kecili@ogrenci.selcuk.edu.tr, murat.akkoca@ogrenci.selcuk.edu.tr, mehmet.cinar11@ogrenci.selcuk.edu.tr*

ÖZET: Konya bölgesi için artan nüfusla beraber günlük 8300 ton'a ulaşan atık miktarı bertaraf sorunları, taşıma maliyetleri, depo sahası yetersizliği ve çevre sorunları gibi olumsuz neticeleri beraberinde getirmektedir. Organik atıklardan, anaerobik şartlar sağlanarak biyogaz elde edilmesi ve elektrik enerjisi üretimi, son yıllarda enerji maliyetlerinin artmasıyla beraber yenilenebilir enerji kaynaklarına alternatif olarak önem arz etmektedir. Söz konusu evsel atıklardan biyogaz elde edilmesi, Avrupa ülkelerinde uygulama alanlarının artmasıyla beraber, devlet eliyle de teşvik edilmektedir. Toplu yerleşim alanlarında biyogaz eldesi amacı ile evsel atıkların kaynağında ayrıştırılmasının enerji üretimine ek olarak taşıma ve depolama maliyetlerini düşürerek ekonomiye katkıda bulunacağı öngörülmektedir. Ayrıştırılan evsel nitelikli organik atıkların anaerobik proses aracılığıyla metan gazına dönüşeceği ve kojenerasyon ünitesinde yakılarak, elektrik ve ısı enerjisi üretimi sayesinde kısa sürede yatırım maliyetini karşılayabileceği hesaplanmıştır. Bu çalışmada 400 daireden oluşan bir toplu yerleşim alanından toplanan organik atıklar ile 85 kW kurulu güce sahip, yılda 756952 kWh enerji üretme kapasitesine sahip bir biyogaz tesisi kurulabilmektedir. Böyle bir tesisin yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme mekanizmasından yararlanması durumunda 6 yıl içinde karlı duruma geçebileceği hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Toplu Yerleşim, Evsel Atık, Biyogaz, Yenilenebilir Enerji*

1- GİRİŞ

Ülkemizde katı atık bertarafı için ilk sırayı düzenli depolama yöntemi almıştır. Bununla beraber alan sıkıntısı, çöp sızıntı suları, sera gazları, sızıntı sularının yer altı sularına karışma riskleri ve kötü koku gibi bir çok çevresel sorunu beraberinde getirmektedir. Düzenli depolama yöntemine alternatif olarak yakma yöntemi gibi yöntemler olmasına rağmen bu yöntemlerde kendi içerisinde çevreye olumsuz etkiler oluşturmaktadır(Hartmann vd., 2002).Evsel atıkların organik kısımlarının anaerobik arıtımından, 1950 yılından itibaren gelişen teknolojiyle beraber anaerobik reaktörler aracılığıyla biyogaz eldesi sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasına giren biyogaz enerjisi, Avrupa ülkelerinde çok yaygın hale gelmiştir (McCarthy 1982, Hughes vd., 1981). Evsel atıklar kaynağında ayrılarak, biyometanizasyon yöntemiyle biyogaz elde edilmesi sonucu hem ekonomik hem de çevresel sorunların azaltılması açısından önem taşımaktadır. Bu yöntem sayesinde geri kazanılabilir atıklar geri kazanılacak, kaliteli organik gübre elde edilecek ve oluşan biyogaz sayesinde elektrik enerjisi elde edilecektir. Bir çok Avrupa ülkesinde ise devlet kanalıyla teşvik ve destek verilmektedir (Yıldız vd., 2009).Ülkemizde ise TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 08.01.2011 tarih ve 27809 sayı ile yayımladığı, 6094 numaralı Kanun'un1 ve 2 sayılı cetvellerinde yapılan devlet teşvikleri,yatırımların ve teknolojideki gelişmelerin önünü açacaktır.

2. ANAEROBİK ARITIM YÖNTEMİ İLE BİYOGAZ ÜRETİMİ

Anaerobik arıtım yöntemleri için, bazı arıtma prosesleri kullanılması gerekmektedir. Bunun için; ön arıtma prosesleri; manyetik ayrım, döner tambur, parçalama, eleme, hamurlaştırma, çöktürmemetotları kullanılabilmektedir.Bunların yanında; biyogaz iyileştirme ve fermente ürün susuzlaştırması, mekanik ayrım gibi birden fazla ürününyeniden kazanılarak işlendiği proseslere ise, son arıtma prosesleri denir.Anaerobik arıtımı kısaca tanımlayacak olursak; inorganik ve organik maddelerin oksijensiz ortamda, mikro organizmalar yardımıyla parçalanması sonucu CO_2, CH_4, H_2S gibi ürünlere dönüşmesidir. Evsel katı atıkların, anaerobik olarak arıtıldığı tesislerde birden fazla proses vardır. Atıklardan elde edilen ürünlerin, miktar ve kalitesini atığın bileşimi ve yapısı belirlese de, anaerobik reaktörün tasarımı da ürünlerin miktar ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Yıldız vd., 2009).Anaerobik biyolojik bozunma üç aşamadan gerçekleşen, biyokimyasal bir işlemdir. Bu aşamalar ;

Hidroliz: Kompleks organik maddelerin bakteri grupları tarafından daha basit yapılı organik maddelere parçalanmaları sağlanır. Hidroliz hızını etkileyen faktörlerin başında pH, sıcaklık ve organik maddenin reaktörde kalma süresi gelmektedir (Yıldız, vd. 2009).

Asit Üretimi: İlk aşamada bakteri grupları tarafından çözünen, çözünmüş organik maddelerinin uçucu yağ asitilerine dönüştürülmesi aşamasıdır (Yıldız, vd. 2009).

Metan Üretimi: Hidroliz ve Asit üretimi aşamalarında oluşan ürünler metan oluşturan bakteriler tarafından metan gazına dönüştürülmektedir (Yıldız, vd. 2009).

Anaerobik çürütücü reaktörlerde; bekleme süresi, sıcaklık, pH gibi etkenlerin sonucu oluşan biyogaz, hacimsel olarak % 65–70 metan (CH_4), % 25–30 karbondioksit (CO_2) ve küçük miktarlarda N_2, H_2, H_2S, su buharı ve diğer gazlardan meydana geldiği bilimsel çalışmalar neticesinde bulunmuştur (Metcalf ve Eddy, 2003).

Üretilen biyogazın, kojenerasyon üniteleri ve içten yanmalı motorlar gibi sistemlerde hem elektrik enerjisi hem de ısı enerjisi olarak kullanımı mümkündür(Bolzonella vd., 2005). Evsel nitelikli atıkların doğrudan veya diğer atıklarla (mezbaha, hayvan çiftliği, organik endüstriyel atıklar gibi) birlikteanaerobik proseslerde arıtımı sonucu biyogaz veenerji üretimi,

düzenli depolama tesislerine gönderilenkatı atık miktarının azaltılarak geri kazanımı mümkün ürünlerinkaynağında kazanılması açısından taşıma ve depolamamaliyetlerini düşürmektedir. Bunun yanında, çevre sorunlarının azaltılması ile beraber, biyolojik olarak ayrışabilir atıkların da ekonomiye kazandırılması açısından oldukça önemli bir alternatif olarak görülmektedir (Yıldız vd., 2009).

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Biyogazdan üretilen elektriğin uygulanabilirliğinin belirlenmesi için, öncelikle evsel atıkların ihtiva ettiği katı madde muhtevası ve biyogaz verimlerinin bilinmesi gerekmektedir. Yapmış olduğumuz hesaplamalarda metan gazı hacmi için Tablo 1'den faydalanılmıştır. Tablo 1'de ham olarak elde edilen Evsel atıkların katı madde muhtevaları ve verim yüzdeleri verilmiştir (URL-1). Denklem 1'de evsel atıklar için biyogaz verim miktarı 0.65 Nm^3/(kg organik madde), biyogaz'ınmetan'a dönüşüm oranı ise 0.73 olarak kabul edilmiştir (FNR,2010).

Yaklaşık olarak 1600 kişinin ürettiği evsel atıklardan, günlük 518,4 kg atık (1600 kişi * 0,324 kg/gün) oluşmaktadır. Tablo 2'ye göre evsel nitelikli atıklardan elde edilecek biyogaz hacmi hesaplanarak, Denklem 2' de gösterildiği üzere, evsel atıklardan oluşan biyogaz hacmi 286,94 Nm^3/gün olarak hesaplanmıştır (URL-2).

Tablo 1: Evsel atıkların içerik değerleri

Ham Madde	Katı Madde (KM, %)	Organik kuru madde %	Biyogaz verimi Nm^3/kg	Metan CH_4 %
Evsel atıklar	**87.7**	**97.1**	**0,65**	**52.8**

Tablo 2: 10 Blok 400 daire' lik bir site örneği

Kişi sayısı	Günlük üretilen Atık miktarı (kg/kişi.gün)	Metan gazına dönüşebilir Organik Madde miktarı (%)
1600	1,08	30

V_{bio} $=m_{atık}*KM*OKM*K_{bio}$ (1)

Vbio. = Evsel atıklarından oluşan biyogaz hacmi (m3 /gün)

$m_{atık}$ = Bir günde toplanan evsel atık miktarı (kg/gün.kişi)

KM = Evsel atıkların katı madde miktarı (%)

OKM = Evsel atıkların katı madde miktarının organik içeriği (%KM)

K_{bio}. = Evsel atıkların biyogaza dönüşme oranı (Nm3 /kg OKM)

V_{bio} = 0,324 kg/gün.kişi*1600 kişi*0,877*0,971*0,65 = 286,94 Nm^3/gün

$$\frac{VCH4}{Vbio} = 0,73 \quad (2)$$

V_{CH4} =209,47 m^3/gün =8,73 m^3/ saat

V_{CH4} =Metan hacmi (m^3 /gün)

$V_{bio.}$= Biyogaz hacmi (m^3 /gün)

Metanın biyogaz'a dönüşüm oranından yola çıkılarak yapılan hesaplarla, evsel atıklardan elde edilen metan miktarı bulunur. Biyogaz hacmi:209,47 m^3/gün olarak bulunan tesisin, kurulu gücünün bulunabilmesi için 1Nm^3 metan'ın ısıl değeri dönüşümü yapılması gerekir. (URL-3).

Günlük Elde Edilen Enerji Miktarı

1Nm^3metan'ın ısıenerjisinin 9,9 kWh olduğu belirtilmektedir (FNR,2010). Tesisin kurulu gücü, Eşitlik 3'deki hesaplama yöntemine göre 86,41 kW olarak bulunmuştur (URL- 4). Bir kojenerasyon ünitesi, ısıl enerjinin yaklaşık olarak % 40'nı elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir. Kurulu gücü 86,41 kW olan tesiste kojenerasyon ünitesi çıkışında elektrik enerjisi için kullanılabilece 34,56 kW güç üretilebilecektir (URL- 5)

$$E=V_{CH4}*9,9 \quad (3)$$

E= Tesiste oluşacak enerji miktarı (kW)

V_{CH4} = Tesiste oluşacak metan hacmi (m^3/sa)

9,9 = 1Nm^3 metanın ısıl değeri (kWh)

Reaktör Seçimi İçin Hesaplamalar :

Reaktör seçimi için, kişi başı günlük üretilen çöp miktarı tayin edilerek, toplu yerleşim alanlarında elde edilecek çöp miktarı sistemin uygulanabirliği açısından önem taşımaktadır. TUİK verilerine göre kişi başı günlük çöp miktarı 1,08 kg iken, biyogaz üretilecek sistemlerde tamamı kullanılamayacaktır. Günlük üretilen çöpün yaklaşık olarak % 30'luk kısmı organik madde ihtiva etmektedir. Buna göre kişi başı üretilen organik çöp miktarı 0,324 kg'dır. Toplu yerleşim yeri olarak 1600 kişinin yaşadığı bir site örneği göz önüne alınmıştır. Organik maddelerden, anaerobik şartlar altında biyogaz üretimi gerçekleşmesi için yaklaşık olarak 20-28 gün geçmesi gerekir.

1600 kişi*0,324 kg/kişi.gün = Günde 518,4 kg evsel atık üretilmektedir.

% KM içeriği %87,7 olarak kabul edildiğinde (Tablo1);

Oluşacak KM miktarı: 518,4 kg/gün*0,877 4 kgKM/kg atık = 454,64 kg/gün olarak hesaplanmıştır.

Biyogaz reaktöründe su içeriği, %50-90 arasında olmalıdır. Reaktöre yapılacak besleme için %60 su ve %40 KM olacak şekilde tasarımı yapılacaktır (URL-6). Seyreltme işlemi ve reaktör hacmi Eşitlik 4 ve Eşitlik 5'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\%KM = mKM / (m_{atık}+m_{su}) \quad (4)$$

$0,4 = 454,64 / (518,4 + m_{su}) = m_{su} = 618,2$ kg / gün $=0,618$ m^3/gün su gerekir.

Atık bekleme süresi 20-28 gün aralığındadır ve 26 gün olarak seçilmiştir. Katı madde ve su karışımının yoğunluğu yaklaşık olarak 10^{-3} kg/m^3 kabulü ile reaktör hacmi elde edilebilir.

$$V_{reaktör} = (m_{atık}+m_{su})*t_d \quad (5)$$

$V_{reaktör} = (0,518+0,618)$ m^3/gün = 1,14 m^3/gün * 26 gün = **30 m^3**

Tesise eklenmesi gereken su miktarı **618,2 kg/gün**, Reaktör hacmi ise **30 m^3** olarak bulunmuştur. Suyun yoğunluğu **1000 kg/m^3** olarak kabul edilerek, tesise eklenmesi gereken su hacmi **62,00 m^3 /gün** olarak bulunmuştur (URL-6)

10 Bloklu 400 dairelik bir site örneği için, yıllıkelektrik kullanım miktarının hesaplanması gerekmektedir. 4 kişilik bir aile'nin aylık elektrik kullanımı (tv, beyaz eşya vb.), yaklaşık olarak 180 kW olarak kabul edilerek, bir site örneğinin elektrik tüketimi hesaplanmıştır.

400 daire * 180 kWh/ay * 12 ay/yıl = 864000 kWh/yıl (Tablo 5)

34,56 kW elektrik enerjisi üreten tesisin yıllık elektrik üretim hesabı yapılarak **302746kWh/yıl** olarak bulunmuştur.

34,56 kW*24 h*365 gün/yıl = 302746 kWh/yıl (Tablo 4) (6)

34,56 kW kurulu güce sahip tesis için 6446 numaralı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 14.maddesinin (b) bendi gereğince lisansız olarak faaliyet yürütülebilir.Ayrıca elektrik üretimi konusunda devlet desteği verilmektedir.

Tablo 2: Kurulması Planlanan Biyogaz Üretim Tesisi Yatırım Maliyetleri (URL-7)

Proje Tesisi Ana Maliyet Tablosu	Fiyat ($)	Kur ($-TL)	TL
Proje sistem planlama maliyeti	20.000	3,59	35.900
Digester Sistemi	2500	3,59	8.975
Karıştırma Donanımı	10.500	3,59	37.695
Biyogaz fitting bağlantı ekipmanları	100	3,59	359
Akış ölçer	250	3,59	898
Hammadde Yükleme Sistemi	12.800	3,59	4.5952
Digester Tankı Isıtma sistemi	10.000	3,59	35.900
Basınçlı Hava Sistemi	600	3,59	215
Gaz Depolama Sistemi, MEMBRAN	9.750	3,59	35.000
Gaz şartlandırma Ünitesi, Desülfürüzasyon, Gaz Teknolojisi	35.000	3,59	125.650
Kojenerasyon Ünitesi	60,000	3,59	1.436
Sistem Kontrol Otomasyonu	30.000	3,59	1.077
İnşaat ve Toprak İşleri (Gübre Depoları Dahil)	1.500	3,59	5.385
İlave Maliyetler (Gümrük, Sigorta, Teminat)	5.000	3,59	17.950
Organik Gübre Ayırıcısı	1.200	3,59	4.308
TOPLAM	199,200	3,59	715128,00

Tablo 3: Kurulması Planlanan Biyogaz Üretim Tesisi İşletme Maliyetleri

İşletme Parametreleri	Fiyat (TL/yıl)
İnşaat İşleri Bakımı	5.000
Ekipman Elektrik Borulama Bakımları	5.000
Kojenrasyon Bakımı	12.000
Genel İşletme Giderleri (Sigortalar, Vergiler)	30.000
İş Gücü	24.000
Olası Nakliyat Giderleri	7.500
TOPLAM	83.500

Toplam Gider : 798628,00 TL'dir

Tablo 4: Biyogaz Tesisi Yıllık Gelir Tablosu

Gelir Parametreleri	Gelir kWh/yıl
Elektrik	302746

Tablo 5: 1600 Kişilik 10 Bloklu (400 daire) Site Gider Tablosu

Gider Parametreleri	Gider kWh/yıl
Elektrik	864000

Tablo 6: Verimin hesaplanması

Üretim	Tüketim
302746kWh/yıl	864000 kWh/yıl
% 35,04 Enerji tasarrufu sağlanacaktır.	
Teşvikler :	

Biyokütleye dayalı üretim tesisi için üretilen elektriğin şebekeye satış birim fiyatı :

0,48Krş * 302746kWh/yıl = **145318,08 TL/yıl** üretim söz konusudur.

*****(08.01.2011 tarihli 27809 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun'da Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun verilerine göre 1 kWh enerji (13,3 cent/kWh) 0,48 TL ye satılabilmektedir.)

Tablo 7: Tesis Gelir–Gider' e göre Amortisman Hesabı

Toplam Gelir TL/yıl	Toplam Gider TL/yıl
145318,08	798628,00
Tesis yaklaşık olarak 6 yıl'da kendisini ödeyecektir.	

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Gelişen teknoloji ile beraber enerji ihtiyacı artmaktadır. Enerji elde edilmesi için fosil kaynakları yakıtların yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarında günümüzde yerini almıştır. Mevcut yer altı kaynakları rezervlerinin azalması, beraberinde alternatif enerji kaynakları ihtiyacını doğurmuştur. BP 2016 yılı için hazırlamış olduğu Dünya Enerji İstatistikleri Raporu'na göre, sera gazı salınımlarını azaltmak amacıyla Dünya genelinde daha düşük karbonlu yakıtlara yönelim olduğu rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra rapordaartan enerji ihtiyacı ile ters orantı olarak fosil kaynaklı yakıtların azaltılması, kömür petrol gibi önemli enerji kaynaklarının fiyatlarının artmasına sebep olmuştur. Kentleşme ile beraber şehirlerin göç alması; atık miktarlarında artış, arazi fiyatlarının yükselmesi ambalajlı gıda tüketimin artması gibi sonuçlara neden olmuştur. Atık miktarının artmasının doğal sonucu olarak; depo sahalarının yetersizliği koku, sineklenme, hastalık, çöp sızıntı sularının yer altı sularına karışma riski, taşıma ve işçi maliyetlerinde artış gibi problemlere neden olmuştur. Yerel yönetimler

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 5393 numaralı Belediye kanunu gereğince kentsel dönüşüme önem vermektedirler. Yerel yönetimler imar planlarında, yapılaşmanın site anlayışı ile kurulmasını tercih etmektedir. Bilinçsiz olarak atılan, geri dönüşümü mümkün olan atıklar ekonomik açıdan sekteye uğramaktadır. Geri dönüşümü olan atıklar kaynağında toplanarak depolama alanları için arazi ihtiyaçlarını azaltmakta ve arazi fiyatları düşmektedir. Bu doğrultuda kaynağında ayrıştırma yaparak hem ekonomik kazanç hem de çevresel sorunların azaltılmasında önemli adımlar atılmış olacaktır. Toplu yerleşim alanları için yapmış olduğumuz hesaplamalarda kurulu gücü 86.41 kWh olan (Denklem 3) tesiste yıllık olarak 302746 kWh (Tablo 4) elektrik enerjisi elde edileceği bulunmuştur. Bir site örneğinde yıllık elektrik enerjisi gideri 864000 kWh (Tablo 5) dır. Bir site örneği için kurulması planlanan biyogaz üretim tesisi yatırım ve işletme maliyetleri toplamı 798628,00 TL (Tablo 2-3) dir. Tesisten elde edilen enerji verimi % 35,04 (Tablo 6), gelir gidere göre amortisman hesabı yapıldığında ise, yaklaşık olarak 5 yılda karşılayacağı Tablo 7 de gösterilmiştir.

TEŞEKKÜR

SÜ. Çevre Mühendisliği Bölümünde bitirme projesi kapsamında danışmanlığımızı yürüten Doç. Dr. Mehmet Emin Argun'a, Nilüfer Belediyesi'nin, 2015 yılında Uludağ Çevre Teknolojileri'ne hazırlatmış olduğu;'Organik Atıklardan Biyogaz Üretim Tesisi Fizibilite Raporu'ndan faydalanmamızda yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen, Nilüfer Belediyesi ve Uludağ Çevre Teknolojileri 'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

BolzonellaD., Pavan P., FatoneF.,et.al., "Anaerobic Fermentation of Organic Municipal Solid Wastes For The Production of SolubleOrganic Compounds", Ind. Eng. Chem. Res., 44, 10, 3412-3418, 2005.

HartmannH., Angelidaki, I., AhringB. K., "Co-digestion of The Organic Fraction Municipal Waste With Other Waste Types, In: Biomethanization of The Organic Fraction Municipal Waste", J. Mata-Alvarez (ed.), IWA Publishing, London, UK, 2002.

McCarthy, P.L., 1982. One hundred years of anaerobic digestion, Anaerobic Digesiton, 1981, Hughes vd. (eds.)

Metcalf ve Eddy, "Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse", McGraw-Hill, 2003, p 1523, New York.

TÜRKAY 2009 Şenol Yıldız, Fatih Saltabaş, Vahit Balahorli, Kadir Sezer, Köksal Yağmur

Yenilenebilir Hammaddeler İhtisas Ajansı (FNR),Biyogaz Kullanma Klavuzu, 2010

T.C. Resmi Gazete 6094 numaralı, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun,(27809), 08.01.2011, 1-4.

T.C. Resmi Gazete 5393 numaralı, Belediye Kanunu, (25874), 13.07.2015, 31-32

URL-1 <http://www.soleaenerji.com/biyogaz-verimi/#more-1024 >, alındığı tarih 24.03.2016

URL-2 <http://www.nilufer.bel.tr/dosya_yoneticisi/fizibilite.PDF>, alındığı tarih 24.03.2016

URL-3<http://www.nilufer.bel.tr/dosya_yoneticisi/fizibilite.PDF>, alındığı tarih 24.03.2016

URL-4<http://www.nilufer.bel.tr/dosya_yoneticisi/fizibilite.PDF>, alındığı tarih 24.03.2016

URL-5<http://www.tresenerji.com.tr/>, alındığı tarih 24.03.2016

URL-6<http://www.nilufer.bel.tr/dosya_yoneticisi/fizibilite.PDF>, alındığı tarih 24.03.2016

URL-7<http://www.puxinbiogas.en.alibaba.com>, alındığı tarih 24.03.2016

ALUMİNYUM SÜLFAT ÇÖKTÜRMESİ İLE SIZINTI SUYUNDAN KOİ GİDERİMİ

Nida Nur KOÇ[1], Gamze ÖZER[2], Mehmet Emin ARGUN[3], Havva ATEŞ[4]
[1,2,3,4] *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,*
[1]*nidanur.koc.66@gmail.com,* [3] *argun@selcuk.edu.tr*

ÖZET: Katı atık depolama sahalarındaki organik maddelerin çürümesi ve düşen yağış sularının buradaki katı atık kütlesi arasından süzülmesi esnasında çeşitli kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar neticesinde sızıntı suyu oluşmaktadır. Sızıntı suları içerdikleri yüksek miktardaki organik maddeler, azotlu maddeler, ağır metaller, klorlu organik bileşikler ve inorganik tuzlardan dolayı hem toprak kirlenmesine hem de yer altı sularının kirlenmesine neden olmaktadırlar. Bu nedenle sızıntı sularının arıtımı için fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma metotları geliştirilmiştir.
Yapılan bu çalışmada sızıntı suyunda bulunan organik kirleticilerin bir göstergesi olan KOİ parametresinin alüminyum sülfat çöktürmesi ile giderimi araştırılmıştır. Sızıntı suyu numunesinde standart metotlara göre KOİ, pH, iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Deneyler için optimizasyon amaçlı 17 setten oluşan pH ve doz çalışmaları yapılmıştır. Ham sızıntı suyunun KOİ, pH ve iletkenlik değerleri sırası ile 8800 mg/L, 7,5 ve 82,2 mS olarak bulunmuştur. Maksimum KOİ giderim verimi pH 7 iken 1500 mg/L alüminyum sülfat dozunda %47 seviyesinde elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sızıntı suyu, Alüminyum Sülfat, Kimyasal Arıtım Yöntemi, KOİ giderimi.*

SIZINTI SULARINDAN $FeCl_3$ ÇÖKTÜRMESİ İLE KOİ GİDERİMİ

Ramazan İŞLEK[1],Sedef ESRASOLMAZ[1], Havva ATEŞ[1], Mehmet Emin ARGUN[1]
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
rislek39@gmail.com, slmz.sdf@gmail.com

ÖZET: Bu çalışmada Konya Aslım katı atık depolama sahasından alınan sızıntı suyunun fizikokimyasal yöntemler ile arıtımı amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında demir(III) klorür ile ön arıtım yapılmıştır. Yüzey yanıt yöntemi ile 17 reaktörde deney yapılması öngörülmüş ve yapılan çöktürme işlemi sonucunda elde edilen sonuçlara göre 2500 mg/L Demir (III) klorür dozunda ve pH 5,5 olmak üzere KOİ giderim verimi %66,6 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Sızıntı suyu, KOİ giderimi, Kimyasal Çöktürme, Demir(III) Klorür*

DENİZ SUYUNDAN GÜNEŞ ENERJİSİ İLE İÇME VE KULLANMA SUYU ELDESİ

Necip AĞYAN, Mücahit Nazım ATEŞ, Mustafa ÇEVİRİR
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,

ÖZET: Mersin İli Aydıncık İlçesi'ne ters ozmos sistemi ile deniz suyundan içme ve kullanma suyu eldesi projesi hazırlandı. Proje kapsamında meskun bölgenin iklimi, coğrafi yapısı, ekonomik ve kültürel durumu incelendi. Türkiye haritasındaki konumu ve tesisin yeri harita üzerinde belirlendi. TÜİK'den nüfus verileri alındı. Alınan veriler yardımıyla İller Bankası yöntemiyle 35 ve 50 yıl sonrası için nüfus hesabı yapıldı. Hesaplamalar neticesinde 2037 yılı nüfusu 13681 kişi, 2052 yılı nüfusu 15883 kişi bulundu. Elde edilen nüfus, ekonomik ve kültürel durumdan yola çıkılarak su ihtiyacı 2037 ve 2052 yılları için sırasıyla 28 L/s ve 35.4 L/s olarak hesaplandı.

Ters ozmos ile deniz suyundan içme ve kullanma suyu eldesi tesisi hakkında araştırmalar yapıldı. Araştırmalar sonucunda gerekli bilgilere ulaşıldı. Deniz suyu ters ozmos sistemleri için işletim parametreleri esas itibariyle sıcaklık ve besleme suyu tuzluluğunun bir fonksiyonudur. Ters ozmos basınçlandırılmış tuzlu çözeltiden suyu çözünenlerden ayıran bir membran ayırma prosesidir. Uygulamada tuzlu su membrana karşı basınçlandırılan kapalı bir kanal içine pompalanır. Suyun bir kısmı membran boyunca geçerken kalan besleme suyunun tuz içeriğinde artış gözlenir. Bir ters ozmos sistemi aşağıdaki ana bileşenlere sahiptir:

- Ön arıtma
- Yüksek basınç pompası
- Membran topluluğu
- Son arıtmadır.

Membran proseslerinde membran performansının bozulmasına, temizleme ve geri kazanma maliyetleri gibi sonraki adımları sınırlayan en büyük problem olarak kirlenme sık sık beklenen bir sorun olarak görülmektedir. Bu nedenle askıda katı maddeleri uzaklaştırılmak ve tuz çökelimi ya da membran üzerinde mikroorganizma büyümesinin meydana gelmesini engellemek için su ön arıtımdan geçirilmektedir. Genellikle ön arıtım adsorpsiyon, elektrokoagülasyon, mikrofiltrasyon ve koagülasyon/flokülasyon sistemlerinden meydana gelmektedir. Son arıtma, suyun dengelenmesi, sudan giderilen minerallerin suya geri kazandırılması ve dağıtılmasını içermektedir. Ters ozmos ile yapılan arıtımda membran maliyeti ana maliyetinin %20-30'nu, membran yenilenmesi ise işletim maliyetinin %25-30'unu oluşturmaktadır. Ayrıca üretilen tatlı suyun her metreküpü için yaklaşık olarak 3-10 kilowat-saat elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Deniz suyu ters ozmos tesislerinin işletme maliyetinin yaklaşık yarısını elektrik maliyeti oluşturmaktadır.

Araştırma sonucunda öncelikle Akdeniz'in su karakterizasyonu elde edildi. Buna göre bir akım şeması oluşturuldu. Akım şemasına göre denizden alınan su öncelikle ön arıtma işlemine tabii tutulduktan sonra yüksek basınç pompası yardımıyla ters ozmos membran topluluğuna getirildi. Buradan çıkan suyun dengelenmesi, sudan giderilen minerallerin suya geri kazandırılması ve dağıtılması için son arıtma işlemine tabii tutuldu.

Hesaplanan su ihtiyacına göre birinci ve ikinci kademe yılları için membran adetleri hesaplandı. Hesap yapılırken Eurotech firmasının MB serisi deniz suyu ters ozmos sistemleri katalogu dikkate alındı. Kataloga göre MM.MB8040.4 ürün kodlu, modeli MB8040-4 olan ters ozmos sistemi seçildi. 2037 yılı için 17 asil beş yedek olmak üzere toplam 22 adet, 2052 yılı için 21 asil yedi yedek olmak üzere 28 adet ters ozmos sistemi kullanıldı. Tesisin elektrik ihtiyacı güneş panelleri ile sağlanacak şekilde tasarım yapıldı. Üretilen tatlı su için toplamda birinci kademe yılı için 314.5 kilowatt-saat ikinci kademe yılı için ise 388.5 kilowatt-saat elektrik enerjisine ihtiyaç duyulduğu hesaplandı. Saatte 250 watt elektrik enerjisi üreten bir güneş paneli seçildi. 2037 yılı için 1260 adet panel ve 6290 metrekarelik alan, 2052 yılı için ise 1555 adet panel ve 7750 metrekarelik alana ihtiyaç duyulduğu hesaplandı. Tesis ilçe sınırları içinde uygun bir alan belirlenerek yerleştirildi.

***Anahtar Kelimeler**: Tuzsuzlaştırma, içme suyu eldesi, membran, enerji, güneş enerjisi.*

EVSEL ATIKSUYUN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE ANAEROBİK ARITIMI

Hande Vildan AYHAN, Büşra ÇAKMAK
Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kampüs, KONYA
hnd.ayhn@hotmail.com, bsrackmk@gmail.com

ÖZET: Bu çalışmada, Adıyaman ili Kahta ilçesinde kurulabilecek olan anaerobik bir evsel atıksu arıtma tesisindeki toplam işletme maliyetinin büyük bir kısmını oluşturan enerji ihtiyacının, güneş enerjisi sistemi ile karşılanması ele alınmıştır. Öncelikli olarak Adıyaman ilinin Türkiye Güneş Enerji Potansiyeli Atlası'ndan güneşlenme süresi incelenerek güneş enerjisi sistemi kurumunun uygun olduğu belirlenmiştir. Bu amaçla evsel atıksuyun kirlilik parametreleri ve yük değerleri belirlenmiş olup gerekli hacim, enerji ihtiyacı, sıcaklık, oluşacak metan gazı hesaplanarak tek modüllü havasız çamur yataklı reaktör tasarımı yapılmıştır. Sistemde üretilen metanın tamamı kullanılabilir metan olarak kabul edilmiştir. Kullanılabilir metan için gerekli eşdeğer elektrik ihtiyacı hesaplanmıştır. Kurulacak olan arıtma tesisinin yıllık ortalama elektrik tüketimi ile tesise kurulacak bir güneş enerji santralinde (GES) yıllık üretilecek enerji miktarı hesaplanmıştır. Çıkan veriler sonucunda tesisin ihtiyacı olan enerjiyi karşılayacak panel ihtiyacı belirlenmiştir. Sistemin maliyetini düşürmek için evsel atıksu, kara ve gri su olarak ayrılarak yeni enerji ve panel ihtiyacı belirlenmiştir. Bu yöntem uygulandığında daha az enerji ve panel ihtiyacı ortaya çıktığı görülmüştür.

Yukarıda bahsedilen hesaplamalar Kahta ilçesinin 2037 yılı atıksu oluşumuna göre hesaplanmıştır. Tek modüllü HÇYR tasarımı için; Q_{ort}, Q_{max}, pH, $T_{anaerobik}$, BOI_5, KOI, AKM, UKM ve SO_4 değerleri belirlenmiştir. Ardından sırasıyla şu işlemler ve hesaplamalar yapılmıştır:

- Çamur Üretimi: BOI_5 giderme verimi %80, Hidrolik Bekleme Süresi: 0,25 gün = 6 sa kabul edildi,
- Yukarı Akış Hızları: U_{ort} ve U_{max} değerleri,
- HÇYR Boyutları: En kesit alanı ve hacim,
- Organik Yük Kontrolü: Lv ve Lx değerleri,
- Metan üretimi ve kullanılabilir metana eşdeğer elektrik hesaplandı.
- 15 ºC olan su sıcaklığının metan üretimi için gereken 25 ºC sıcaklığa getirilmesi için gereken enerji ihtiyacı ve buna karşılık gelen panel sayısı bulundu.
- Güneşlenme süresi 7 saat alınarak panel için sayı, alan ihtiyacı ve maliyet hesabı yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmalar sonucunda;

- Ham atıksu için gereken enerji 32621,9 kWsa, panel ihtiyacı 23301 adet, maliyeti ise 433871 USD,
- Kara su için gereken enerji 6525 kWsa, panel ihtiyacı 4660 adet, maliyet ise 61987 USD,
- Gri su için gereken enerji 26097 kWsa, panel ihtiyacı 18640 adet, maliyet ise 347087 USD

olarak elde edilmiştir.

Gerçekleştirilmesi öngörülen bu sistemde çamur maliyeti, havalandırmalı sistemlerin 1/10'u kadardır. Organik maddenin sadece %5-15'i biyokütleye/çamura dönüşmektedir. Bu durum, arıtım sonrasında biyolojik çamur bertarafının aerobik sistemlere göre daha kolay ve düşük maliyetli olacağını göstermektedir. Çok yüksek organik yüklemelerde çalıştırılabilmekle birlikte metan gazı oluşumu da bir diğer üstünlüğüdür. Çamur hacminde azalma olurken patojen mikroorganizmaların giderimi de sağlanır. İşletme özellikleri aktif çamur sisteminden daha basit olup nüfusun birim maliyete etkisi azdır. Ayırıcı özelliği minimum enerji ihtiyacı, ekonomik ve arazi ihtiyacının az olması ve %75-85 BOI giderimi sağlamasıdır. Oluşan gaz hava kirlenmesi açısından kontrol edilebilir. Köpük problemi oluşmaz. Havasız şartlarda biyolojik olarak parçalanamayan maddeler parçalanır. Atıksudaki mevsimsel değişikliklerde arıtmanın stabilitesi sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler: *Evsel atıksu, anaerobik arıtım, metan üretimi, enerji, güneş enerjisi.*

GEMLİK İLÇESİ ANAEROBİK EVSEL ATIKSU ARITIMI TASARIMI

Orhun YARIMCA, Zeynep AYDEMİR, Nadir ÇİFTÇİ, Enes SATIR
Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
orhunyarimca@hotmail.com, zeynep34@hotmail.com, nadirciftci_92@hotmail.com, enessatir@hotmail.com

ÖZET: Bursa'nın Gemlik ilçesi evsel atıksuyunun anaerobik arıtım ile sulama suyu elde etmek ve bu tarımsal sulama suyunu elde ederken de reaktörün ısı ihtiyacını çıkan metan gazı ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden elde etmek için gerekli çalışmalar ve araştırmalar yapıldı. Çalışmada yer olarak tarımsal faaliyetlerin yoğun ayrıca güneşlenme süresi uzun olan Gemlik ilçesi seçilmiştir. BUSKI ile ortaklaşa yapılan çalışmalar neticesinde evsel atıksuyun tipik özellikleri belirlenmiş ve tesis çıkış suyu özellikleri zeytin ağaçlarının sulanması için uygun bir arıtma tesisi tasarlanmıştır. Bu tesisin atıksuyun arıtılmasında enerji enerji ihtiyacını kendi üreterek ekolojik bir sistem olması amaçlanmıştır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nden tarımsal sulama için deşarj standartları belirlenmiştir. Anaerobic reaktör tipi olarak yukarı akışlı havasız çamur yatağı reaktör (HÇYR) seçilmiş, öncesinde kaba ve ince ızgara ve kum tutucu üniteleri ve sonrasında çökeltme havuzu, sülfür giderimi için havalandırma ve tarımsal sulamada kullanabilmek için membran filtre kullanılmıştır. Anaerobik arıtım, klasik aktif çamur prosesine göre 1/10 oranında ve kararlı, kokusuz, patojen organizma konsantrasyonu düşük ve araziye serilebilecek özellikte fazla çamur üretmektedir. Çıkış suyu özellikleri BOI_5, AKM ve Top. Sülfür için sırasıyla 30, 10 ve 0 mg/L olarak öngörülmüştür. Çamur yaşı 30 gün, hidrolik bekleme süresi 5,28 sa, HÇYR toplam hacmi 1881 m^3 ve metan gazı üretimi 646 m^3/gün olarak belirlenmiştir. Üretilen metan 1874 kw-sa elektiriğe eşdeğerdir. Anaerobik reaktör sıcaklığı 32 °C seçilmiştir. Gerekli elektrik enerjisi ihtiyacı 18715,2 kw-sa olarak bulunmuştur. Bu ihtiyacın 1874 kw-sa'lik kısmı metan gazından elde edildiğinde gerekli enerji ihtiyacı 16843,5 kw-sa olarak hesaplanan enerji ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanması için gerekli panel sayısı 12031 olarak hesaplanmıştır. Bu tesisin yüksek ilk yatırım maliyetine rağmen, işletim enerjisinin güneş enerjisinden sağlanması ile ilk yatırım maliyetini gelişen ve ucuzlayan panel maliyetlerinden dolayı 5 yılda karşılayacağı hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Evsel atıksu, anaerobic arıtım, güneş enerjisi.*

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE DENİZ SUYUNDAN İÇME SUYU ELDESİ

Erdogan GARKIN, Hayrettin GİRAL, Taha Yasin KARATAŞ
Selçuk üniversitesi, Müh fakültesi Çevre Müh bölümü, Konya
Apo4255@outlook.com , taha.yasin_karatas@hotmail.com

ÖZET: Bu çalışmada; iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkilerini azaltmak için oluşturulan uyum stratejlerinden olan deniz suyundan içme ve kullanma suyunun üretilmesine yönelik değerlendirme yapılması amaçlanmıştır. Bu değerlendirme kapsamında, Türkiye'nin kıyı bölgelerinde deniz suyu ters osmoz tesisi uygulama senaryo çalışmaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında; İçme ve kullanma suyu ihtiyaçlarının temininde deniz suyundan tatlı su üretilmesine ait farklı senaryolar oluşturulmuştur. SWRO tesislerinin ilk yatırım maliyetlerinin konvansiyonel sistemlere göre fazla olduğu ve bu sebeple gerçekçi veriler elde edilmesi amacıyla detaylı ekonomik analizlerin yapılmasına ihtiyaç olduğu anlaşılmıştır. Aydın didimde 2 adet otelin su kullanımı 1200m^3/gün olmaktadır. Bu tesissin yaklaşık olarak 5 mılyon tl yatırım malıyeti bulunmaktadır. Tesisin yapılışında ASW1000 Adlı ters osmoz membranlarının kapasitesi 50 m^3/saat olup günde 1200m$^{3/}$ gün su arıtabilmektedir.1200m^3/gün / 1200 m^3/günden 1 adet membran kullanılacaktır. Tesiste 72 adet membran ve 1 vesselde 6 adet membran kullanılacaktır. İşletme maliyeti: literatürden genel olarak yapılan araştırmalarda m^3 başına 0.38 $ ve 1687 TL/gün olarak hesaplanmıştır. Güneş enerjisiyle bütün enerji ihtiyacı karşılanacaktır. ASW 1000 adlı reaktörün kurulu gücü 121 kw'dır. %100 güneş enerjisinden yararlanmak için 222 kw'lık enerji gereklidir ve 4.5 kw lık güneş panelleri kullanılacağında 54 adet panel sayısı belirlenmiştir. Ilk yatırım maliyeti 383,000 TL ve tesisin toplam yatırım maliyeti 5,383,000 TL olarak hesaplanmıştır. 10 yıl vadeli %7 faiz oranıyla alınacak kredinin 48,000 TL'lik aylık ödemelerle geri ödenecektir. Işletmenin aylık maliyeti 50,616 TL ve 1 m^3'ü 3 TL'den satılacak su ile aylık gelir 108,000 TL'ye ulaşacaktır. Aylık kredi ödemesi ve işletme maliyeti düşürüldügünde 9384 TL kar elde edilmesi hesaplanmıştır. Tesis toplamda 10 yıl bitiminde kendini amorti edecektir.

***Anahtar kelimeler**: Güneş enerjisi, ters osmoz, maliyet, konvansiyonel.*

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİLER VE DALGA ENERJİSİ

Büşra ARISOY, İnci MEŞE, Esra YEL
Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
busraarisoy@gmail.com - meseismet68@hotmail.com

ÖZET: Çevreye zarar vermeyen doğal, temiz ve sürekli yenilenebilir enerji türlerinin başlıcaları, rüzgar, güneş, biyolojik, su ve dalga enerjisidir. Türkiye'nin mevcut enerji yapısı çoğunlukla ithal fosil yakıtlara dayalıdır. Oysa bu çalışmada incelenen tüm yenilenebilir enerji kaynakları Türkiye'de etkin oldukları bölgeler itibariyle aynı harita üzerine işlenmiştir (Şekil 1) ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça zengin potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Son yıllarda Türkiye, enerji ihtiyacının belli bir kısmını yenilenebilir enerjilerden elde etmeye başlamıştır. Üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye için de dalga enerjisi, enerji sıkıntısının giderilmesinde katkıda bulunabilecek çözümler arasında yer alabilecek durumdadır. Bu çalışmada dalga enerjisi diğer yenilenebilir enerji türleriyle kıyaslanmış, Türkiye'deki kullanılabilir dalga potansiyeli ile verimli bir dalga enerji sisteminin kurulup kurulamayacağı ve Türkiye'deki mevcut enerji programına entegre edilebilir nitelikte kurulabilecek dalga enerjisi dönüştürücü teknolojisi tipi hakkında önerilerde bulunulması amaçlanmıştır.

Şekil 1. Türkiye Yenilenebilir Enerji Haritası

Dalga enerjisi, ilk yatırım ve bakım giderlerinden başka masrafı olmayan, girdi bedeli gerektirmeyen, doğaya her hangi bir kirletici bırakmayan, ucuz, temiz, çevreci ve büyük potansiyele sahip bir enerji kaynağıdır. Dalga enerjisinin maliyetli olması bir dezavantaj olarak görülmektedir. İncelenen değişik dalga enerjisi dönüştürücü sistemler arasında Pelamis Sistemi seçilerek yapılan maliyet hesabında kurulum maliyeti, fizibilite çalışması, işçilik, bakım, elektrik üretim maliyetleri toplandığında 0.0679 $/kWh bulunmuştur ve ürettiği elektriğin bedeline göre hesaplandığında sistem toplam yatırım ve işletme maliyetini 8.1 yılda karşılamaktadır. Bu yolla dağıtılabilen yenilenebilir enerji 9.368MWh/yıl olabilecektir ve sistemin ömrü 35 yıldır.

Bir diğer dezavantajı Türkiye kıyılarının pek çok noktasının deniz turizminde kullanılması olarak görülerek yararlanılmasının uygun olmadığı düşülmektedir. Oysa açık deniz tipi dalga enerji dönüştürücüleri kullanılarak turizme zarar vermeksizin bu enerji potansiyelinden yararlanılabilmesi mümkündür. Dalga enerjisi üretmek için en uygun görülen kıyılar Karadeniz'in batısında İstanbul Boğazı'nın kuzeyi ve Ege Denizi'nin güneybatı kıyıları açıkları, Marmaris ve Finike arasıdır. Başlangıç denemeleri için bu suların uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Ülkemizde açık deniz tipi dalga dönüştürücülerinin yanı sıra kıyılarda da dönüşüm sistemleri kullanılabilir. Pek çok kıyı şeridinde dalgakıranlar yapılmış durumdadır ve bunların önünde önemli dalga potansiyelleri mevcuttur. Kıyı tipi olarak salınımlı su kolonu dönüşüm sistemlerinin bu dalgakıran önleri ile Marmara kıyılarında ve Akdeniz kıyılarında kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Ayrıca dalga enerjisinin doğal dengeyi koruması, devamlı yenilenebilir olması, her dalga yüksekliğinde enerji alınabilir potansiyelinin olması ve fiziksel, kimyasal, organik kirletici etkisinin olmaması dalga enerjisinin kullanılmasının avantajları arasındadır.

Anahtar Kelimeler: *Dalga enerjisi, Yenilenebilir enerji*

PERFLOROALKİL ASİTLER, KARBON NANOTÜPLER VE Cu-NANOPARTİKÜLLER

Deniz CEBECİ, Murat SARIDAĞ, S.Enes ÖZKORUL, Esra YEL
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, (Konya)
murat.srdg@gmail.com, enes.ozkorul@gmail.com, denizjjan@gmail.com

ÖZET: Gelişen teknolojiyle birlikte birçok sentetik materyal veya doğal malzemelerden sentezlenen ürünler hayatın birçok alanına girmiştir. Üretimde kullanılan malzemelerin yanısıra çevre çalışmalarında da önem taşıyan birçok malzeme sistemde yeralmaktadır. Bu çalışmada bu malzemelerden 3 tanesi olan perfloroalkil asitler (PFA), karbon nanotüpler (CNT) ve bakır nanopartiküller (Cu-NP) incelenmiş ve kullanım yerleri, üretilmeleri ve çevresel açıdan rolleri açıklanmıştır.

Perfloroalkil ve polifluoralkil maddeler (PFAS), su ortamında, yaban hayatı ve insanlarda sıklıkla tespit edildiği gibi dünya genelinde artan bir ilgi gören antropojenik çevre kirleticileri grubudur, 1950'lerden beri üretilmiş olup, giyim, deri, tencere ve kağıt endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır En çok çalışılan PFAS alt grubu perflorlu alkil asitleridir (PFAAs).Bunların arasında perfloroalkil karboksilik asitler (PFCAs) ve perfloroalkan sülfonik asitler (PFSAs) bulunmaktadır. Çevre içinde kalıcıdırlar. Atıksu arıtımı ile arıtılamadıklarından dünya genelinde su temini için önemli bir tehdit oluştururlar. Perfloroalkil ürünlerinin üretimi 2000-2002 yılları arasında ABD ve Avrupa'da aşamalı olarak bırakılmıştır. Ancak üretim, özellikle gelişmekte olan ülkelerde olmak üzere başka yerlerde devam etmektedir. Bunlar, öncelikle zirai ilaçlarda, kağıt, tekstil, yangın tüplerinde, gıda ambalajlama ve diğer uygulamalar gibi endüstriyel ve ticari uygulamalarda geniş bir yelpazede kullanılan sentetik organik bileşiklerdir.Granül aktif karbon, osmoz, iyon değiştrime, nanofiltrasyon, ve elektro-kimyasal prosesler uygulanarak giderilebilir. Yüzey sularında PFAA'ların noktasal kaynakları atıksu arıtma tesisleridir. Ayrıca, ticari ve askeri hava alanlarının çevresindeki yüzey sularında yüksek düzeyde PFAA tespit edilebilir. Yeraltı sularındaki PFAA'lar için diğer potansiyel noktasal kaynaklar, PFAA atıkları içeren katı atık düzenli depolama alanlarıdır.

CNT kendilerine has elektriksel özelliklere sahiptirler, ısıyı iyi iletirler. 1200^0C fırında karbonun lazer buharlaştırılması sonucu elde edilirler. Yüksek yüzey aktif alanlı, denetimli ve gözenek büyüklüğü dağılımlı CNTler, geleneksel granüller ve toz aktif karbona kıyasla yüksek adsorplama kapasitesine sahiptir, sorpsiyon davranışı esas olarak polar bileşikler için kimyasal etkileşim ve polar olmayan bileşikler için fiziksel etkileşim içerir. Adsorpsiyoun yanısıra atıksudaki partikül konsantrasyonlarını azaltmak için CNT'ler nano yüzeyler olarak kullanılmaktadır, atıksu arıtımındaki protozoa, bakteri ve virüs gibi patojen mikroorganizmaları, filtreleme mekanizması ile ortadan kaldırabilmektedir. Su dezenfeksiyonunda CNT'lerin uygulanması, trihalometanlar, haloasetik asitler ve aldehitler gibi zararlı dezenfeksiyon yan ürünlerinin (DBP'lerin) oluşumunu önler. Çevreye salınan toksik gaz konsantrasyonlarını tespit ve izlemek için algılama elemanları olarak CNT'lerin potansiyel uygulamaları mevcuttur. CNT tabanlı gaz sensörleri, geleneksel metal oksit yarı iletken gaz sensörlerine göre düşük güç tüketimi, düşük çalışma sıcaklığı ve yüksek duyarlılık gibi avantajlara sahiptir. Yüksek iletkenlik ve geniş yüzey alanı nedeniyle mikrobiyal yakıt hücrelerinde güç üretimini arttırmak için elektrot olarak CNT'lerin kullanılması sözkonusudur. Biyoelektrodlar olarak CNT'lerin kullanımı enzimatik biyoyakıt hücrelerinde büyük bir gelişme oluşturmaktadır. CNT'lerin nano ölçekli aktif yüzey alanı, güneş enerjisinin toplanması için büyük foton adsorplamasına izin verirken, bir delokalize π-elektron sistemi varlığı yük transferinin hareketliliğini arttırır. Hidrojen depolamasını gerçekleştirmek için kullanılan stratejiler üzerine yapılan araştırmalardan, CNT'ler ekonomikliği, geri dönüşüm özellikleri, düşük yoğunluğu, nano boyuttaki gözenek büyüklüğü dağılımı ve makul kimyasal istikrar nedeniyle potansiyel bir depolama malzemesi olarak önem kazanmıştır.

Cu-NP bakır sülfat çözeltilerinden elektrolitik geri dönüşümle veya yüksek basınç altında otoklavda hidrojen redüksiyonu ile üretilmektedir. Bu partiküller gelişmiş mekanik ve katalitik özelliklere sahiptir. Büyük boyutlu katalizör malzemelerine göre, daha hızlı ve daha düşük sıcaklıklarda reaksiyonun gerçekleşmesini sağlamaktadır. Süperhidrofobik-süperhidrofolik kumaşlarda Cu-NP yüzey pürüzlülüğünün iyileşmesine neden olur. Nanoparçacıklar içeren filtrelerde, su arıtımı için enerji ihtiyacı gerekmez. Genellikle kağıt ve pamuklu kumaşlar su filtrelerinde kullanılırlar. Cu-NP antimikrobiyal ve katalitik aktiviteyi arttırmak için uzun süren bakır iyonu rezervuarı olarak işlev görmek üzere elyaflı materyallerin içine dahil edilir. Su ve atıksu sistemi dezenfeksiyonu için bir seçenek olarak düşünülür. Cu-NP proteinler, **nükleik asitler** ve yağ üzerinde **oksidatif strese** neden olan biyoaktif faktörlerdir. Reaktif hidroksil kökleri üreterek membranlara ve diğer organellere zarar verirler.

Bu tezde, çevre kirliliğini oluşturan kirleticilerden PFAA'ların, çevre üzerinde kalıcı etki gösterdiği ve canlı üzerinde toksik etkiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Çevre mühendisliği açısından önemi; yüzeysel ve yeraltı

sularına karışması ve kirlenmesinde büyük rol oynamaktadırlar. PFAA'lar konvansiyonel su arıtma teknolojileriyle giderimi sağlanamadığı için, ileri arıtım teknolojilerinin kullanılması büyük önem kazanmıştır. Ancak bu teknolojiler, yüksek maliyet içeren ve hassas teknikler gerektiren uygulamalar olduğu için, PFAA'ların giderimi oldukça zor bir hal alabilir. Çevre kirliliğinin oluşmamasını ve azaltılmasını sağlamak için, yapılan bilimsel çalışma ve teknolojilerle CNT ve Cu-NP gibi maddelerin araştırılması ve kullanımı önem kazanmıştır. Cu-NP ise CNT gibi aynı özellikler içermezler, ama kirliliklerin giderilmesinde katalizör etkisi göstererek CNT'ler kadar önem taşımaktadır. PFAA'ların kontrollü bir şekilde yönetilmesi, CNT ve Cu-NP uygulama alanlarının genişletilmesi ve kullanım sıklığının artması, devlet destekli veya uygun politikalarla kullanım şeklinin sağlanması çevre kirliliğinin azaltılmasında etkin rol oynar.

Anahtar Kelimeler: *karbon nanotüpler, perfluoroalkil asitler, Cu-nanopartiküller, çevre mühendisliği*

DEMİR OKSİT NANOPARTİKÜLLERİ

Fatma YALÇIN, Kübra PEHLEVAN, Esra YEL
Selçuk Üniverstesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Kampüs, Konya
fatmayalcinn.fyn@gmail.com, kubra.pehlevan123@gmail.com

ÖZET: Nanopartiküller, boyutu 1-100 nm boyutlarında olan kollidlerdir, koruyucu kabukla çevrelenmiştirler. Koruyucu kabuk yapıya hem elektrostatik hem de sterik stabilizasyon sağlar. Demir partikülleri sahip oldukları üstün manyetik özellikleri sayesinde manyetik veri depolama cihazlarında, manyetik akışkanlarda ve biomedikal uygulamalarda, manyetik görüntüleme cihazlarında kullanılmaktadır. Manyetik nanopartiküller, çevre koruma ve iyileştirme araştırmalarında giderek ilgi gören konudur. Çeşitli kompozitlerin, manyetik nanopartiküllerinin sentezi için çok sayıda metod geliştirilmiş olmasına rağmen, demir oksit nanopartiküllerin, farklı koşullar altında kararlılığını korumasına bağlıdır. Fe-Oksit Nanopartiküllerinin taş boyamada, beton renklendirmede, kağıt sanayiinde, hayvan yemi yapımında, kozmetik alanında, tıp-eczacılıkta, ev aletleri ve ürün kaplamalarda, biyomedikal uygulamalarda, mücevhercilikte, elektrokimyasal sensör yapımında ve daha birçok alanda kullanımı mevcuttur. Bu çalışmada demir oksit nanopartiküllerinin (FeO-NP) elde edilişi ve çevre alanında kullanımları özetlenmiştir. Manyetik nanopartikül (FeO-NP) sentezi ortak çöktürme, mikro emülsiyon, hidrotermal sentez, termal parçalanma, hidrojen redüksiyonu (Şekil 1), alev sentezi yöntemi, mekanik aşındırma, asal gaz yoğunlaştırma, kimyasal buhar yoğunlaştırma, ultrasonik sprey piroliz yöntemlerinden biriyle yapılabilmektedir. Özellikle demir grubu metal (Fe, Ni ve Co) nanopartiküllerinin laboratuvar ölçekli sentezlenmesinde kullanılan ve Şekil 1 de gösterilen hidrojen redüksiyonu, partikül oluşumu, partikül toplanması ve gaz yıkama adımlarından oluşmaktadır.

Şekil 1. Hidrojen redüksiyon yöntemi

FeO-NP yüksek yüzey-hacim oranı ve yüksek katalitik özelliklerinden dolayı, hidrojen peroksitin ölçümü için oldukça yüksek duyarlılığa sahip bir elektrokatalizör olarak önerilmektedir. En çok bilinen cam, kimya, elektronik, tekstil vb. endüstrilerinden kaynaklanan atık sulardan ve deniz suyundan; fosfat nitrat ve bromat iyonlarının, ağır metallerin, organik ve inorganik kirleticilerin gideriminde kullanılmaktadır. FeO-NP, düşük maliyetli, güçlü adsorpsiyon kapasitesi, kolay ayrılma ve gelişmiş kararlılık nedeniyle endüstriyel ölçekli atıksu arıtımı için umut vadedicidir. Pb (II) iyonlarının maksimum adsorpsiyon kapasitesinin Fe_3O_4 nanoparçacıklar tarafından 36.0 mg/g olduğu ve bu oranın düşük maliyetli adsorbentlerden çok daha yüksek olduğu bulunmuştur. Fe-Oksit nanosorbentlerin küçük boyutu, çözeltiden yüzen maddelerin yüzeyindeki aktif bölgelere metal iyonlarının difüzyonu için uygundur. Atıksudaki metal iyonlarının hızlı bir şekilde uzaklaştırılması ve geri kazanılması için Fe-Oksit nanosorbentlerin etkin ve ekonomik adsorbent olduğu önerilmektedir. Fe ve Co metalleri aynı manyetik özelliğe ve aynı boyutlara sahip olduğu için Fe yerine Co metalinin de kullanılabileceği öngörülmektedir.
Nanopartiküller ile ilgili en önemli dezavantaj bu büyüklüklerdeki partiküllerin uzun sürede kararlılıklarını koruyamamalarıdır. Ayrıca metalik nanopartiküller çok reaktif oldukları için hava ile uzun süre temas sonucu kolaylıkla oksitlenebilirler. Bu nedenle çoğu uygulamalar için manyetik nanopartiküller saf olarak sentezlendikten sonra aşınmaya ve oksitlenmeye karşı kararlı yapılarını korumak için yüzey aktif maddeler ve polimerler gibi organik malzemeler ya da silika ve karbon gibi inorganik tabakayla kaplanır. Manyetik nanopartiküllerin kararlılığı korunduktan sonra istenilen uygulamalara bağlı olarak çeşitli ligandlar ile foksiyonelleştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: *Nanopartiküller, demir oksit, adsorpsiyon*

ELEKTROKİMYASAL ARITIM VE AKTİF KARBONUN HİBRİT SİSTEMİ

Merve TAŞCI, Hülya ÖDEN, Esra YEL
Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kampüs, Konya
mervetasci026@gmail.com, hulyaoden0@gmail.com

ÖZET: Son yıllarda elektrokimyasal (EK) arıtım prosesi çevreye uyumlu ve çok yönlü bir arıtım prosesi olmasından dolayı atıksu arıtımında oldukça dikkat çekmektedir. EK arıtım proseslerinin genel mekanizmasında koagülasyon, adsorpsiyon, absorbsiyon, çöktürme ve flotasyon prosesleri bulunur. EK arıtım yöntemleri içme suyu arıtımı, evsel atıksu, tekstil atıksuları, boyalı atıksular, mezbaha atıksuları, süt endüstrisi atıksuları, sızıntı suları, kağıt endüstrisi atıksuları, deterjan atıksuları ve maden atıksuları gibi birçok alanda uygulanmaktadır. EK arıtım başlıca 4 yöntemden oluşmaktadır; elektrokoagülasyon (EC), elektrooksidasyon, elektroflotasyon ve elektrodiyaliz arıtım yöntemleridir. Bu sistemler tek tek çalışabildiği gibi bazı sistemlerde birkaç elektrokimyasal proses aynı anda, kombine şekilde kullanılabilmektedir. EC prosesi ile atıksu arıtımında BOİ, TAK, yağ gres, ağır metaller, fosfat, bakteri ve virüs gibi parametrelerin giderimleri oldukça yüksek verimle sağlanabilmektedir. EC yöntemi geleneksel koagülasyona benzemekle birlikte daha az ve daha kararlı çamur oluşumu, işletme kolaylığı, atıksu parametrelerinde daha fazla giderim sağlaması gibi birçok avantajı vardır. EC; çözünebilen ve pıhtılaştırıcı özelliğe sahip metal bir elektrodun kullanıldığı EK atıksu arıtım sürecidir. Koagülasyon, adsorpsiyon, çöktürme ve flotasyon giderme mekanizmalarının biri veya birkaçına dayanır. Elektrot malzemesi olarak temini kolay ve ucuz olan alüminyum (Al^{+3}) ve demir (Fe^{+3}, Fe^{+2}) kullanılmaktadır. Bu elektrotlar prosesin işletme aşamasında suyla reaksiyona girerek $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_2$ ve $Fe(OH)_3$ gibi metal hidroksitler oluşturmaktadır. Sistemde arıtım metal hidroksitlerin oluşmasıyla başlamaktadır. Oluşan metal hidroksit flokları sayesinde kısmi oksidasyon, koagülasyon, adsorpsiyon, çökelme ve flotasyon işlemleri eş zamanlı olarak gerçekleşerek renk, bulanıklık ve KOİ giderimi sağlanmaktadır. Adsorpsiyon kapasitesi çok yüksek olan metal hidroksitlerin sudaki değişik kirletici parametreleri adsorbe ederek çökelti yoluyla sudan uzaklaştırma prensibine dayanan bu arıtım metodu günümüzde birçok yerde kullanım alanı bulunmaktadır.

EC prosesine bir başka adsorban maddenin eklenmesi prosesin adsorpsiyon mekanizmasını güçlendirerek arıtım performansını yükseltmektedir. Yaygın olarak kullanılan endüstriyel adsorbanlar arasında en önemlisi aktif karbonlardır. Aktif karbonlar; odun, turba, linyit, kömür, mangal kömürü, kemik, hindistan cevizi kabuğu, pirinç kabuğu, fındık kabuğu ve daha birçok çeşit doğal organik yapıdan elde edilen karbonların çeşitli işlemlerden geçirilerek aktive edilmesiyle elde edilirler. Bu çalışmada aktif karbonun midye kabuğundan elde edilmesi önerilmiştir. Midye, denizlerde atıksuların deşarj edildiği veya sızdığı bölgelerde yetişmektedir. Bu nedenle sudaki ağır metalleri, protozoaları ve diğer bazı bileşenleri tüketmektedir. Midye kabuğunun adsorbe etme kapasitesi oldukça yüksektir. 3 tarafı denizlerle kaplı ülkemizde çok midye bulunmakta ancak bu canlının yiyecek olarak tüketimi sınırlı kalmaktadır. Midye kabuğundan aktif karbon elde edilmesi karbonizasyon ve aktivasyon olmak üzere iki aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalarda; inert bir ortamda yaklaşık 600ºC'da karbonlaştırma işlemi gerçekleşir ve oluşan ara ürün 900-1100ºC'da aktive edilir.

EC ve AC'un hibrit sistemde uygulanması işlemi (Şekil 1), EC prosesinde anot ve katot düzeneğinin bulunduğu reaktöre AC girişinin yapılması ve koagülasyon işlemi için karıştırıcı kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Sistem pH'ı, anot, katot, elektrot cinsi, akım, bekleme süresi ve karıştırıcı gibi değişkenler sistem verimini etkilemektedir. Ayrıca partikül büyüklüğü de önemli parametreler arasındadır. Demirin havada bulunan oksijen ile reaksiyonu sonucu oluşan demir oksitler suya sarı-kahverengi renk verebilir. Bu nedenle alüminyum elektrot daha uygundur. Monopolar ve bipolar elektrotlar kullanılarak seri ya da paralel şekilde bağlanmak suretiyle farklı giderim verimleri sağlanabilmektedir. Yüksek KOİ, yüksek BOİ, yüksek AKM, yüksek alkalinite, yüksek organik madde içeriğine sahip olan atıksu için bekleme süresi 20 dakika ve akım yoğunluğu 100A/m^2 önerilmektedir. EC prosesi ve aktif karbon aynı reaktörde kullanıldığında elde edilen BOİ, KOİ, organik madde, renk ve ağır metallerin giderim verimlerinin %99'a kadar yükselmesi sözkonusudur. Bekleme süreleri ve akım yoğunlukları atıksuların özelliklerine ve içeriğine göre değişmektedir. Suyun iletkenliği, pH'nın değişimi, sıcaklık ve oksidasyon redüksiyon potansiyeli kontrol parametreleri olarak önemlidir.

Şekil 1. EC ile AC 'nun Kullanılabileceği Hibrit Sistem Reaktörü

Ülkemizde bu sistemin uygulanmamasının en temel nedeni elektriğin pahalı olmasından kaynaklı enerji maliyetidir. Sistem için gerekli enerji ihtiyacı, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilebilir ve böylece maliyet en aza indirilebilir. Güneş enerjisi için yatırım maliyeti 109800 TL, rüzgar enerjisinde 107 cm kanatlı türbin maliyeti 4300 TL olarak hesaplanmıştır. Önerilen hibrit yöntemin; midyenin yetiştirildiği deniz kenarı, sıcak iklimlerde uygulanması maliyet açısından daha uygundur. Çünkü sıcak iklimlerde gerekli enerji, güneş enerjisinden sağlanabilir. Bu bölgeler için planlanan sistem Şekil 2'de görüldüğü gibi yaz mevsiminde ve gündüz saatlerinde güneşten, kış mevsiminde ve gece saatlerinde ise rüzgardan enerji sağlamaktadır. Bu sayede enerji kaynaklı işletme maliyeti azaltılabilmektedir.

Şekil 2. Enerji İhtiyacı İçin Kullanılabilecek Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Sonuç olarak yüksek kirliliğe sahip atıksuların arıtımında elektrokoagülasyon ve aktif karbonun hibrit sistemde uygulanması ile başarılı ve uygun maliyetli bir arıtım sağlanabileceği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Elektrokoagülasyon, aktif karbon, adsorpsiyon, midye kabuğu*

BİYODİZEL ELDESİ İÇİN TÜBÜLER FOTOBİYOREAKTÖR İLE STOK MİKROALG ÜRETME SİSTEMİ TASARIMI VE YAPI MİMARİSİNE ENTEGRASYONU

İbrahim Halil SAMAK, Esra YEL
Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kampüs, Konya

ÖZET: Burada, güneş ışınımı ile sürekli çalışan, hava pompasıyla tahrikli boru şekilli fotobiyoaktif maddelerin tasarımında bir yöntem içerisini de geliştirici ekipman ekleme tasarımı sunulmaktadır. Tüp uzunluğu, akış hızı, hava kaldırma sütun yüksekliği ve güneş alıcısının geometrik konfigürasyonunun çeşitli performans parametreleri üzerindeki etkileri mimari yapılara entegrasyonu tartışılmıştır. Akışkanlar mekaniğinin prensipleri, gaz-sıvı kütle transferi ve ışınım kontrollü alg büyümesi, kültürün hava kaldırma pompası ile dolaştırıldığı tüp şeklindeki fotobiyoreaktör (PBR) tasarımı için bir yöntem ile bütünleştirilmiştir.

Bu yöntemde kültür performansı, çeşitli aydınlatma şartları, seyreltme hızları ve sıvı hızları altında boru şeklindeki güneş enerjisi toplayıcısı aracılığıyla değerlendirilmişir. Seçilen kültürün performansı, aydınlatma şartları ve sıvı hızları altında saydam ışınımı gerçekleştirebilecek sert yapıdaki borularla bu sistem değerlendirilmiştir. Bu boruların çapları büyüdükçe verim azalacaktır ve güneş ışınlarıyla kültür temas veriminin azalması kültür ortamının oluşmasında ışık ihtiyacını arttıracaktır.

Mikroalg üretimi için önemli temel hususlar; ışık ya da güneş enerjisi, su, karbondioksit ve inorganik zenginleştirici maddelerdir. Bu ihtiyaçlar temin edildiğinde alglerin yoğun miktarlarda üretimi de mümkün olmaktadır. Dış mekânlardaki mikroalg üretim sistemlerinin iç mekandaki sistemlere göre en önemli ve en belirgin farkı, alg kültürlerinin doğrudan çevre etkilerine maruz bırakılmasıdır. Her alg türü en ideal gelişimi kendine özgü spesifik koşulların sağlandığı kültür ortamlarında gösterir. Dış mekândaki fotobiyoreaktör, mikroalg üretimi için tasarlanmış, güneş ışığının yeterli olduğu dış mekânlarda, saydam silindirik borular içinde algin bulunduğu, sürekli dolaşım sistemine dayanan bir modeldir. İç mekânlardaki mikroalg üretim sistemleri, iç mekânlarda küçük ölçekli torbalarda mikroalg üretim sistemleri, kapalı ortam koşullarındaki büyük ölçekli "Big Bag" sistemler, tübüler fotobiyoreaktörler, düz-levha fotobiyoreaktörleri olarak bilinmektedir. Bu sistemlerin dezavantajı, üretim performansı garanti altında olmadığı gibi, üretimi önceden belirleme şansı yoktur. Yine küçük ölçekli iç mekânlarda şeffaf kaplarda mikro alg üretimi yapılabilmektedir.

Kapalı reaktörlerin mikroalg üretiminde kontaminasyonu önlemek ve yüksek yoğunluktaki ışığın etkin kullanımı ile yüksek üretim sağlamak, ısı kontrolü ve dış mekân da tasarlanan kapalı biyoreaktörlerde güneş ışığının kullanılabilme özelliği gibi birçok avantajı vardır. Kirlilik riskinin önlenmesi çok daha geniş türlerin üretilebileceği ve dış ortamda da biyoreaktörlerin kullanılabileceği anlamına gelmektedir. Levha şeklindeki veya ince çaplı boru fotobiyoreaktör tasarımında temel ilke, yüzey genişliğini arttırarak ışığın etkin kullanımını sağlamaktır. Biocoil tasarımı eşit karışım sağlamakta ve alglerin tüplerin iç yüzeylerine yapışmasını en aza indirgemektedir. Ayrıca biocoil sistemi kolaylıkla taşınabilmektedir, böylece iş gücü en aza indirgeyerek ve güvenilirliği artmaktadır. Üretim sürecini otomatikleştirir. Bütün alg türleri için bu sistem uygun değildir. Bazıları özellikle hassas türler sirkülasyon sisteminden zarar görmektedir ve diğer bazı türler ise şeffaf tüplerin iç yüzeyine yapışarak alg üretimini olumsuz etkileyebilirler.

Biyoreaktörde dolaşımı temin etmek için en basit ve en ucuz pompa diyafram pompadır. Tüpler, dikey ya da yatay bir şekilde düzenlenerek kapalı ya da dış alanlarda belli bir açıyla inşa edilebilir. Şeffaf tüplerin ya da plastik tüplerin yüzeyine biriken alglerin temizlenmesinde özel patentli boncuklar kullanılır. Bu boncuklar alg ile birlikte sistemde dolaştırılarak sistemin temizliği sağlanabilir. Genelde bu tür temizleme uzun dönemli çalışan sistemler için gerekli olmaktadır. Sistem büyük ölçekli düşünüldüğünde tüpler büyük çaplı ve uzunlamasına tasarlanarak sıvı akışının daha rahat olabilmesi sağlanır.

Tübüler fotobiyoreaktör tasarımında sistem bileşenlerinden biri Güneş kolektörüdür. Sürekli kültürde, biyokütlenin spesifik büyüme oranı, güneş tüpündeki ortalama ışınım şiddetine bağlıdır. Biyokütle üretkenliği harici ışınımın ve güneş kolektör tüplerinin çapının herhangi bir kombinasyonu için belirlenebilir. Aksi sabit koşullar için, güneş kolektör tüplerinin geometrik düzenlemesi tüplerin yüzeyi üzerindeki ışıma oranını da belirler, çünkü tüplerle karşılıklı gölgelenme belirli bir yüzey alanı üzerinde düzenlenme şeklinden etkilenir. Bir diğer bileşen Hava kurtarma cihazı iki ihtiyacı karşılar: akışkanın güneş döngüsü vasıtasıyla dolaşımı ve oksijeni sıyırma. Pratik amaçlar için, bir fotobioreaktörün büyütülmesi hem güneş alıcısının hem de hava kurtarma cihazının ölçeklendirilmesini gerektirir. Boru çapındaki herhangi bir değişiklik, karanlık ve hafif bölgelerdeki göreli hacimlerde bir değişiklik anlamına gelebilir. Belirli şartlar altında (yani güneş ışınımı, biyokütle konsantrasyonu ve pigment içeriği), ışık yoğunluğunun bir büyüme sınır değerine düştüğü derinlik tüp çapındaki

bir artıştan etkilenmeyecek, ancak karanlık bölgenin derinliği artacaktır. Reaktörün verimliliği, ışık/karanlık değişim frekansı sabit tutulmadıkça bozulacaktır.
Bu çalışmada önerilen sistemin içinde mutlaka bulunması gereken bileşenler şunlardır: Hava üfleyicisi (Kültür dolaşımı ve gaz için: örn: Medo® LA-120A), Havalı difüzörler (kültür içinde dağınık hava olması için örn: FlexAir® 9), Hava akış regülatörü (disk difüzörlerine hava akış oranını ayarlamak için örn: Key Instruments® akrilik akış ölçer), Su ısıtıcıları (Kültür ısısını korumak için örn: ViaAqua® Quartz Şofben), CO_2 tankı, CO_2 difüzörü (örn: Viagrow® Micro Hava Taş Difüzörü), pH düzenleyici, pH sensörü (örn: Milwaukee® SMS122 pH Ölçer ve Vernier® pH Sensörü), Sıcaklık probu (örn: Vernier® Paslanmaz Çelik Prob), Nitrat İyon Seçici Elektrot, Çözünmüş Oksijen Probu, Işık yoğunluğu sensörü, Veri kaydedici (pH, sıcaklık, ışık yoğunluğu, çözünmüş oksijen ve nitrat konsantrasyonunu toplamak için örn: Vernier® LabQuest® 2 Data Logger), Hasat pompası (örn: Danner Manufacturing® Model 5 Manyetik Sürüş (Hasat) Pompası). Sistemde kültür homojen bir şekilde borular içerisinde hava pompası ile dolaştırılırken gerçekleşen kültür ortamında büyüyen ve çoğalan microalg oranın artmasıyla biyokütle sensörü uyarılır. Bilgisayar sistemi ile otomatik olarak vanalar sensörler yardımıyla kapanır. Kapanan iki vana zaman aralığında homojen şekilde dağılmış olan tüpler yapıda olan borular içerisindeki kültür üçüncü vana yardımıyla sistemden boşaltılır. Ve sisteme temiz su girişi sağlanarak gerekli besin ile alg aşısı eklenir. 3-yollu selenoid vanalar elektrik akımı veya elektrik sinyali ile ana vananın açılıp kapanmasını sağlar. Ana vananın 'normaldeki kapalı' hali standarttır.
Mimariye kolay entegre edilebilir bir yenilenebilir enerji kaynağı teknolojisi olan ve yukarıdaki bileşenlerden oluşan PBR sistemlerinin, hem mevcut hem de yeni yapılacak güneş ışığını görebilen yapılarda kullanımı mümkündür. Yan duvar veya çatı şekline uygun olacak şekilde tüp tasarımı ve yerleşimi yapılabilecektir. Biyodizel üretiminde kullanılacak algllerin üretiminin yanısıra mimari yapılara da görsel anlamda katkı sağlamaktadır. Bu katkı özellikle yenilenebilir enerji kullanımı, yerel enerji kullanımı, enerji korunumu ve çevreye daha az zarar verme, atık yönetiminin kolaylığı ve geri dönüşüm açılarından olmaktadır. Dolayısıyla PBR bileşenler, hem enerji etkin binaların hem de sürdürülebilir binaların üretiminde kullanılabilecek bir yapı sistemeleri durumunda olup, ülkemizde kullanımının artmasıyla hem enerji açısından bağımsız, hem de sürdürülebilir kalkınmasını gerçekleştiren bir ülke olmamıza katkıları oldukça fazla olacaktır. Gündüz güneş ışınımından yararlanan geceleri UV ışık kaynağıyla çoğalan ve büyüyen kültür mimari yapılarda dış mekanlarda kullanım amaçlı yapılmıştır. Mimari yapılara entegrasyonunda kullanıma kazandırılan bölgelerde hasat edilen mikroalgler belirlenen bölgelerde stoklanarak bunlardan biyodizel üretimi sağlanabilecektir. Önerilen PBR sistemleri, hem mevcut hem de yeni yapılacak güneş ışığını görebilen yapılarda kullanımı mümkün olup yapılara da görsel anlamda katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Fotobiyoreaktör, Alg Kültürü, Microalg üretim sistemleri*

KONYA İLİ MERAM İLÇESİ TATLI SU ŞEBEKESİ SERTLİK DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Yasemin AKÇA[1], Mehmet TÜRKYILMAZ[2], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Sular içerdikleri sertlik konsantrasyonuna göre yumuşak su (0-75 mg/L $CaCO_3$), orta sertlikte su (76-100 mg/L $CaCO_3$), sert su (101-300 mg/L $CaCO_3$) ve çok sert su (>300 mg/L $CaCO_3$) olarak sınıflandırılmaktadır. İçme sularında kalsiyum ve magnezyum miktarlarının yüksek olmasının insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi yoktur, ancak içimi zor olduğundan dolayı ve evsel ve endüstriyel kullanımda oluşturduğu bir takım problemlerden dolayı pek tercih edilmez. Orta sertlikte olan sular daha çok tercih edilir. Yeraltında bulunan madensel maddeler ile temas halinde olması nedeniyle yeraltı suyu yüzey suyundan daha serttir. Doğal suların sertlik kaynağı ise toprak ve kaya yapıları ile temasıdır. Bu çalışmada Konya ili Meram ilçesinde tatlı su şebekesinden 15 farklı noktadan (Şekli 1) su numuneleri alınmış ve Standart Metot 2340 C. EDTA titrimetrik metoda uygun olarak toplam sertlik analizleri yapılmıştır.

Şekil 1: Meram ilçesi numune alım noktaları

Çalışma sonuçlarına göre numunelerin ortalama sertliği 192.4 mg/L $CaCO_3$ bulunmuş, en düşük 166, en yüksek ise 234 mg/L $CaCO_3$ olarak tespit edilmiştir. Bu durumda söz konusu su numunelerinin sert su özelliğinde olduğu söylenebilir. Konya'da yapılan bir çalışmada Apa Baraj Gölü'nde en düşük sertlik 12.52 Fr, en yüksek sertlik 20.27 Fr bulunmuştur. Baraj Gölü suyunun orta sert sınıfında olduğu tespit edilmiştir (Mert ve diğ. 2008). Konya yerleşim alanı yeraltı suyunda yapılan çalışma sonucu su sertliği 17 - 100 Fr arasında değiştiği ve sert su özelliğinde olduğu tespit edilmiştir (Nalbantçılar ve Güzel, 2002). Yapılan bir çalışmada Konya yerleşim alanında açılan içme suyu kuyularında sertlik parametresi CBS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucuna göre; minimum sertlik 150 mg/L $CaCO_3$, maksimum sertlik 770 mg/L $CaCO_3$ bulunmuş ve Kriging interpolasyonuna göre kentin %62.4'ünün 300 mg/L $CaCO_3$'dan fazla sertliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Nas ve Berktay, 2001). Bu çalışmada bulunan değerler diğer çalışmalarla kıyaslandığında özellikle tatlı su olarak adlandırılan bir şebeke için oldukça yüksektir.

Anahtar kelimeler: *Sertlik, Tatlı Su, Konya*

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDEKİ ATIKLARIN YÖNETİMİ

Mustafa BAŞER[1], Ahmet SARIKAYA[1], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Bu çalışmada otomotiv sektöründe oluşan atıkların türleri, atık yönetimi stratejileri hakkında bilgi edinilmesi ve öneriler getirilmesi hedeflenmiştir. Otomotiv sanayi, yolcu ve yük taşımacılığında kullanılan motorlu karayolu taşıtlarının üretildiği ana sanayi ile bu taşıtlara yedek parça üreten veya temin eden yan sanayinin hepsini içine alan büyük bir sanayi kolu konumundadır. Sayısız üretim ve dizayn aşamalarından geçerek elde edilen taşıtların işletmelerdeki çevresel etkileri üretim öncesi, üretim süreci, tüketim öncesi ve tüketim sonrası aşamaları göz önüne alınarak yaşam döngüsü bakış açısı ile değerlendirilmektedir (Demirer, 2008). Bu sektörde oluşan atıkların etkileri üç ana başlıkta incelenebilir: Üretim aşamasındaki çevresel etkiler (atmosferik emisyonlar, atık sular, katı ve tehlikeli atıklar); motorlu araçların kullanımı sırasında oluşturdukları çevresel etkiler (atmosferik emisyonlar, katı ve sıvı atıklar) ve ömrünü tamamlamış araçların etkileri (hurdaya ayrılan araçlar ile bunların katı ve sıvı atıkları) (Katip ve ark., 2014). Endüstriyel tesislerin üretim aşamalarında su, enerji ve kimyasal maddeler başta olmak üzere birçok hammadde kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründe ise bunlara ek olarak birçok hammadde ve teknoloji üretimde kullanılmaktadır. Ancak 4 temel proses üretim aşamasını oluşturur: Presleme, kaynak yapma, boyama ve montaj. Presleme prosesinde taşıtların dış kaportası yani gövdesi oluşturulur. Daha sonra teknolojik makine ve kalifiye elemanlar ile parçaları birleştirilerek araç şeklini alır. Buradan gelen araçlar özel fırınlarda özel robotlar ile istenilen renkte boyanır. En son iç ve dış aksesuarları montajlanarak kullanıma hazır hale getirilir ve kullanıcıya sunulur. Tüm bu süreçler uygulanırken proseslerde metal rulolarının şekillendirilmesi, ısı kullanımı, kimyasal asitlerme ve temizleme ve fırınlarda elektrostatik kaplama gibi işlemler yapılmakta, bu işlemler sonucunda hem ürün hem de katı, sıvı ve gaz gibi birçok tehlikeli madde ortaya çıkmaktadır. Bunların çoğu tehlikeli atık olup yönetmelik çerçevesinde uygun yöntemlerle bertaraf edilir, bir kısmı doğal ortama arıtılamadan verilir ve bir kısmı da geri dönüştürülerek tekrar kullanılır. Bunlara ek olarak tesislerde evsel atıklar da meydana gelir. İşçilerin kullandığı lavabo, yemekhane, ofis, bahçe, ısınma, aydınlanma, otopark vb. yerlerden evsel katı, sıvı ve gaz atıklar oluşabilir. Bunlar yönetmeliğe uygun olarak bertaraf edilir. Bu iş yerlerinde gürültü kirliliği de önlenmeli, gerekli tedbirler alınmalıdır.

Ülkemizde uluslararası otomotiv işletmelerinin çevreye duyarlı yönetim anlayışını benimsemeleri ve buna yönelik standartların getirilmesi otomotiv yan sanayinin de çevreye duyalı üretim ve yönetim anlayışını benimsemesini zorunlu kılmaktadır (Üstünışık, 2014). Ülkemizdeki yapılan çalışmaların ilki üretimin ve tüketimin yönetmeliklere uygunluğunun denetlenmesidir. Bu kapsamda çevre mevzuatı göz önüne alındığında otomotiv endüstrisinin birçok yönetmeliğe uygun üretim yapması ve atıklarını bertaraf etmesi gerekmektedir. Ülkemizde yeni yönetmeliklerin çıkması ve mevcut olanların revizyona uğraması nedeniyle sürekli olarak takip edilmesi atık yönetiminin de bu doğrultuda şekillendirilmesi gerekmektedir (Anonim, 2014). Kyoto Protokolü gibi uluslararası anlaşmalar yapılmaya başlandıktan sonra, otomotiv sektöründe üreticilerin esas amacı daha az CO_2 emisyonu salınımı sağlamak olmuştur. Bu da otomotiv üreticilerini CO_2 salınımını azaltmak ve çevreci taşıtlar üretmek için yapılması gerekenler konusunda AR-GE çalışmaları yapmaya yöneltmiştir. Bu kapsamda bazı firmalar araçlarının yaşam döngüleri, ISO 14001 sertifikasyonları, eko-dizayn ve atıklarının geri dönüşüm çalışmaları ile araçlarının çevresel etkilerinin azalması ve ekolojik dengeyi korumak için çalışmalar başlatmışlardır. Otomotiv sektöründe amaç ekonomik, çevreye duyarlı ve çok az yakıtla daha iyi performans sağlayan taşıt üretmektir. Bu kapsamda Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı öncülüğünde Yüksek Planlama Kurulu'nun 16 Mart 2016 tarihli toplantısında kabul edilen "2016-2019 Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı" 2 Nisan 2016 tarih ve 29672 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (URL-1). Bu planda öncelik yerli otomobil üretimine verilmiş, alternatif yakıt kullanımının yaygınlaştırılması, çevreye duyarlı araç kullanımının özendirilmesi ve kullanılan taşıtlarda geri kazanımın artırılması gibi konular detaylıca anlatılmıştır. Ayrıca bu eylem planıyla birlikte yürürlüğe konan İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı da çevreci bir üretim ve kullanım için birçok konuya değinip yapılması gerekenler maddeler halinde anlatılmıştır. Bunlar; binek araçlardan salınan CO_2 emisyonunun azaltılması, temiz ve enerji verimliliği olan araçların teşviki direktifinin ülke mevzuatına kazandırılması ve vergi mevzuatında düzenlemeler gibi konuları kapsamaktadır (URL-2). Ülkemiz ayrıca bu konularda AR-GE çalışması yapan kuruluşlara önemli destekler sağlamaktadır.

Sonuç olarak, artan araç ihtiyacı üretimi de tetiklemiş bu da üretim aşamalarında oluşan katı, sıvı ve gaz atıkların miktarını da önemli ölçüde artırmıştır. Buna paralel olarak arıtma gereksinimleri de artmıştır. Artan maliyetler

hem üretici hem de tüketicileri çevreci ürünleri tercih etmeye yöneltmiştir. Bu nedenle de otomotiv şirketleri önce AR-GE çalışmalarına yoğunluk vermiş daha sonra ise çağa uygun olarak, tüketicilerin de istekleri doğrultusunda ekodizayn, çevresel sertifikasyon, temiz teknolojiler, çevre dostu materyal kullanımı, geri dönüşüm, atık yönetimi ve yaşam döngüsünün değerlendirilmesi gibi çalışmaları yapıp üretim tüketim mekanizmalarına bunları entegre etmeye çalışmışlardır. Otomotiv sektöründe "yeşil" uygulamaları kullanmak, hem ekonomik açıdan hem de çevresel açıdan ülkemizin kalkınıp gelişmesini ve sürdürülebilir enerji kaynaklarımızın daha dikkatli kullanılmasını sağlayarak gelecek nesillere yaşanılabilir bir çevre bırakmamıza olanak tanıyacaktır.

Tüm bu yapılan araştırmalar, çalışmalar ve bulgular ışığında otomotiv sektöründen kaynaklanan çevresel etkileri azaltmak ve ekonomiye katkı sağlamak için verilebilecek öneriler şunlardır: Yerli otomobil ve yerli taşıt motorları konusunda gerekli çalışmalar ivedilikle yapılmalıdır. Otomotiv üretiminden kaynaklanan çevresel etkileri minimize edebilmek için araçlar çevreye duyarlı bir şekilde tasarlanmalıdır. Araç üretim aşamalarında meydana gelen ve alıcı ortamlara verilen atıklar ve yaratacağı kirlilik iyi bilinmeli, bunlara yönelik olarak çıkarılan mevzuatlar uygulanmalıdır. Dünyada yapılan bu konuda ki mevzuatlar ve çalışmalar da araştırılıp faydalı olanlar ülkemiz mevzuatlarına entegre edilmelidir. AR-GE çalışması yapan kuruluşlar desteklenmelidir. Çevreci bir üretim ve kullanım için hem üreticiler hem de tüketici olan halk bu konularda düzenli olarak bilgilendirilmeli seminerler düzenlenmelidir.

Anahtar Kelime: *Atık, otomotiv endüstrisi, çevresel etkiler, kirletici maddeler.*

KAYNAKLAR

Anonim, 2014 . Oyak-Renault atık yönetimi semineri, Uludağ Üni. Çevre Müh. Bölümü, 5 Mayıs 2014.

Demirer, G. N., 2008. Otomotiv sektöründen temiz üretim ve eko-inovasyon uygulama örnekleri, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, İstanbul.

Katip A, Karaer F, Özengin N, 2014. Otomotiv sektörünün çevresel açıdan değerlendirilmesi, Uludağ Üni. Mühendislik Fak. Dergisi, Cilt 19, Sayı 2

URL-1: <http://www.mess.org.tr/media/filer_public/27/ea/27ea6532-cb3f-489f-8a6e-4ee8195c3250/eylem_plani.pdf> , alındığı tarih:12.04.2017.

URL-2: <www.odd.org.tr>, alındığı tarih: 12.03.2017.

Üstünışık, N. Z., 2014. Türkiye imalat sanayinde yeşil imalatın uygulanabilirliği: makine imalat sanayi örneği. Kalkınma Bakanlığı İktisadi ve Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Uzmanlık Tezi, Yayın no: 2864

HEKZAKLOROBENZEN, KAYNAKLARI VE ÇEVREDE DAĞILIMI

Dilek ERCAN[1], Hande ACAR[1], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2],
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Bu çalışmada ülkemizde kullanımı yasaklanan hekzaklorobenzen (HCB) maddesinin kaynakları ve ülkemizdeki durumu incelenmiştir. HCB klorinli bir endüstriyel hidrokarbon kimyasaldır, yağlar ve organik çözücüler içinde çözünebilme özelliğine sahiptir. HCB kalıcı organik kirleticilerinden biridir, çevrede, hayvanlarda ve insanlarda biyolojik olarak birikme eğilimindedir ve çevreye olan zararları nedeniyle, Stockholm Sözleşmesi uyarınca küresel olarak yasaklanmıştır. HCB artık doğrudan kullanılmamasına rağmen, halen çevremizde bazı faaliyetlerin bir yan ürünü olarak ve geçmişteki kullanımları nedeniyle bulunabilmektedir. Geçmişte havai fişek ve mühimmat yapımında, sentetik kauçuk imalinde ve buğday ve diğer tohumları korumak için mantar ilaçları olarak kullanımı bilinmektedir. Çevremizde potansiyel kaynakları, diğer klor içeren bileşikler üretilirken yan ürün olarak oluşumu, su tortullarında mevcudiyeti, bazı zirai ilaçların imalinde yan ürün olarak oluşumu, HCB ile kirlenmiş zirai ilaçların kullanımı, proses suyu ve atık suyun klorlama muamelesi sonrası, belediye ve tehlikeli atıkların yakılması sonrası ve kimyasal çözücülerin üretiminde yan ürün olarak oluşumu şeklindedir. Bu maddenin yapılan araştırmalarına dayanarak insan dokularında, vücutta, özellikle yağda, yıllarca kalma eğiliminde olduğu bilinmektedir. Hamilelik esnasında veya anne sütü vasıtasıyla, bu madde bebeklere aktarılabilmektedir.

HCB, WHO tarafından Akut Tehlike Sıralamalarında "son derece tehlikeli", EPA tarafından "muhtemel kanserojen" ve Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından "olası kanserojen" olarak listelenmiştir. ABD Ulusal Toksikoloji Programı'nın (NTP) Kanserojen Listesinde, "Kanserojen Olması Makul Olarak Öngörülecek" olarak derecelendirilmiştir. AB endokrin bozucu bileşikler için önceliklendirme listesinde "muhtemel" endokrin bozucu olarak listelenmiştir. HCB uzun süre çevrede kalma eğilimi gösterir. Toprakta 3-6 yıl, yüzey sularında 2.7-5.7 yıl ve yeraltı sularında 5.3-11.4 yıl yarı ömrü vardır. EPA, çocukların içtiği suyun 0,05 ppm'den fazla HCB içermemesi gerektiğini ve yetişkinlerin daha uzun süre içeceği suda 0,2 ppm'i (yaklaşık 7 yıl) aşmaması gerektiğini önermiştir.

Türkiye'de 1955-1959 döneminde, güneydoğu Anadolu'da yaklaşık 4000 kişi, buğday fidelerine eklenen fungisit olan hekzaklorobenzene maruz kalma nedeniyle porfiriye yakalanmıştır. Bu HCB maruziyetleri, daha sonra güneşe maruz kalan bölgelerdeki büllerin gelişmesine, hiperpigmentasyona, hipertikoza ve porfirinüri'ye yol açmıştır. Durum kara yara ya da "kara boğaz" olarak adlandırılmıştır. Hamile annelerin HCB ye maruz kalınmasından dolayı doğan cocukların 2 yaşına gelmeden pembe yara adı verilen bir hastalıktan öldüğü çoğu hastada ise dermotolojik nörolojik ortapedik rahatsızlıklar oluştuğu saptanmıştır. Ülkemizde KOK ile kirletilmiş iki önemli alanın bulunduğu, bunlardan birinin PCB diğerinin ise HCB ile kirlenmiş olduğu ifade edilmektedir. Bahsedilen alanlardan PCB ile kirlenmenin temizlendiği diğer alanın ise tamamen temizlenmediği bilinmektedir. Bu nedenle kullanımı artık yasaklanmış olsa da, çevresel ortamlarda halen mevcut olan HCB'nin belirlenmesi ve giderimi ile ilgili araştırmaların yapılması önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Hekzaklorobenzen, çevresel dağılım.*

TÜRKİYE'DE SU KAYNAKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Zabiullah MOHAMMADI [1], Fazalrahman BASHARDOST [1], Mohammad Mohib REZAYEE [1], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Bu çalışmada ülkemizdeki su kaynaklarının sürdürülebilirliği ile ilgili yapılan çalışmaların incelenmesi hedeflenmiştir. Türkiye'deki su kaynaklarının potansiyelinin belirlenmesi, mevcut durum analizi, ekonomik, çevresel ve toplumsal ihtiyaçları karşılamak için su kaynaklarının verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanımına katkı sağlamaktadır. Türkiye'nin yarı kurak bir ülke olması, su talebinin gün geçtikçe artması, mevcut kaynakların sürekli azalması, sınırlı su kaynaklarını daha verimli bir şekilde kullanılması için su kaynaklarının denetimi ve yönetimini daha önemli hale getirmiştir. Konya, Büyük Menderes ve Kızılırmak havzaları kuraklığa doğru gitmektedir. Verilere göre bu havzaların yüzeysel suların 2030 yılına kadar %20, 2050 yılına kadar %35 ve 2100 yılına kadar %50'si ortadan kaybolacağı ön görülmektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin gelecek nesillere yeterli ve sağlıklı su bırakabilmesi için kaynaklarını daha iyi koruyup, sürdürülebilir ve akıllıca kullanması gerekmektedir. Su kaynaklarının kullanımında genel olarak bütün ülkeler tarafından kabullenilmiş yöntem öncelikle yaşamın devamı için zorunlu ihtiyaçların karşılanması, sonrasında farklı amaçlar için su tahsis edilmesidir. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planında bu önceliklendirme: içme ve kullanma ihtiyacı, hayvanlar ve doğal hayatın devamı için su ihtiyacı, tarımsal üretim için su ihtiyacı, enerji ve sanayi için su ihtiyacı, ticaret, turizm, balıkçılık vb. su ihtiyacı şeklinde belirlenmiştir.

Su kaynaklarının daha verimli kullanılması için su potansiyeli ve ihtiyaçlarının belirlenerek, mevcut su ve ihtiyaçlar arasında dengeli bir şekilde kullanımının sağlanamsı gerekmektedir, bunun için su havzalarının planlama çalışmaları önemlidir. Türkiye tarım sektöründe potansiyelini değerlendirip, ihracatın geliştirilmesi, sulama projeleri inşa edilmesi, çiftçi eğitimi ve üretimi, arz ve talebinin takip edilmesi, çiftçileri bilgilendirecek organizasyonlar ve gerekli olan sigortalama kuruluşları oluşturulması, kaliteli ürünler yetiştirilmesi ve pazarlaması gibi hususlarda gerekli destek sağlanmalıdır. Pekçok ülkede mevut kaynaklarını tamamına yakını ile ilgili planlama yapılmışken, ülkemizde su kaynaklarının geliştirilmesi konusunda bu oran yaklaşık olarak %40 seviyesine gelmiştir. Hidroelektrik santral (HES) projeleri, jeotermal enerji sosyal, ekonomik ve çevreye faydalı şekilde alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmalıdır. Jeotermal enerji diğer enerji kaynakları kadar önemli ve özellikle sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Enerji konusunda Türkiye fakir bir ülke olup enerji ihtiyacının bir kısmını yurtdışından sağlmaktadır. Bu nedenle su potansiyelini belirleyip ekonomik olarak verimli bir planlama yapılmalıdır. Türkiye'nin tarım ve sulama konusunda daha sürdürülebilir ekonomik yöntemler geliştirilmesi, aynı şekilde sürdürülebilir ve ekonomik enerji olarak HES kullanımını yaygınlaştırmasının önemli olduğu düşünülmektedir..

Anahtar Kelimeler: *Su kaynakları, Sürdürülebilirlik, Türkiye.*

HAZIR BETON VE MERMER İŞLEME TESİSİ PROSES ATIKSULARINDAN BULANIKLIK GİDERİMİ

Veli ÖZKAYA[1], Fatih YÜKSEL[1], Zehra GÖK[2], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[3]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Sarayönü MYO, Çevre Koruma Teknolojileri Bölümü, Konya*
[3] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Hazır beton üretim tesisi beton, agrega, çimento ve suyun belirli oranlarda karıştırıldığı, bazı durumlarda içerisine kimyasal ve mineral katkı maddelerinin de ilave edilebildiği hazır betonun standartlara uygun olarak hazırlandığı tesislerdir. Tesiste su ihtiyacı beton üretiminde kullanılan proses suyu, transmikser yıkama işleminde, tesis temizliğinde kullanılan su ve personelin kullanımındaki sulardan oluşmaktadır. Oluşan atıksular ise transmikserlerin iç ve dış yıkama işlemlerinden, beton santralinin yıkanmasından ve personelin kullanımından kaynaklanmaktadır. Atıksu kompozisyonu dikkate alınırsa transmikser yıkama ve santral temizliği işleminden kaynaklanan atıksular yüksek AKM ve buna bağlı olarak bulanıklık değerlerine sahip olabilmektedir. Mermer işleme tesisi; ocaklarından çıkarılan mermerlerin kesme, yıkama, silme ve cilalama işlemleri sonrasında açığa çıkan özellikle katı partikül içerik açısından oldukça zengin ham proses atıksularından oluşmaktadır. Ayrıca personelden kaynaklı atıksular da mevcuttur. Mermer işleme tesisi atıksu karakterizasyonu yüksek AKM ve bulanıklık değerlerine sahiptir. Hazır beton üretim ve mermer işleme tesislerinden çıkan atıksuyu ve agregayı geri kazanmak amacıyla veya Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak deşarj standartlarını sağlamak amacıyla arıtma tesisleri kurulmuştur. Beton ve mermer arıtma tesislerinden çıkan sulardaki en büyük problem AKM, bulanıklık ve bazı durumlarda ağır metal parametreleridir.

Bu çalışmada tek başına fiziksel çökeltme işlemi uygulanan, hazır beton ve mermer işleme tesislerinden alınan proses atıksularına jar test deneyleri uygulanarak bekleme sürelerinin kısaltılması ve bulanıklık giderim verimlerinin artırılması hedeflenmiştir. Jar test düzeneğine yerleştirilen beherlere aluminyum sülfat ve demir klorür dozlaması yapılmış, 2 dakika 120 rpm hızında hızlı karıştırma, 30 rpm hızında 20 dakika yavaş karıştırma uygulanmıştır. Bir saat çökeltme işleminden sonra supernatan tabakasından numune alınarak bulanıklık tayin edilmiştir. Hazır beton tesisi proses atıksuyunda 1 mg/L alum dozunda % 89.5 ve 2.8 mg/L demir klorür dozunda % 88 bulanıklık giderimi sağlanmıştır. Mermer işleme tesisi proses atıksularında 1 mg/L alum ve demir klorür dozlamaları sonucu sırasıyla % 97.9 ve % 98.1 bulanıklık giderimi sağlanmıştır. Birbirine genel özellikleri bakımından benzerlik gösteren her iki proses atıksuyunda da oldukça düşük koagülan madde dozlamaları ve kısa bekleme sürelerinde tesislerde tek başına fiziksel arıtım ile elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında daha yüksek düzeyde bir bulanıklık giderimi başarılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Hazır beton tesisi atıksuyu, mermer işleme tesisi atıksuyu, bulanıklık.*

TEHLİKELİ ATIKLARIN MİNİMİZASYONU

Dervişhan BULUT[1], Burak BULUT[1], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Bu çalışmada tehlikeli atık kaynaklı problemler ve atıkların minimizasyonunda kullanılan teknikler hakkında bilgi edinilmesi hedeflenmiştir. Tehlikeli atıklarla ilgili problemler iki başlık altında toplanabilir. Birincisi, sanayileşme sürecine koşut olarak ülkeler içindeki tehlikeli atık miktarının ve çeşitliliğinin artmasıdır. İkincisi, dünya üzerinde tehlikeli atıkların büyük çoğunluğunu üreten gelişmiş ülkelerin bu atıkları başka ülkelere ihraç etme girişimlerinde bulunmalarıdır. Atıkların kaynağına, bileşimine ve özelliklerine göre sınıflandırılması, toplama, taşıma ve bertaraf sistemlerinin tasarımı, tesisi ve işletilmesi geri kazanılabilir maddelerin ekonomiye kazandırılması ve bu atıklardan enerji üretimi açısından son derece önemlidir.

Türkiye'de ortaya çıkan tehlikeli atıklarının çeşitleri, yüksek radyoaktiviteli atıklar dışında gelişmiş ülkelerdeki atık türlerinden farklı değildir. Türkiye çapında üretilen tehlikeli atıkların tür ve miktarı hakkında derlenmiş düzenli bir atık envanteri bulunmamaktadır. Ancak Türkiye'de yılda üretilen yaklaşık 2 milyon ton tehlikeli atığın sadece 100 bin tonu yani %5'i Türkiye'nin tek tehlikeli atık bertaraf tesisi olan İzmit Atık ve Artıkları Arıtma, Yakma ve Değerlendirme Anonim Şirketi (İZAYDAŞ) tarafından yakılıp depolanmaktadır. Bununla birlikte üretilen tehlikeli atıkların %40'ının endüstriye geri kazandırıldığı düşünüldüğünde, geriye kalan yarısından fazlasının ya evsel atıklarla birlikte depolama alanlarına boşaltıldığı ya da çevre ve insan sağlığı üzerinde büyük tehditler oluşturacak şekilde doğrudan çevreye bırakıldığı bilinmektedir. Sanayi kuruluşlarından kaynaklanan tehlikeli atıkların belirli bir bölümü, bu kuruluşların kendileri tarafından yerinde geri dönüştürülmektedir. Fakat bu geri dönüşüm yapılan kısım çok az bir bölümüdür. Kısacası ülkemizde tehlikeli atıklarla ilgili uygulanan işlemler ve bulunan tesisler yetersizdir.

Tehlikeli atıkların minimizasyonu, hacim ve içerik olarak daha zararsız hale getirilmesi durumudur. Atık minimizasyon teknikleri; kaynakta azaltma, teknolojik değişiklikler, girdi hammaddesi değişikliği, geri dönüşüm ve yeniden kullanımdır. Atık yönetiminde öncelikli olarak oluşan atığın azaltılması ile bertaraf maliyetlerini en aza indirmek atık üreticileri tarafından tercih edilen en etkili alternatiftir. Üretim proseslerinde tehlikeli atık minimizasyon işlemi teşvik edilmeli, aynı zamanda toksik açıdan ve miktar yönünden daha tehlikeli atık üreten ürünler yerine daha az zararlı ve miktar yönünden daha az atık oluşmasını sağlayacak ürünlerin de kullanımı teşvik edilmelidir. Bu teşviklerin uygulanması ya da daha zararlı maddelerin kullanımının caydırıcı hale getirilmesi için harçlar, vergiler, depozit sistemi ve cezalar gibi mekanizmalar uygulanmalıdır.

Tehlikeli atıklarda kaynakta azaltma ve miktarda azaltma proses değişiklikleriyle sağlanabilir. Bunlara örnek olarak üretimde kullanılan malzemelerin saflaştırılması veya bu malzemelerden daha az miktarda ve az toksik madde içeren atık oluşturacak alternatif malzemelerin kullanılması; üretim sonunda daha az zehirli tehlikeli atığın oluşması ya da atığın kaynakta azaltılması için atıkların ayrılması ve uygun üretim şartlarının ayarlanması gereklidir. Atıkları azaltmak ürünleri, hammaddeyi veya yöntemleri değiştirmekle mümkündür. Bu yöntemleri tercih ederken düşünmek araştırmak önemlidir. Burada amaç daha ucuz ürün ile daha az atık sağlamaktır.

Anahtar kelimeler: *Tehlikeli atıklar, minimizasyon.*

PENTAKLOROBENZEN, KAYNAKLARI VE ÇEVREDE DAĞILIMI

Medine Mine DEMİR[1], Furkan YILMAZ[1], Zübeyir Ü. GÜDENOĞLU[1], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Bu çalışmada pentaklorobenzenin yapısı, dağılımı ve çevresel etkileri hakkında bilgi edinilmesi hedeflenmiştir. Pentaklorobenzen kalıcı ve biyolojik birikim yapabilen özellikte bir kimyasal maddedir. Günümüzde, Türkiye'nin de kabul ettiği Stockholm Sözleşmesi kapsamında kalıcı organik kirleticiler içerisindedir. Ek-C (azaltım) listesinde bulunan kimyasallar, azaltım ve yapılabiliniyorsa ortadan kaldırma önlemleri alınması gereken kimyasallardır. Pentaklorobenzen, kimyasal ara ürün ve yanma sonucu istenmeyen ürün olarak ortaya çıkabilmektedir. Doğrudan üretilmesi başka klorlu bileşiklerin de üretimine sebebiyet vereceği için istenilmez. Pentaklorobenzen, pestisitlerin üretimi sırasında bir ara ürün olarak kullanılmıştır. Ayrıca pentaklorobenzen atık yakımı ve ısıl işlemler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Pentaklorobenzen, geçmiş yıllarda kuintozen üretimi, fungisid pentakloronitrobenzen üretimi, alev geciktirici madde olarak ve boya maddesi taşıyıcılarda kullanılmıştır. Doğada kalma süresinin çok uzun yıllar almaktadır. Sucul yaşam grubundaki organizmalar için yüksek oranda toksik etkiye sahip olup, organizmaların ölümlerine sebebiyet verebilir. Ayrıca pentaklorobenzenin insanlar üzerinde orta seviyelerde toksik etki gösterdiği bilinmektedir. Havadaki pentaklorobenzenin seviyesi hakkında veri yoktur, fakat belediye fırınlarından çıkan uçucu külde tespit edilmiştir. Yüzey sularında ng/L-µg/L aralığında pentaklorobenzen tespit edilmiştir ve endüstri kaynaklarının yakınında mg/L'nin onda biri kadar bulunabilir. Kanalizasyon çamurunda, belediye atık suyunda, yüzey ve yeraltı sularında ve içme suyunda klorlanmış benzenler tespit edilmiştir. Pentaklorobenzen ve diğer klorobenzen izomerleri, tatlı su alabalığında, 0.1 ila 16 ug/kg aralığında değişen oranlarda tespit edilmiştir. Pentaklorobenzen genel olarak mikrobiyal bozunmaya dirençlidir. Yüksek klorlu bileşiklerin daha az bozunmaya uğradığı ve bozunmanın aerobik koşullar altında gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Pentaklorobenzen, insan sütüyle yapılan deneylerde 5 µg/kg'dan daha düşük ortalama seviyelerde bulunmuştur. Bazı bilimsel çalışmalara göre emzirilen bebeklerin yetişkinlere göre daha yüksek klorobenzen dozuna maruz kalacağını göstermiştir. Fareler üzerinde yapılan deneylerde alt ölümcül dozlarda; azalmış aktivite ve titreme olduğu gözlenmiştir; sıçanların böbrekleri, karaciğerleri ve adrenal bezleri de büyümüştür. Birkaç deney hayvanı üzerinde uzun süreli maruz kalma çalışmaları (6 aya kadar) sonucunda tiroid toksisitesi kaydedilmiştir. Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinin raporlarına göre; pentaklorobenzenin bu ülkelerde artık üretilmediği görülmektedir. UNEP sekreterliğine bilgi gönderen ülkelerin çoğu üretim olmadığını bildirmiştir. Pentaklorobenzen, biyobirikim ve yarılanma ömrü bakımından; zararlı ve tehlikeli bir kimyasal maddedir. Yapılan araştırma ve bulgular sonucunda uzak yerlere taşınımı mümkündür, bu nedenle global bir problemdir. Bu nedenle kullanımı artık yasaklanmış olsa da, çevresel ortamlarda halen mevcut olan pentaklorobenzenin belirlenmesi ve giderimi ile ilgili araştırmaların yapılması önemlidir.

Anahtar Kelimeler: *Pentaklorobenzen, Stockholm Sözleşmesi, Kalıcı Organik Kirletici*

KONYA İLİ SELÇUKLU VE KARATAY İLÇELERİNDE TATLI SU ŞEBEKESİNDE SERTLİK DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Fatmanur YARAR,[1] Şeref KARAHAN[1], Yunus Emre ÇATAL[1], Mehmet TÜRKYILMAZ[2], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1] Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya
[2] Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya

ÖZET: Konya ilinde dünyada ender bulunan üç ayrı su şebekesi bulunmaktadır. Bunlar; sulama suyu şebekesi, kullanma suyu şebekesi ve tatlı su şebekesidir. 1990'lı yıllardan itibaren Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından, Dutlu, Kırankaya, Mukbil ve Beypınarı kaynaklarından gelen kuyu suları tatlı su şebekelerine dağıtılarak her mahallede bir tatlı su çeşmesi yapılmıştır ve günümüzde 852 adet tatlı su çeşmesi Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından kontrol edilmektedir. Bu çalışma kapsamında Konya ili Selçuklu ve Karatay ilçelerinde çeşitli sokaklarda bulunan tatlı su çeşmelerinden alınan numunelerde sertlik analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Konya ili Selçuklu ve Karatay ilçelerinde bulunan 15'er farklı tatlı su çeşmesinden (Şekil 1) alınan numunelerde Standart Metot 2340 C. EDTA titrimetrik yönteme göre sertlik tayinleri yapılmıştır. Tatlı su çeşmelerinden numuneler yarım litrelik pet şişelere hava almayacak şekilde alınmış ve şişelerin ağzı sıkıca kapatılmıştır. Numunelerin analizleri 24 saat içinde Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Su numunelerinde belirlenen sertlik değerleri Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir.

Şekil 1: Numune alınan noktaların harita üzerinde gösterimi

Şekil 2: Selçuklu ilçesi tatlı su kaynaklarında ölçülen sertlik düzeyleri

Şekil 3: Karatay ilçesi tatlı su kaynaklarında ölçülen sertlik düzeyleri

Analiz bulgularına göre; tatlı sularda ölçülen sertlik değerlerinin 18.4 – 37.6 Fransız sertliği arasında değiştiği görülmüştür. Standartlara göre suyun sertliği minimum 10 Fransız sertliği olmalıdır. Bununla ilgili bir üst sınır bulunmamakla birlikte çok sert sular yemek pişirmeye, çamaşır yıkamaya ve içmeye elverişli değildir. Sert sular kazan taşı oluşturarak endüstriyel proseslere zarar vermektedir. Sonuç olarak analizleri yapılan sularda sertlik miktarlarının standartlara uygun olmadığı ve halk sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunmamasına karşılık, ekonomik ve estetik açıdan elverişli olmadığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *İçme suyu, su sertliği, Konya*

ENDÜSTRİYEL GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASI İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLER

Recep AYDIN [1],Tuğba GÜNGÖR[1], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Bu çalışmada endüstriyel gürültü kirliliğinin kaynakları, olası problemler ve azaltılması için uygulanabilecek yöntemlerin araştırılması hedeflenmiştir. Gürültüyü insanlar üzerinde kalıcı veya geçici sağlık sorunları oluşturduğu gibi psikolojik etkileri de oluşturabilen istenmeyen ve önlem alınması gereken sesler olarak tanımlamak mümkündür. Teknolojinin gelişimi ve yaygın kullanımı ile her alanda iş makineleri, motorla çalışan ekipmanların kullanımının artması ile endüstriyel çevrede de gürültü büyük sıkıntılar oluşturmuştur. Endüstride gürültü kaynakları; vurucu tipten dövme, perçinleme, çakma makineleri ile kesici, ezici ve biçim verici makineler; pompaların, kompresörlerin, türbinlerin, vantilatörlerin, jet motorlarının ve vanaların sıvı ve gaz itici etkileri; fırın ve motorların ateşleme gürültüleri; transformatör ve dinamoların yarattığı manyetik sesler; çevirici dişli, motor ve makinelerden gelen titreşim ve sürtünme sesleri vb. dir. Maruziyeti işveren işyerinde gerçekleştirilen risk değerlendirmesi sonuçlarına göre gereken durumlarda gürültü ölçümleri yaptırarak belirler. Ülkemizde gürültüden kaynaklı maruziyet ve sağlık sorunlarını aşmak en aza indirmek için yönetmelikler, yaptırımlar ve çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmanın amacı endüstriyel gürültü kirliğinin azaltılması ve sınır değerler ulaşabilmek için alternatif yöntemlerin ele alınmasıdır.

Gürültü kontrolü izin belgesine tabi endüstri tesisleri, enerji endüstrisi, metal üretimi ve işletilmesi, mineral ve inşaat malzemeleri, kimya ve petrokimya endüstrisi, atık yönetim, kağıt endüstrisi, gıda endüstrisi, tarım sektörü ve tekstil sektörüdür ve bu endüstriler uygun koşulları sağlayıp gürültü kontrolü izin belgesi almakla yükümlüdür. Türkiye'de endüstriyel gürültü ile ilgili yasal sınırlandırmalara göre, darbe gürültüsü 140 desibel'i aşamaz. Aştığı durumlarda mahallin en büyük mülk amiri uyarır ve bir ay süre verir. Gürültü Kontrol Yönetmeliği Madde 11'e göre gürültüyü istenen sınır değerlere getirmeyen endüstriler için süreli ya da süresiz iş durdurulur. İş Sağlığı ve Güvenliği Tüzüğü Madde 78'e göre gürültülü işlerde çalışan işçilerin sağlık muayeneleri yaptırılarak işe alımının yapılması, gürültülü ortamda çalışanların düzenli olarak muayenelerinin yapılması, duyma derecesinde azalma veya herhangi bozulma görülenlerin işten ayrılması belirtilmektedir. İş Sağlığı Güvenliği Tüzüğü Madde 22'ye göre yapılan işin zor ve tehlikesi var ise gürültü 80 desibel'i geçmemelidir. Daha fazla gürültülü çalışabilmeyi gerektiren yerlerde ise en çok 95 desibel'i geçmemelidir.

Endüstrilerde çalışanların etkisinde kaldığı gürültü seviyesi değerlendirilip uygulanan ölçüm yöntemi ile çalışanın bireysel maruziyetini gösterecek şekilde ölçümler yapılıp aralığa uygun olup olmadığının kontrol edilmesi, maruziyeti azaltma yöntemlerinin uygulanması ve çalışanların bilgilendirilip eğitimler verilmesi ve kişisel koruyucu ekipmanlarının temin edilmesi gerekmektedir. Gürültü ölçümleri için uygulanan yöntemler ses ölçerler (sonometre), sürekli ölçüm/izleme sistemleri, dozimetrelerdir ve en çok kullanılan yöntem sonometredir. Ölçüm yapılmadan önce dış faktörler dikkate alınmalıdır. Oldukça dingin hava koşullarında ölçüm yapılmalıdır. Ölçüm yapılmadan önce yapılması gereken ilk çalışma gürültünün hangi sıklıkla, ne zaman ve hangi amaçla değerlendirileceğine dair plan yapılması gereklidir.

Endüstriyel gürültü kirliliğinin azaltılabilmesi için alternatif metotların seçiminde, iş ekipmanının performansı kadar; çevreye duyarlı, çalışan sağlığı için gerekli değerleri sağlayacak olanı seçmek önemlidir. Çalışma ortamını ve gürültülü makineleri ayrı yerlerde bulundurmak, iş ekipmanı kaplayarak veya çalışma ortamı özel yöntemler ile izolasyon sağlamak, gürültünün kaynağında emicilerle engellenmesi ve son olarak da çalışanlara ses düzeylerine gör kulak tıkacı gibi kulak koruyucu ekipman verilmesi uygulanabilir. Gürültüyü kaynağında azaltmak için yöntemler, endüstride çalışanların işitme duyusuna zarar vermeyecek ve iş verimini düşürmeyen alternatif makinelerin tercih edilmesi, kullanılmayan makineleri başka iş esnasında durdurmak ve gürültünün olmadığı çalışma alanı oluşturulabilirse oluşturmak tercih edilebilir.

Makinelerden kaynaklı gürültüyü azaltmak için, yüksek devir ile çalışan makinelerin daha yavaş ve daha az kütleli çalışmasını sağlayarak gürültünün azaltılması, makinenin ses oluşturan ve yayılan bölgesinde sandviç paneller ve esnek malzemeler kullanılarak ses izolasyonu sağlanması, boru yollarında esnek kesimlerin oluşturulması yöntemleri uygulanabilir. Bunun yanında pistonlu, paletli, dişli pompaların daha gürültülü çalışmaları nedeniyle,

vidalı pompaların tercih edilmesi söz konusu olabilir. Gürültü çıkaran makine ekipmanlarının periyodik bakımı, yağlamasının yapılması ya da parça yenilenmesi de gürültü azaltmaya yardımcı olacaktır.

Gürültü yayılımını azaltmak için, gürültü oluşumu gözlemlenen alana delikli saç kullanımı, çalışma alanında gürültü yapan fiziksel kaynağın yaydığı ses için sandviç plakalar, plastiklerin kullanımı, sesin başka alanlara yayılımı azaltılması için çift duvar kullanımı uygulanabilir. Gürültünün yayıldığı alanda zorunlu açıklıklar dışındaki açıklıkların en aza indirilmesi de bir alternatiftir. Gürültü kaynağı yeri ile ilgili yapılabilecek düzenleme, yüksek gürültü kaynaklarının daha az gürültü oluşturan kaynaklara göre farklı yerlerde bulundurulmasıdır. Bunun sebebi aksi halde gürültünün şiddetini artırması ve ancak dış yapı izolasyonu ile uygun değerlere düşürülebilmesidir.

Diğer gürültü azatlımı için kullanılan metotlar, havalandırma sistemi içerisinde belli bir ses değerine düşürebilmek için uygun yere yerleştirilen küçük ve düşük hava direncine sahip susturucular; içten yanmalı motorlarda yanma sonucu açığa çıkan gürültünün kontrolü için kullanılan reaktif tip susturucular; boğmalı susturucular, emici kaplamalar; cam, plastik, çelik levhalardan oluşan ve dış izolasyon ile beraber yapılması halinde daha etkili olan gürültü engelleri; gürültünün azaltılamadığı, istenen değerler getirilemediği durumlarda çalışanlar için havalandırması bulunan ses geçirmeyen özel bölmeler; makinenin rezonans yapmayan ayrı bir yere koyularak ya da altına titreşim engelleyici materyal koyularak engellendiği titreşim yalıtımı ve çalışanların hissettiği gürültü düzeyini azaltan kulak tıkacı (10-20 desibel azaltılması sağlanabilir) ve kulaklık kullanımı (15-40 desibel azaltılması sağlanabilir) gibi yöntemlerin teşvik edilmesi sayılabilir.

Anahtar kelimeler: *Endüstriyel gürültü, Gürültü azaltma yöntemleri ,Endüstride çalışan sağlığı*

MİKROBİYAL YAKIT HÜCRESİ KULLANILARAK ATIKSU ARITIMI VE ELEKTRİK ÜRETİMİ

Ecehan ÇEKİÇ[1], Nafi Gökhan ÖZTÜRK[1], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2]*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Bu çalışmada mikrobiyal yakıt hücrelerinin çalışma prensipleri, atıksu arıtımında kullanımı incelenmiştir. Yakıt hücresi; uygun bir yakıt ve oksitleyicinin elektrokimyasal reaksiyonu ile elektrik enerjisi üreten bir sistemdir. Yakıt hücreleri konvansiyonel sistemlerden farklı olarak enerji dönüşüm aşamalarına gerek duymadan yakıttaki kimyasal enerjiyi çok yüksek verimle elektrik enerjisine dönüştürebilme özelliğine sahiptirler. Bu dönüşüm sırasında çevre kirliliğine neden olmaz ya da çok az miktarda kirleticinin atmosfere salınımı söz konusudur. Yakıt olarak hidrojenin kullanıldığı durumlarda atık yalnızca su iken yakıt olarak fosil yakıt kullanılması durumda dahi açığa çıkan çevreye zararlı gazlar geleneksel yöntemlere oranla oldukça azdır. Yakıt hücreleri başta partikül madde olmak üzere kükürt dioksiti ve azot dioksiti sıfıra indirirken, CO_2 emisyonunu da oldukça azaltırlar. Yakıt hücrelerinin bir diğer önemli özelliği ise mekanik aksam içermemeleri sebebiyle oldukça sessiz çalışmaları ve gürültü kirliliğine neden olmamalarıdır. Mekanik aksam içermemeleri aşınma ve yıpranma gibi sorunları ortadan kaldırmaktadır ve bu aşınmalardan ortaya çıkan partikül maddeler yok sayılacak kadar azdır. Oldukça basit bir yapıya sahip dayanıklı sistemlerdir ve kolaylıkla pek çok alanda kullanılabilirler. Teorik olarak yakıt beslendiği sürece, bakım gerektirmeden sürekli elektrik üretebilme kapasitesine sahiptirler.

Bir yakıt hücresi türü olan mikrobiyal yakıt hücresi de organik maddelerin oksitlenerek iki farklı elektrot bölmesinde oluşan elektriksel yük farkının elektrik enerjisine dönüştürülmesi temeline dayanan enerji üretim yöntemidir. MYH'ler proton seçici membran ile ayrılan, katot ve anot olarak bilinen iki bölmeden oluşmaktadır. Mikrobiyal yakıt hücresinde kullanılan organik maddenin tipi, konsantrasyonu ve biyolojik olarak parçalanabilirliği elektrik üretimini etkileyen en önemli faktörlerden bazılarıdır. Atıksu kullanılan MYH'ler mevcut atıksu arıtma tesisiyle karşılaştırılabilir bir ölçüde organik madde giderimi sağlar. Kent atıksuyu MYH'lerinde yakıt olabilecek birçok organik bileşen içermektedir. Atıksu işleme prosesinde MYH'lerin tarafından güç üretim miktarı, aktif çamurun havalandırılmasında çok fazla elektrik gücü tüketilen konvansiyonel arıtım proseslerinde ihtiyaç duyulan elektriğin potansiyel olarak yarısıdır. Ayrıca asetat propionat, butirat gibi organik moleküller CO_2 ve H_2O'ya parçalanabilir. Devamlı akışlı tek bölmeli MYH, membransız MYH'ler atıksu arıtımında avantajlıdır. Temiz atıklar yiyecek işleme atıkları, kereste, ahır atıkları ve mısır MYH'ler için harika biyokütle kaynağıdır, çünkü organik maddelerce zenginlerdir. Evsel atıksu, domuz çiftliği atıksuları, bira endüstrisi atıksuları, tekstil atıksuları, nişasta ve gıda işleme atıksuları ile MYH'lerde elektrik üretim çalışmaları yapılmıştır. Atıksu arıtım prosesi düşünüldüğünde, MYH kullanımının sağlayacağı avantajlar: Atıksuyun organik madde içeriği ve kolombik verime bağlı olarak bir akım oluşması yani ürünün elektrik formunda oluşu; havalandırmaya gereksinim duyulmayışı ve böylece enerji ihtiyacını azaltması; konvansiyonel atıksu arıtım tesislerinde biyolojik arıtım sırasında havalandırmada oluşan kokunun. MYH sisteminde havalandırma gerekmediği için oluşmaması; MYH'lerinin ayrıca metallerin geri kazanımında da kullanılabilmesidir.

MYH teknolojisi ile bir şehrin elektrik enerjisini karşılama düşüncesinden ziyade, arıtma tesislerinin enerji ihtiyaçlarını karşılamak veya azaltmak daha gerçekçi bir yaklaşım olarak belirlenmiştir. İlk amaç evsel, endüstriyel ve diğer atıkların arıtımı için uygun bir teknoloji geliştirmektir. MYH ile enerji elde edebilmek için atıksuda yüksek KOİ, yüksek BOİ, yüksek pH, yüksek alkali değeri, yüksek organik madde içeriği olmalıdır. Deri, tekstil, gıda ve süt endüstrilerinin atıksuları MYH kullanımı için uygundur. Yapılan araştırmada süt endüstrisinde peynir üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkan "peynir altı suyu" olarak adlandırılan atıksuyun çok yüksek organik madde, BOİ ve KOİ içeriği arıtımını zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla süt endüstrisinde bulunan firmalar bu atıksularını uzaklaştırmakta zorluk çekmektedirler. Özellikle bu ve bunun gibi durumlarda MYH kullanımı endüstrilere hem atıksu arıtımı hem de elektrik enerjisi üretimi kazancıyla büyük fayda sağlayacağı öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Yakıt hücresi, mikrobiyal yakıt hücresi, elektrik üretimi, atıksu arıtımı.*

KATI ATIK DEPOLAMA SAHALARINDA GAZ OLUŞUMU VE OLUŞAN GAZIN ELEKTİRİK ENERJİSİNE ÇEVRİLMESİ

Şükrü AKDENİZ[1],Çağatay YILDIRIM[1],Abdullah GÜNEL[1], Sezen KÜÇÜKÇONGAR[2]
[1] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi, Konya*
[2] *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*

ÖZET: Günümüzde enerji ile çevre arasındaki ilişkiyi olumlu yönde geliştirmek amacıyla, atık bertarafı ile enerji üretimini bir döngü içinde gerçekleştirmeyi hedefleyen yeni çevre teknolojileri geliştirilmekte ve kısmen uygulanmaktadır. Bu kapsamda en yaygın uygulama alanı bulan yöntemlerden biri de 'katı atıklardan enerji geri kazanımı'dır. Katı atıklardan enerji eldesi, genellikle katı atıkların doğrudan yakılması veya katı atık depolama alanlarında atık içindeki organik bileşenlerin biyolojik olarak bozunması sonucu oluşan ve metan gazı yönünden zengin olan depolama gazının enerji içeriğinden yararlanılması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, farklı kentlerdeki katı atıkların miktarları, uygulanan yöntemler ve metan gazından enerji üretimi miktarları incelenmiştir. Sonuçta, dünya nüfusunun hızla artması, insanların yaşayış ve kaynakları kullanım şeklinin değişmesi oluşan atıkların miktar ve özelliklerini de etkilemiştir. Bu atıklar zaman zaman doğaya veya insanoğlunun sağlığına olumsuz etki yapmıştır. Ancak bu tehlikenin yararlı kullanımının farkına da varmamız lazımdır. Günümüzde hızla azalan enerji kaynaklarına, uygun teknoloji kullanarak depo gazından enerji üretimi alternatif olacak bir uygulamadır. Özellikle batılı ülkelerde artan bu uygulama ve bu işlem için başka ülkelerden katı atık ihraç etmeleri bunun en önemli kanıtıdır. Bu bağlamda ülkemizdeki bazı şehirlerde depo gazından enerji üretim çalışmalarına, enerji üretim miktarına ve katı atık potansiyellerine değinilmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Enerji, geri kazanım, çevresel etki.*

KAĞIT ENDÜSTRİSİ VE KAĞIT ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Ali DOĞAN, Gözde YILMAZ, Tuğçe OKUR ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Kağıt, insanlığın önemli ihtiyaç maddelerinden biri olup, kağıt sanayinin gelişmesi bir ülkenin sanayi ve kültürel gelişmişlik düzeylerinin belirleyici etmenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretimi daha az ağaç kesilmesi ve dolayısıyla ormanda yaşayan bitki ve hayvanların yani doğanın korunması anlamına gelir. Ayrıca küresel ısınmanın nedenlerinden biri de yok olan bitki örtüsüdür. Böylece küresel ısınmanın da önüne geçilmiş olunur. Kağıt öncelikle kağıt çamurunun hazırlanması için, su içerisinde liflerine ayrılır. Eğer gerekirse içinde lif olmayan yabancı maddeler için temizleme işlemine tutulur. Mürekkep ayırıcı olarak, sodyum hidroksit veya sodyum karbonat kullanılır. Daha sonra hazır olan kâğıt lifleri, geri dönüşmüş kağıt üretiminde kullanılır. Atık kağıt geri dönüşümünün çevre üzerindeki etkileri normal şartlardaki bir kağıt üretimi için gerekli olan su ihtiyacını yüzde 60 oranında azaltırken, enerji ihtiyacını da yüzde 40 oranında azaltmayı başarabilmektedir. Uygulanan ülkelerde, hava kirliliğinde yüzde 74 azalma görülürken, su kirliliğinin de bu üretime bağlı olarak yüzde 35 düştüğü gözlemlenmiştir. Buna ek olarak bertaraf etme sorunu da ortadan kalkarak, geri dönüşüm için kullanılan her ton kağıdın en az 30000 litre su tasarrufu ve 3000-4000 kwh enerji tasarrufu yaptığı gözlemlenmiştir. Geri dönüşüm aslında ekonomi için de canlanma demek olabiliyor. Zira bu yerel endüstrinin gelişmesi ve yeni iş olanaklarının da oluşması demek oluyor. Atık kağıt sürekli olarak geri kazanılamaz. Eğer, belirli miktardaki kağıt sürekli olarak geri kazanılırsa, son kullanılma limitlerine çok kısa bir süre içinde ulaşılır. Her geri kazanımda, liflerin boyu kısalır ve liflerin yapışması için yardımcı maddeler ilave edilmeden yeni kağıt üretilemez.

Anahtar kelime: *Kağıt, Atık Bertarafı, Geri dönüşüm*

BATIK GEMİLERİN DENİZ ÇEVRESİNE OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Eda KILIÇ, Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA*
edalisveli@hotmail.com, suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada gemilerin, yanması, patlaması, karaya oturması, savaş içerisinde bulunması ve gemi kazaları neticesinde deniz çevresine olan etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda insan kaynaklı hatalar, kötü hava koşulları, arıza ve yoğun trafik sebebiyle meydana gelen gemi kazalarının deniz kirliliği üzerindeki etkisinin daha çok olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna yönelik Dünya'da ve İstanbul Boğazı'nda meydana gelen kazalar ele alınmıştır. Kazalar sonucu kirliliğin baş sebebi olan petrol ve yakıt yağı üzerinde durulmuştur. Gerekli literatür bilgiler araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar petrol kirliliği, petrolün denizden temizlenme yöntemleri, batıkların denizlerden çıkarılması, gemi kaynaklı deniz kirliliğini önleme sözleşmeleri ve tazmin sözleşmeleri üzerinedir. Bu sözleşmelerle batık gemilerin çevreye vermiş olduğu zararların en aza indirilmesi ve denizlerin sürdürebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda kullanılması amaçlanmıştır. Ülkemizde deniz kazalarının en çok yaşandığı İstanbul ve Çanakkale Boğazları'nda deniz kazalarını alt seviyelere çekmek için trafik sisteminde sürekli yenilikler yapılmıştır. Petrol kirliliğinin geçmişten bugüne süregelen bir kirlilik olup çevreyi ve insanları etkilemesi, bu yüzden gemilerin ve limanların hazırlıklı olmaları konularını kapsayan eğitimler düzenlenip, daha küçük yaşlardan eğitimlere başlanarak vatandaşların bu konuda bilinç kazanmaları sağlanmalıdır. Batan gemilerin gerek yakıtları gerekse yükleri kirlilik oluşturduğu gibi geminin kendiside kirlilik oluşturduğu için deniz trafiğine tehlike ve engel yaratan sığ sulardaki batıkların temizlenmesi de bu hususta önem kazanmaktadır. Sonuç olarak gemilerden kasıtlı ya da kaza sonuçları oluşan kirliliğin giderilmesi, denizleri sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda kullanmak için önem arz etmektedir. Deniz yolu taşımacılığı demiryoluna nazaran 3,5 kat, karayoluna nazaran 7 kat ve havayoluna nazaran 22 kat daha ekonomik olması sebebiyle halen tercih edilmektedir ve edilecektir. Nasıl ki diğer ulaşımlarda risk bulunduğu gibi, deniz yolu taşımacılığında da riskler bulunmaktadır. Yapılması gereken şey riskleri en aza indirerek deniz yolundan en iyi şekilde faydalanmak olacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Batık Gemi, Petrol, Kaza, Kirlilik*

TRABZON İLİ BEŞİKDÜZÜ İLÇESİ DERİN DENİZ DEŞARJI

Hazım ARSLAN, Ramazan KOÇ ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Konya*
suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Derin deniz deşarjı, alıcı ortamın yeterli arıtma kapasitesine sahip olduğunun mühendislik çalışmaları ile tespit edilerek alıcı ortamlarda denizin seyreltme ve doğal arıtma süreçlerinden faydalanarak atık suların sahillerden belirli uzaklıklarda deniz dibine boru ve difüzörlerle deşarj edilmesidir. Alıcı ortamlara verilen atıksu bulutunun seyreltilebilmesi amacıyla; atıksu borusunun ucuna eklenen ve çoklu bir jet akımı sağlayan özel bir donanım olan difüzörler kullanılır. Atıksuların derin deniz deşarjı ile alıcı ortamlara doğrudan boşaltımından önce, öngörülen sınır değerlere kadar arıtmayı sağlamak gerekmektedir. Bu amaçla çalışmada, Ön Arıtma yapılmıştır. Bu ön arıtımda ızgara, kum tutucu, çökeltim ünitesi ve havalandırma havuzu tasarlanmıştır. Bu proje bir kaç kriter göz önüne alınmıştır. Bunlar seyrelmeler ve T_{90} değerleri dikkate alınmıştır. Minimum deşarj değeri 20 metre olmalıdır. Bunun 5 yıl geçerliliği vardır. Ön arıtımını yaptığımız atıksu 1500 mm.lik boru ile yaklaşık 2500 m açık denize deşarj edilmiştir. Derin deniz deşarjı işleminde, gerekli bilimsel ve mühendislik hesapları dikkate alınarak tasarlanan derin deniz deşarjları seyrelme ve alıcı ortamın tabii arıtma süreçleri ile atıkların süratle çevre için zararsız seviyelere indirilmesine imkan verilmektedir. Atık su deşarjının halk sağlığı, denizin estetik görünümü ve ekolojik yapısı üzerindeki tesirleri çok iyi değerlendirilmiştir. Deşarjın yapılacağı su ortamının oşinografik ve ekolojik özelliklerine bakılarak deşarj öncesi arıtmanın seviyesi belirlenmiştir. Yerleşim biriminin gelecekteki ihtiyaçları, kullanılmış suların deşarj edileceği su ortamının özellikleri ve kullanma maksatları bakımından optimum çözüm olarak zirai alanların sulanmasında kullanılır, sulamaya ihtiyaç duyulmayan zamanlarda ise denize deşarj edilir. Atık suların deşarj öncesi arıtımı alıcı ortamın su kalitesi standartlarını en ekonomik şekilde sağlamak için ön arıtma yapılmıştır. Beşikdüzü ilçesi çok düşük yerleşim birimi olduğu için atık suları ızgara, kum tutucu, olması deşarj terfi merkezindeki pompaların ve deşarj hattının ömrünü uzatmıştır ve bakım masraflarını azaltılmıştır. Çalışmada, pestisit ve ağır metaller ile klorlu organiklerin vs. suya karışması, bu kirleticilerin kaynağında yapılacak olan ciddi tedbirlerle önlenerek atık sular, ızgara, kum tutucu ve çökeltme sisteminden (mekanik ön arıtmadan) geçirilmiş ve yeterli uzunluktaki derin deniz deşarjı hattı ile denize verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Alıcı Ortam, Derin Deniz Deşarjı, Seyrelmeler, Difüzör*

ATIKSU ARITMA TESİSİ SÜZÜNTÜ SUYUNDAKİ AZOTU SHARON/ANAMMOX PROSESİ İLE GİDERİMİ

Hüseyin YILMAZ, Fatma Gizem DAŞTANDIR ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği*
hsnylmz.cm@gmail.com, fgdasdandir02@gmail.com, suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Biyolojik azot giderme, belirli bir teknolojinin klasik olarak ne kadar hızlı sınıflandırılabileceğinin iyi bir örneğidir. Azot giderme işleminin biyokimyasal ilkeleri yaygın olarak bilinmektedir ve yeni tesisler tasarlamak veya mevcut tesisleri gerekli standartlara ulaştırmak için çeşitli seçenekler bulunmaktadır. Bununla birlikte, birçok tesis atıksu deşarjında toplam azotu ile ilgili standartları hala yerine getiremiyor. Bunun sebepleri, geleneksel azot uzaklaştırma işleminin veya uygun olmayan bir atık su bileşiminin uygulanmasını mümkün kılmak için alan eksikliğinden olabilir. Atıksu kompozisyonunu olumsuz etkileyebilecek önemli faktörlerden biri, çamur tutma işlemlerinden kaynaklanan azotun süzüntü suyu akımlardan tekrar dolaştırılmasıdır. Endüstrinin her kolu, hali hazırda, süreçleri için daha yüksek bir sürdürülebilirlik derecesine ulaşmada rol oynamaktadır. Atık su arıtma yönetimi ayrıca, esasen kaynak tüketimini en aza indirgemek veya hatta atıksudan atmak üzerine odaklanan yeni alternatif teknolojiler arıyor. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon olmak üzere iki alt süreçten oluşan geleneksel azot giderme işlemi, nesnel olarak sürdürülebilir bir süreç olarak düşünülemez. Her şeyden önce, nitrifikasyon için havalandırma çok fazla enerji gerektirmekte ve nitrifiyerlerin düşük büyüme oranından dolayı, büyük nitrifikasyon hacimleri gereklidir. İkinci olarak, denitrifikasyonun verimli olması için organik karbon ihtiyacı gerektirir. Atıksudaki KOİ miktarı yetersiz kalırsa, toplam işlem maliyetlerinin, ilave kaynakların tüketiminin ve dolayısıyla sistemin sürdürülebilirliğinin azalmasına katkıda bulunan bir dışarıdan karbon kaynağı (örn., Metanol) sağlanmalıdır.STOWA'nın (Hollanda Uygulamalı Su Araştırmaları Vakfı) araştırma programı kapsamında azot giderimi için iki yenilikçi proses incelenmiştir: Sharon prosesi ve Anammox işlemi. Her iki süreç de, süzüntü çamur suyundan azot giderim odaklıdır. Sharon prosesinde (Single reactor system for High Ammonium Removal Over Nitrite), amonyum, bir reaktör sisteminde aerobik koşullar altında nitrite oksitlenir ve nitrit, anoksik koşullar altında nitrojen gazına harici bir karbon kaynağı kullanılarak indirgenir. Anammox süreci (Anaerobik Amonyum Oksidasyonu) nitrit ve amonyum, anaerobik koşullar altında harici bir karbon kaynağı eklemek zorunda kalmadan azot gazı haline dönüştürülür. Geleneksel N-giderme ile karşılaştırıldığında Sharon prosesi, gerekli havalandırma enerjisi ve karbon kaynağının azaltılmasına neden olur. Sharon ve Anammox arasındaki ortaklık sürdürülebilir bir atıksu arıtmasına daha da katkıda bulunacaktır. Konvansiyonel N giderme ile karşılaştırıldığında,% 40 daha az oksijen (= enerji) gereklidir, bir organik karbon kaynağı gerekli değildir ve çamur üretimi önemsizdir. Çalışmada, Konya Atıksu Arıtma Tesisindeki çamur yoğunlaştırıcı ve anaerobik çamur çürütücüden kaynaklı yüksek azot miktarı içeren süzüntü suyunun doğrudan giriş debisine vermek yerine Sharon ve Anammox proseslerinin kombine çalışması ile azot giderim sistemi tasarlanmıştır. Süzüntü suyunun salınımı tesis girişine salınımı ile biyolojik arıtımdan geçen azot, standart deşarj değerlerini sağlamıştır. Reaktörler Utrecht ve Rotterdam'daki kriterlere göre boyutlandırılmıştır. Süzüntü suyundaki azot ilk olarak Sharon prosesine amonyum formunda girmiştir ve kısmi nitrifikasyon gerçekleşmiştir. Anammox prosesine nitrit ve giderilememiş amonyum formu ile gelen azot, Anammox bakterilerinin %99 verimi ile giderilmiştir ve tesis giriş debisine deşarj edilmiştir. Sharon prosesinde amonyumun çamur suyundan (süzüntü suyundan) % 50'sinden fazlası pH düzeltmesi (baz dozajlaması) uygulanmadan nitrite oksitlenebilir. Sharon reaktörünün atığından gelen amonyum ve nitrit bir Anammox reaktöründe azot gazı haline dönüştürülebilir. Anammox reaktörü aktif çamur kullanılarak çalıştırılabilir. Başlama süresi genellikle birkaç ay sürer. Anammox başlatıldıktan sonra, daha uzun süre kullanılabilir. Sistem seçimi ve kombine Sharon-Anammox sisteminin çalışması için en önemli husus askıda bırakılan maddenin Anammox reaktörüne girişi ve Sharon reaktöründe protozoanın muhtemel yırtılması olmasıdır. N_2O, konvansiyonel arıtımda bir ara üründür fakat Anammox prosesinde oluşmamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Süzüntü Suyu, Azot Giderimi, Sharon, Anammox*

ATIKSU ARITIMINDA KLASİK ARITIMLA GİDERİLEMEYEN AĞIR METALLERİN BİYOSORPSİYON YÖNTEMİ İLE GİDERİMİ

Lütfi ŞEN, Fatih ÇEPREK ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
ltfsen@live.com, fatihceprek@yandex.com, suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Gelişen teknoloji ve endüstri kaynaklarına bağlı olarak atıksu karakteri ve içeriği de günden güne değişim göstermektedir. Artan su ihtiyacı ve kaynakların azalmasına bağlı olarak da suyun geri kazanımı büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple ileri arıtım teknolojilerine ve konuyla ilgili yeni çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Arıtılacak olan atıksuyun çıkış standardı ve kullanım alanı bu suyun hangi arıtım teknolojisiyle mevcut standartlara getirileceğine karar vermede en önemli etkenlerden biridir. Bu standartları sağlamak için gerek bilgi gerekse yeterli teknoloji olmadan istenilen kalitede su elde etmek mümkün değildir, zira her geçen gün ortaya çıkan atıksuyun arıtımı zorlaşmaktadır. Her teknoloji belli ekonomik kaynağa ihtiyaç duyar. Zamanla mevcut teknolojiler maliyet açısından kurumları ve yerel yönetimleri zorlamaktadır. Buna çözüm olarak daha az maliyetli ve daha verimli teknolojiler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Biyosorpsiyon genel olarak ağır metal gideriminde mikroorganizmalardan faydalanılarak düşük konsantrasyonlarda ağır metal içeren (<100ppm), büyük hacimli atıksularda ekonomik olarak uygulanabilmektedir. Bu çalışmada biyosorpsiyonda kullanılan farklı biyosorbentlerin "Cr, Ni, Pb" ağır metalleriyle yapılan deneysel çalışmalar sonucunda ortaya çıkan adsorplama kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak bu üç ağır metalin farklı biyokütleler ile yapılan çalışmalarda optimum şartları belirlenip maksimum tutma kapasiteleri karşılaştırılmıştır. pH'ya bağlı olarak mikroorganizmaların çalışma performansı da değişiklik göstermektedir. Düşük asidik ortamın biyosorpsiyon için daha uygun olduğu gözlemlenmiştir. Ağır metal tutma mekanizmasının ana evresi hücre duvarlarıyla metal arasındaki etkileşimdir. Her mikroorganizmanın metallerle etkileşimi farklı oranda olmakta ve bu oranda tutma kapasitesi değişmektedir. İzoelektrik nokta üstündeki pH 'da hücrenin yüzeyi negatif yüke haizdir. Karboksil, fosfat, imidazol ve amino grupları gibi ligandların iyonik hali metal katyonlarının biyokütleye bağlanmasını hızlandırır. Mikrobiyal hücrelerle metal biyosorpsiyonun da gerçekleşen enerjiye bağlı mekanizmalardan dolayı adsorpsiyon ortamının sıcaklığı önemlidir. Bazı endotermik adsorpsiyonlardan bahsedilmiş olsa da çoğu adsorpsiyon işlemleri ekzotermik proseslerdir. Sıcaklığın artırılması ile biyosorbent yüzeyindeki porların genişlemesiyle biyosorpsiyon hızı artmaktadır. Ancak genelde 25 °C.nin üzerindeki sıcaklıklarda adsorpsiyonun ekzotermik özelliğinden dolayı hızlar azalmaktadır. Ağır metal iyonlarının mikroorganizmalara zayıf bağlarla bağlanması pasif veya fiziksel adsorpsiyonun bir sonucudur. Yüksek sıcaklıklarda bu bağlar kopar ve adsorpsiyonun tersinir olmasından dolayı desorpsiyonun önemi artarak hızı azaltıcı bir etki göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Biyosorbent, Ağır metal, Biyosorpsiyon, Biyosorpsiyon mekanizması.*

BETA-BLOKERLARIN AKUT TOKSİSİTESİNİN BELİRLENMESİ

Kübra ATALAY, Merve YENİKÖŞKER, Ayşegül ÜNAL, Sevil YILDIZ ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü,*
suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Beta-blokerler, hızlı kalp atışına yol açabilen sempatik sinir sisteminin (stres sırasında vücudumuzdaki olaylardan sorumlu sistem) belli etkilerini bloke ederek kalbin iş yükünü azaltan ilaçlardır. Kalpteki "beta reseptörler" adı verilen bölgeleri bloke ettikleri için "beta-blokerler" olarak adlandırılırlar. Bu beta reseptörler, normal olarak, stres sırasında salınan belli hormonlarca (adrenalin gibi) aktive edilirler. Stres hormonlarınca aktive edildiklerinde, beta reseptörler kalp hızını ve kalp atım gücünü artıran bir reaksiyonu tetikler. Beta blokerler ise beta reseptörlere bağlanarak, stres hormonlarının bu reaksiyonu tetiklemesini önlerler. Böylece, beta blokerler kalp hızını yavaşlatarak ve kalp kaslarının kasılma gücünü (pompa işlevi) azaltarak kardiyak stresi azaltır. Ayrıca, kalp, beyin ve vücuttaki kan damarlarının spazmını (daralma) da azaltır. İnsan tarafından tüketilen beta-blokerların çoğunluğu, dışkı ve idrar yolu ile herhangi bir değişime uğramadan evsel kanalizasyona verilir. Sucul ortamda atıksu arıtma tesisi çıkış sularıyla veya doğrudan deşarj edilir. Klasik atıksu arıtma tesisleri, biyolojik olarak bozunamayan beta bloker türlerini yeterli bir şekilde gidermek için uygun değildir. Arıtılmış çıkış sularındaki beta blokerların düşük konsantrasyonlarda bulunması, çeşitli sucul türlere toksik etkilere neden olduğu gibi doğal bakteri popülasyonları arasında direnç artışına yol açabilir. Beta-blokerların bilinçsizce kullanılması ve atık kontrolünün iyi yapılmaması durumunda da beta blokerlara karşı dirençli bakterilerin geliştiğini ve dolaylı olarak insanların etkilendiği ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında sıklıkla kullanılan beta-blokerlar için toksisite testleri gerçekleştirilmiştir. Akut toksisitenin belirlenmesinde *Lepidium sativum* fitotoksisite testi kullanılmıştır. Bunun için oluşturduğumuz sentetik atıksular ile farklı dozlar denenerek kök ve gövde uzunlukları gözlenmiş ve bitkinin gelişim süreci incelenerek bitkinin dirençlilik gösterdiği doz aralıkları ve akut toksisite (EC_{50}) değeri bulunmuştur. Sonuç olarak belirlenen dozlarda ortamda bulunması durumunda mevcut beta-blokerların akut toksik etkiye sebep olabileceği tespit edilmiştir. Kullanılan konsantrasyonların inhibasyon değerlerine karşı EC_{50} (Canlıların % 50'sini öldüren konsantrasyon) değerleri belirlenmiştir. Konsantrasyonlara karşı toksiklik dereceleri bulunmuştur. Toksik Birim sıfıra eşitken toksik değil, sıfır ile bir arasında hafif toksik, bir ile on arasında toksik ve on bir ile yüz arasında ise çok toksiktir. Bu bulgular ve sonuçlara Beta blocker numunelerinin kök ve gövde konsantrasyonlarının hafif toksik olduğu görülmektedir. Sonuç olarak belirlenen dozlarda ortamda bulunması durumunda mevcut beta-blokerların hafif olsa da akut toksik etkiye sebep olabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Beta-bloker, Lepidium Sativum, Toksisite,* EC_{50}

DENİZ SUYUNDAN GÜNEŞ ENERJİSİ İLE TEMİZ SU ELDESİ

Sema SOYSAL, Senem Selin SERT, Mustafa TEKTAŞ ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
suyildiz@selcuk.edu.tr, semaa_soysal@hotmail.com, senem_selin01@hotmail.com, solitaire.uaboy@gmail.com

ÖZET: Nüfusun hızla artması, sanayinin gelişmesi gibi hareketler su kirliliğine yol açarak su kaynaklarının tüketimini arttırmakta ve bu da zamanla var olan kaynakların kullanılamayacak duruma gelmesine neden olmaktadır. Bu hareketlerin sonucunda çeşitli çevre sorunlarının ortaya çıkması olasıdır. Su kaynaklarının korunamaması, su tüketiminin kontrollü olmaması gibi su problemleri oldukça önem taşımaktadır. Bu gibi problemler de yeni kaynak arayışına itmekte ve bu durumda da deniz suyunun kullanılması iyi bir çözüm olmaktadır. Deniz suyundan içme suyu elde edilmesi ile deniz suyunun içinde ağırlıklı bulunan tuzun buharlaştırma yöntemi olan güneşsel damıtma metodu ile basit bir şekilde giderildiği görülmüştür. Son zamanlarda pek çok ülke deniz suyundan tatlı su elde etmektedir. Bu çalışmada güneş enerjisinden yararlanılarak deniz suyunun damıtılması işlemi değerlendirmeleri ele alınmıştır. Ülkemiz için ekonomik ve uygulanabilir olan bu yöntem hakkında yapılan çalışmalar araştırılmış ve incelenmiştir. Bu güneşsel damıtma işlemlerinde; tuzlu, acı hatta ağır metaller ile kirlenmiş su alınmış ve işlem sonucu tatlı içme suyu oluştuğu gözlemlenmiştir. Yani basit bir güneş enerjili su arıtımı sağlanır. Bu işlemle yapılan araştırmalara göre maksimum bir verim ile bir günde 1,6 litre içme suyu oluşturur. Böylece bir çocuğun günlük su ihtiyacını karşılamak için yeterli olabileceği ortaya konulmuştur. Güneşsel damıtma metodu için Watercone yöntemi işleyişi incelenmiş ve uygulanabilirliği görülmüştür. Watercone 60-80 cm çapındadır. Watercone uzun ömürlü, UV'ye dayanıklı polikarbonattan yapılmıştır. 5 yıla kadar kullanılması mümkündür. Bu malzeme yanıcı değildir ve tamamen geri dönüştürülebilir. Watercone eskimiş ve lekelenmiş olsa bile yağmur suyu toplamak için kullanılabilir. Watercone güneşsel damıtma yöntemi için uygulaması kolay ve ekonomik bir sistemdir. Bu sistem ile günde 1-1,5 L su tuzdan arındırılabilmektedir. Bu miktar da bir çocuğun günlük ortalama tatlı su ihtiyacını karşılamaktadır. Birçok ülkede binlerce çocuk sağlıksız su içmekten hayatını kaybetmektedir. Watercone'un basit ve ucuz sistemi bu gibi ülkelerde rahatlıkla uygulanabilir. Dünyada giderek artan küresel ısınma ve bunun beraberinde getirdiği kuraklaşma ülkemiz için de bir tehdittir. Su kaynaklarımızın giderek azalması da bu tehdit doğrultusunda olasıdır. Deniz suyundan içme suyu elde etmek bu noktada alternatif bir çözüm olmuştur. Bu basit sistem ile deniz suyundan tuzun ve birçok toksik elementin giderildiği görülmüştür. İleride kuraklaşma ile ülkemizde su kaynaklarının azalması tehdidi karşısında bu sistem rahatlıkla uygulanabilir.

Anahtar Kelimeler: *Su kirliliği, Deniz suyu, Güneşsel damıtma, Güneş enerjisi, İçme suyu, Su arıtımı*

YAYLADAĞI İLÇESİNİN İÇMESUYU VE ATIKSU PROBLEMİNE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Semih GÜNYÜZLÜ, Büşra İlknur POLAT ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Komşu ülke Suriye'de meydana gelen karışıklık ve iç savaş neticesinde Suriyeli sivil halk başta Türkiye'ye olmak üzere Avrupa ve ABD'ye sığınmak zorunda kaldı. Suriyeli ilk mülteci kafilesi, Türkiye'ye 29 Nisan 2011 tarihinde giriş yaptı. Türkiye'de Suriyeliler için sınır vilayetlerinde çadır kentler kurularak gelen sığınmacıların barınma ihtiyaçları karşılanmaya çalışılmıştır. 2017 yılı itibariyle Türkiye'de 3 milyonun üzerinde Suriyelinin yaşadığı tahmin edilmektedir. Gelen Suriyeli sığınmacılar genellikle kadın ve çocuklardan oluşmaktadır. Mülteci kafileleri genellikle uyruğuna göre sınır bölgelerimizdeki vilayetlerde kurulan çadır kentlere yerleştirilmiştir. AFAD başta olmak üzere Birleşmiş Milletlere bağlı yardım kuruluşları tarafından sığınmacılara barınma ve insani yardımlar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma Hatay ilinin Yayladağı ilçesinde yer alan mültecilerin ikamet ettiği çadır kente içme suyu temini ve atıksuların uzaklaştırılması hususunda çözüm önerilerini içermektedir. Bölgedeki mültecilerin nüfus hesabı yapılarak ihtiyaç duyulan içme suyu miktarı ve oluşacak atıksu miktarı belirlenmiştir. İçme suyu kaynağı olarak Yayladağı barajı kullanılmıştır. İlçedeki nüfus artışına bağlı kanalizasyon şebekesine oluşan yük ve doluluk oranı belirlenmiştir. Yerel yönetimler tarafından Yayladağı ilçesine yapılması planlanan kanalizasyon ve arıtma sistemleri göz önünde bulundurularak çadır kentten arıtılan atıksu bölgedeki tarım arazilerinin sulanmasında kullanılacaktır. Yayladağı ilçesindeki kanalizasyon şebekesi, içme ve atıksuların arıtımı Hatay Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (HATSU) tarafından projelendirilecek ve eksiklikler belediye ile yapılacak ortak çalışmalar neticesinde giderilecektir. Çadır kentlerin ise sürekli olarak nüfus artışı su konusunda kontrolü zorlaştırmakta ve bölgeye hem içme suyu hem de atık su konusunda zorluk yaşatmaktadır. Bölgede bitişik vaziyetteki 2 adet çadır kentin içme suyu kaynağı Yayladağı barajından temin edilmiş ve paket arıtma sistemi ile içilebilir hale getirilmiştir. Ve yine çadır kentlerin atıksuları tarımsal faaliyetlerde kullanılmak üzere MBR sistemler ile arıtılmıştır. Bu tez HATSU' nun yükünü hafifletmeyi hedeflemiş olup, arıtılan atık suyun bölgedeki tarım arazilerinin sulamasında kullanılması amaçlanmıştır. Bu çalışmanın benzer durumdaki çadır kent bölgelerine de örnek teşkil etmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *İçme suyu, Atıksu, Suriyeli sığınmacılar, Çadır kent, kanalizasyon*

ANAMMOX BAKTERİLERİNİN VE TÜRKİYE'DEKİ UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Sertan ÇABUK, Gülşah KOÇAK ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*
gulsah_kocak@outlook.com.tr, sertan19941994@gmail.com, suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Atık sularda bulunan azot ve fosfor varlığının göllerde canlı fauna ve floralarına zarar verdiği ve değişikliğe uğrattığı, ötrofikasyona neden olduğu, kanalizasyon sitemlerinde taç korozyonu, koku problemleri gibi su sitemlerine verdiği zararlardan dolayı nutrientlerin giderilmesi atıksu arıtma tesislerinin önceliği haline gelmiştir. Son zamanlarda Avrupa birliği ülkeleri atık su arıtmada azot bileşikleri için sıkı limitler uygulamaya başlamıştır. Bu nedenle bütün üyeler kentsel atıksu arıtma ile ilgili olarak 91/271/EWG EU standardına uyma gereksinimi duymuştur. Uygulanan bu sıkı limitler Atıksu arıtma tesislerinde (WWTP) geliştirilme gereksinimi doğurmuştur. Ülkemizde de yaşanılabilir bir çevre için bu standartlar hedeflenmiştir. Bu çalışmada Anammox bakterilerinin biyolojik arıtma ile azot giderimindeki rolü ele alınmıştır. Buna yönelik yurt dışındaki ve Türkiye'deki Anammox bakterilerinin biyolojik arıtma ünitelerine uyarlanma çalışmaları incelenmiştir. Bu çalışmalar yanal akımlar ve ana hat üzerinde yapılan uygulamalardır. Özellikle ana hat üzerinde ki uygulamalar üzerinde durulmuştur. Bu doğrultuda Polonya da, Minneapolis da, Karabük ve İstanbul Teknik Üniversitelerin de yapılan çalışmalar incelenmiştir. Gerekli literatür bilgileri araştırılmıştır. Çalışmalar Anammox bakterilerinin; farklı reaktör, konsantrasyon, sıcaklık, pH ve dolgu malzemesindeki arıtma verimleri üzerinedir. İncelemeler sonucunda uygun reaktör, konsantrasyon, sıcaklık, pH ve dolgu malzemesi bulunmaya çalışılmıştır. Değerlendirmenin Türkiye koşullarında ekonomik, kolay ulaşılabilir ve işletim açısından kolay olunmasına dikkat edilmiştir. Bu değerlendirmelere göre, Anammox prosesi hakkında yapılan araştırmalar şu ana kadar yan akım üzerinde uygulanan Anammox prosesisin DEMON prosesi ile ana hat üzerinde azot uzaklaştırılmasının mümkünlüğünü ortaya koymuştur. Aynı reaktör içinde kısmi nitrifikasyon ve Anammox proseslerinin uygulanabilirliği 10 mm kalınlıktaki membran dolgu malzemesi ile gerçekleştirilebildiğine varılmıştır. Yine de tüm olanaklarının sağlanmasına olumsuz etki edebilecek birçok nedenler vardır ve bu nedenlerin ayrı bir araştırma konusu olarak ele alınması gerekmektedir. Bu olumsuz etkenlerden örnek verecek olursak atıksuyun Anammox bakterileri ile ilgili ilişkisi detaylandırılıp değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmeler sayesinde enerji verimi ve geri kazanım açısından birçok yenilikçi ekonomik yaklaşım sağlanabilir. Geleneksel aktif çamurdan membran üzerinde Anammox prosesi başlatma işlemi ve de uygulanabilirliğinin olumlu olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada Anammox bakterileri için en uygun koşulların pH 7,5-8 çözünmüş oksijen <0,1 mg/L ve sıcaklık 32-35 ^{0}C olduğu kanıtlanmıştır. Sonuç olarak MBR sistemlerinin uygun şartlar altında Anammox prosesi ile atıksulardan azot uzaklaştırılmasının mümkün olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Anammox bakterisi, Azot giderimi, Giderim verimi, Türkiye*

KONYA ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNDE İŞ HİJYENİ VE EMİSYON ÖLÇÜMÜ

Yadigar YILMAZ, Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
yyadiyilmaz@gmail.com, suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Ülkemiz sanayi alanında çok ilerleme kat etmiş bulunmaktadır. Türkiye sanayisinde Konya iyi noktadadır. Konya Türkiye'nin yüz ölçümü bakımından en büyük ili ve en kalabalık yedinci şehridir ve 31 ilçeden oluşur nüfusu 2.161.303'dür. Konya Organize Sanayi Bölgesi 1990 yılından bu yana faaliyette olup, 328 firmada yaklaşık 30 bin kişilik istihdam gücüyle ve her geçen gün genişleyerek 80 farklı alt sektörde üretim gerçekleştirmektedir. Bunların çoğunluğunu döküm, gıda, plastik, makine ve otomotiv yedek parça oluşturmaktadır. Konya Organize San*a*yi Bölgesi günümüzde genişleme alanları ile birlikte toplam alan 25 milyon metrekareye ulaşan Türkiye'nin en büyük ve en modern OSB'lerinden birisidir. Bu da İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğinin önemini artırmaktadır. Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanılması ve işyerlerinde yapılacak ölçümler ile kimyasal analiz yapılması için kamu ve özel sektörde laboratuarlar kurulmuştur. Bu laboratuarlarda iş hijyeni ve emisyon ölçümleri gerçekleşmektedir. İşçi sağlığı; sağlıklı bir yaşam ve çevresi için gerekli sağlık kurallarını içerirken, iş güvenliği ise çalışanlara ve işletmeye yönelik tehlikelerin ortadan kaldırılması için gerekli teknik kuralları içermektedir. Dolayısıyla işçi sağlığı ve iş güvenliğinde, sadece çalışanların değil tüm işletmenin ve üretimin güvenliği esastır. Bu üç alandaki faaliyetler birbirini bütünlemediği sürece çalışanların güvenliğinden tam olarak söz etmek mümkün olamamaktadır. Çalışmada, Konya Organize Sanayi Bölgesi'nde çalışanların işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından önemini belirlemek, tesislerde çalışma alanlarının uygunluğunun tespiti için ve tesislerden baca, kazan vs yollarla çıkan emisyonun hava kirliliğinin hangi derecede olduğunun tespiti edilmesi amaçlanmıştır. Tespit edilebilmesi için 6331 sayılı "İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu" ve 27277 sayılı" Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" dikkate alınmaktadır. Konya Organize Sanayi Bölgesinde bulunan döküm tesislerinde ölçümlerimiz yapılmıştır ve Çevre Analiz Laboratuarında analiz yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Çıkan değerlere göre önlem raporu hazırlanmıştır. Tesislerde yapılan gürültü, aydınlatma, toz ve emisyon sonuçlarını yönetmeliğe göre olduğu tespit edilmektedir. Konya Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılan analizlere bakıldığında iş hijyeni ölçümü ve emisyon acısından ilerleme olduğu gözlemlenmektedir. Uzun yıllardır bir fiil içinde bulunduğumuz ve gelişimine katkı sağlamaya çalıştığımız işçi sağlığı ve iş güvenliği bilimi konusunda ülke olarak gelişim kaydettiğimiz görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *İşçi sağlığı, İş hijyeni, Emisyon ölçümü, Hava kirliliği*

PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM ATIKSUYUNUN *LEPIDIUM SATIVUM* DENEYİ İLE TOKSİSİTE TAYİNİ

Menşure KIR, Tuğba GÜDEK, Sevil YILDIZ ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*
tugbagudek34@gmail.com, mnsrkr42@gmail.com, suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Tüketilen maddelerin yeniden geri dönüşüm halkası içine katılabilmesi ile öncelikle ham madde ihtiyacı azalmalıdır. Böylece insan nüfusunun artışı ile paralel olarak artan tüketimin doğal dengeyi bozması ve doğaya verilen zarar engellenmiş olur. Bununla birlikte yeniden dönüştürülebilen maddelerin tekrar ham madde olarak kullanılması büyük miktarda enerji tasarrufunu mümkün kılar. Artan kullanım alanlarına bağlı olarak plastiklerin neden olduğu çevre kirliliği de gün geçtikçe ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Bu nedenle plastik malzemelerin geri dönüşümü her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Çoğunlukla organik polimerlerden üretilen bu plastiklerin geri dönüşümü çevre kirliliğini azalttığı gibi organik polimerlere alternatif bir kaynak oluşturduğu için ekonomik olarak da avantaj sağlar. Plastik geri dönüşümü sırasında yapılan işlemler sebebiyle oluşan atıksular malzemelerin içerisinde olan veya plastik yapısından kaynaklanan maddelerle kirlenir. Toksik içeriklere sahip olan bu geri dönüşüm suyu verildiği ortama zarar vermeyecek şekilde gerekli standartlara uygun şekilde indirilmelidir. Ülkemizde atıksu deşarjlarını kontrol etmede kullanılan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre sadece endüstri kuruluşları için müsaade edilebilir atık madde miktarını belirlemek için toksisite testleri yapılmaktadır. Plastik sanayinden alınan atıksuyu örneklerine 72 saat süren toksisite deneyleri uygulanmıştır. Farklı seyrelme oranlarında numuneler hazırlanmıştır. Ayrıca *Lepidium Sativum* kullanılarak atıksu örneklerinin toksisite seviyeleri belirlenmiştir. Test organizması olarak tere tohumu kullanılmıştır. Toksisite testlerinde %50'nin etkilendiği konsantrasyon seviyesi (EC_{50}) belirlenmiştir. Numuneler için seyrelme yüzdeleri hesap edilmiştir. Excel de çizilen grafiklerde logaritmik doğrular elde edilmiştir. Gövde uzunluğu için yapılan toksisite için TB değerleri sonucu toksik olduğu tespit edilmiştir. Kök uzunluğu için yapılan analiz için ise toksik olmadığı tespit edilmiştir. Toksisiteyi belirlemek için tere tohumu kullanılarak yapılan *Lepidium Sativum* deneyine dayanarak Excel ortamında elde edilen grafiklere göre çıkan denklemlerden korelasyon analizine göre toksisite belirlenmiştir. Excel'den elde edilen grafiklere göre elde edilen denklemler sonucu EC_{50} değerine göre hesap yapılarak toksik olup olmadığı belirlenmiştir. Yapılan deneye göre bitkinin kök kısmına çinko içerikli atıksuyumuzun TB değeri -2.067 bulunarak toksik etki yapmadığı, öte yandan gövde kısmı TB değeri 2.97 bulunarak toksik etkinin olduğu saptanmıştır. Yapılan korelasyon hesabına göre gövde korelasyon katsayısı 0,97629 bulunarak $r > 0.5$ olduğu için toksik, kök korelasyon katsayısı ise -0.40781 bulunarak $r < 0.5$ olduğu için toksik etki görülmemiştir. Sonuç olarak çıkan atıksu toksik içeriğe sahip olduğu için verileceği ortam şartlarına ve yönetmelik standartlarına uygun hale gelmesi için yapılacak işlemlerden sonra deşarj edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: *Lepidium Sativum, Toksisite (zehirlilik), Plastik Atık Suyu*

1. GİRİŞ

Fiziksel yada kimyasal yöntemler tek başına su organizmaları üzerine kirleticilerin etkilerini değerlendiremediği için su kirliliği değerlendirmelerinde, toksisite testleri gereklidir. Örneğin kompleks bileşiklerin toksik etkileri ve kimyasal maddelerin sinerjik etkileri fiziksel ve kimyasal yöntemlerle belirlenememektedir (APHA, 1989; EPA, 1991)(1,5)

Toksisite testleri, çevreye toksik deşarların verilmesinin kontrol edilmesinde ve denetlenmesinde EPA tarafından önerilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, ekosistem çalışmalarının denetlenmek ve kontrol etmek içim kimyasal analizler ve biyolojik analizler zehirlilik testleri ile birlikte kullanılmalı tezini ortaya çıkarmıştır. (M.E AYDIN, G. KARA 14)(3)

(Getbardt 1998; Aruldoss ve Viraraghavan, 1998 Huber 1979) (6,7) rafineri atıksularının zehirliliğini belirlemek için yaptığı çalışmasında biyoanaliz sonuçları ile NH3, yağ-gres, BOİ gibi klasik parametreler arasında bir korelasyon belirleyememiştir. II, Dünya Savaşı öncesi bazı araştırmacılar özellikle balıklarda metallerin toksik etkilerini incelemişlerdir. Savaş sonrası da özellikle İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da birçok toksisite laboratuarları kurulmuştur. Bazı Avrupa ülkeleri artan kimyasal madde atıklarından sonra toksisite çalışmalarına hızlı bir şekilde yönelmiştir. 1970'li yılların sonu ve 1980'li yılların başında toksisite çalışmaları artmış ve American Public Health Association (APHA), The American Society for Testing and Materials (ASTM)i The U.S Army Corps of Engineers of Materials the UK Ministry of Agriculture Fisheries And Food (MAFF), The Paris Commission (PAROCM), The Society of Enviromental Toxicology and Chemistry (SETAC) gibi ulusal ve uluslar arası kuruluşlar birçok metot geliştirmişlerdir. (Bat ve Öztürk, 1998)(2). Toksisite testleri; su hayatı ve çevre koşullarının uygunluğunu, atık toksisistesi üzerinde çevresel faktörlerin etkisini, test türü üzerine atığın toksisitesini, atıksu arıtım metotlarının etkisini, su kirliliği kontrol çalışmalarında gerekli arıtım derecesini ve izin verilebilir atıksu deşarj oranlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Ülkemizde atıksu deşarjlarını kontrol etmede kullanılan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre ise sadece endüstri kuruluşları için müsaade edilebilir atık madde deşarj miktarını ve su kalite standartlarına uygunluğu belirlemek için toksisite testleri kullanılmaktadır. (SKKY, 1991)(8). Toksisite testleri; algler, planktonlar, kirpikli protozoalar, mercanlar. Yumuşakcalar, halkalılar, Daphania (su piresi), makro kabuklular, su böcekleri, balıklar ve çeşitli sucul ve bahçe bitkileri gibi biyosensörlerle yapılmaktadır (APHA 1989). Ekotoksikolojik çalışmalarda kullanılan test organizmalarının çeşit sayısı hakkında kesin bir rakam olmamakla birlikte 108'e yakın olduğu tahmin edilmektedir. (Ehrlich ve Wilson, 1991)(4). Atıksularda zehirlilik testleri, laboratuarlarda yada doğal ortamlarda biyoindikatör organizmalar üzerindeki etkinin ölçülmesi şeklinde standardize edilmiştir (EPA 1991)(5).

2. MATERYAL VE METOD

2.1. *Lepidium Sativum* ile Toksisite Testi

5 ml seyreltilmiş plastik atıksuyu örneği 9 cm çapında cam petri tabağının içine yerleştirilmiştir bir kağıt filtre üzerine pipetle konulmuş ve filtre kağıdının altında hiç hava

kabarcığı kalmayacak şekilde 27-28 adet tere tohumu eşit aralıklı olarak dağıtılmıştır. Saf su ile 7 adet seyretme hazırlanmıştır. Petri tabakları 72 saat karanlıkta 20 oC'de inkübe edildikten sonra L. Sativum'un Kök Uzunluğu ve Gövde uzunlukları ölçülmüştür. 72 saat sonra her bir petri tabağındaki 28 fideden en iyi gelişim gösteren 20 fidenin kök uzunluğu ölçülmüştür. Excelde Gövde Uzunluğu ve Kök Uzunluğu için seyreltme oranlarına karşılık gelen inhibasyon grafikleri logaritmik olarak çizilmiştir ve ve %50 seyretmeyen denk gelen EC50 değerleri ölçülmüştür. Her iki kök içinde toksisite (TB) hesabı yapılmuştır ve korelasyon katsayısı 0,969248 olarak bulunmuştur. Deney fotoğrafları, Gövde ve Kök grafik çizimleri Ek1 de gösterilmiştir.

Şekil 1:Seyreltilmiş geri dönüşüm atıksuyu

Şekil 2:Ekim için hazırlanan petri kutuları

Şekil 3:Ekim yapılmış petri kutuları

Şekil 4:Ekimden 72 saat sonra büyüyen tohumlar

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1.Plastik Geri Dönüşüm Tesisi Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste plastik atıklar cinslerine göre ayrılıp kırıldıktan sonra yıkama işlemi gerçekleştirilmektedir. Kırıcıda küçük parçalara ayrılan atıklar yüzdürme tankına alınıp üzerinde bulunan kirleticileri temizlenmektedir. Yıkanan plastikler diğer yüzdürme tankına alınıp tekrar yıkama işlemine tabii tutulmaktadır. Plastiklerin yıkanması sonucunda oluşan atıksular çöktürme havuzuna alınıp tekrar kullanılmaktadır. Yıkamada geri dönüşümlü kullanılan atıksu aşırı kirlendiği takdirde tesis bünyesinde bulunan evsel nitelikli biyolojik olarak arıtılmaktadır.

Tablo 2: Geri Dönüşüm Tesisi Atıksuyu Ağır Metal Analizi

Parametre	Geri Dönüşüm Atıksu Analizi
Si (mg/L)	**7,5**
Li (mg/L)	**0,19**
Cr (mg/L)	**0,02**
Cd (mg/L)	**0**
Zn (mg/L)	**18**
Ag (mg/L)	**0**
Pb (mg/L)	**0,001**
K (mg/L)	**10**
Mn (mg/L)	**0,05**
Fe (mg/L)	**2,47**

Tesiste geri dönüştürülen atıkların çoğunu çiftçilerin tarlalarından toplanıp gelen plastik borular oluşturmaktadır. Toprağa verilen çinko içerikli gübreler sulama suyu ile birlikte veya yüzeye serpme yöntemleriyle uygulandığından tarlada bulunan sulama borusunun içerisinde ve yüzeyinde yüksek miktarda çinko içerikli gübre birikmektedir. Çinko içerikli gübre kalıntısı bulunan bu borular plastik geri dönüşüm tesisinde yıkandığında atıksuda yüksek miktarda çinko metali oluştuğu görülmüştür.

Tablo 3: A.Ç Sürecine İnhibe Etki Yapan Maddeler Ve Eşik Kons. (mg/L) (Toprak, 2000)

Toksik madde	C giderimi için	N giderimi için
Alüminyum	15-26	
Amonyak	480	
Arsenik	0.1	
Bor	0.05-100	
Kadmiyum	10-100	
Kalsiyum	2,500	
Krom (+6)	1-10	0.25
Krom (+3)	50	
Bakır	1.0	0.005-0.5
Siyanür	0.1-5	0.34
Demir	1,000	
Kurşun	0.1	0.5
Mangan	10	
Magnezyum		50
Civa	0.1-5.0	
Nikel	1.0-2.5	0.25
Gümüş	5	
Sülfat		500
Çinko	0.08-10	0.08-0.5
Fenol	200	4-10
Kresol		4-16
2-4 Dinitrofenol		150

Metallerin biyolojik aktiviteyi engelleyici etkiye sahip olması nedeni ile; arıtma tesisinde işletme problemlerine ve dolayısı ile verim azalmasına neden olmaktadır. Bu metaller sadece biyolojik sistemler için zararlı olmayıp arıtma tesisi çıkışında verildikleri alıcı ortamlardaki biyolojik aktivitelere de etki etmektedir. Bu yüzden atıksulardan ağır metal giderimi büyük önem arz etmektedir. Atık sulardan ağır metal gideriminde günümüzde kullanılan en yaygın yöntemler: çöktürme, iyon değişimi, kimyasal koagülasyon, elektrokimyasal işlemler ve adsorpsiyondur.

3.2. Dünyada ve Türkiye'de Plastik Sektörü

Şekil 5: Dünyada ve Türkiyede plastik Sektörü

2015 yılında 324 milyon tona çıktığı tahmin edilen dünya toplam plastik üretiminin %23.5'i Çin, %21'i tüm Avrupa, %20.5'si NAFTA ülkeleri, %15'i de Çin dışındaki Asya ülkeleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Toplam üretimde Orta Doğu ve Afrika ülkelerinin payı %6.5, Latin Amerika'nın payı ise %5 düzeylerindedir. [11]

Tablo4: Türkiye de plastik üzerine faaliyet gösteren firmaların sektörel dağılımı

Sektör	Firma Sayısı	% Dağılım	Sektör	Firma Sayısı	% Dağılım
İnşaat	1.500	23,1	Medikal	112	1,7
Ambalaj	1.433	22,0	Oyuncak	72	1,1
Ev Gereçleri	613	9,4	Kırtasiye	57	0,9
Makine	598	9,2	Beyaz Eşya	56	0,9
Tekstil	427	6,6	Tarım	43	0,7
Elek.-Elektron.	399	6,1	Mobilya	16	0,2
Otomotiv	348	5,4	Savunma	3	0,0
Hammadde	334	5,1	Diğerleri	164	2,5
Kauçuk	203	3,1	**Toplam**	**6.499**	**100,0**
Spor Ayakkabı	121	1,9			

PAGEV kayıtlarına göre Türkiye plastik sektöründe % 99'u KOBİ düzeyinde 6.500 firmanın üretim yaptığı bilinmektedir. Firmaların başlıca alt sektörler bazında dağılımında inşaat malzemeleri % 23,1 ile önde gelmektedir. Ambalaj malzemeleri üretici sayısı % 22 ile onu takip ederken, ev gereçleri, makine, tekstil, elektrik – elektronik, otomotiv ve hammadde firmalarının toplam üreticiler içinden % 5 - % 10 arasında pay aldıkları görülmektedir. Türkiye plastik üretiminde Almanya'dan sonra 2. büyük proses kapasitesine erişmiştir.[11]

3.3.Plastik Geri Dönüşüm Tesisi

Şekil 6: Geri Dönüşüm Tesisi

Ambalaj ve tehlikesiz atık geri kazanım tesisinde polipropilen ve polietilen atıkların geri dönüşümü yapılmaktadır. Tesis bünyesinde oluşan, PE Damlama Sulama Borusu (Yassı, Yuvarlak), PE Yağmurlama Sulama Borusu, PE Koruge Boru, PE Silaj Strech Filmi, PE Mulch Filmi, PE Kasa, PE Palet, Bidon, Damlamalık Ek Parça ve diğer ek parçaların geri dönüşümü yapılmaktadır. Tesis bünyesinde yanında atık üreticilerinden alınan tehlikesiz atıkların geri dönüşümü gerçekleştirilmektedir.

Tablo 5: PlastikGeri Dönüşü Tesisi 2015 Yılı Üretim Miktarı

Malzeme Tanımı	2015 GENEL TOPLAM	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
PE YY Granül	726.108	94.716	148.192	16.320	49.925	16.320	49.925	98.817	6.878	35.017	70.063	71.339	68.596
PE AY Granül	516.029	105.652	153.514	51.847	22.873	51.847	22.873	21.171	-	-	5.860	63.490	16.902
PP Granül	436.387	244.866	1.366	1.366	19.230	1.366	19.230	33.381	-	37.996	70.831	6.755	-
PE Koruge Granül	274.635	127.837	25.000	13.489	-	13.489	-	-	34.242	18.589	18.200	19.644	4.145
PE Palet Granül	11.404	1.582	-	-	4.911	-	4.911	-	-	-	-	-	-
PE STRECH GRANÜL	80.617	15.227	37.948	-	5.461	-	5.461	6.218	-	-	1.243	9.059	-
TALK GRANÜL	2.513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.513
TOPLAM MİKTAR	2.047.693												

Geri dönüşüm hattının kapasitesi 1000 kg/saat tir. Bu hattın kapasitesinin %75'i polietilen üretiminde % 25 'i polipropilen üretiminde kullanılmaktadır. Geri dönüşüm tesisi 2015 yılında toplam 436.387 kg PP ve 1.611.306 kg PE plastik geri dönüştürülerek %95 kapasite elde edilmiştir.

Tablo 5: Tesise Gelen Atık Miktarlarının Türlerine Göre Dağılımı

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Şekil 7: Kök Uzunluğu Grafiği

Şekil 8: Gövde Uzunluğu Grafiği

Korelasyon Formülü

$$r = \frac{\sum(xy) - (\sum x)(\sum y)/n}{\sqrt{(\sum x^2 - (\sum x)^2/n)\,(\sum y^2 - (\sum y)^2/n)}}$$

Tüketilen maddelerin yeniden geri dönüşüm halkası içine katılabilmesi ile öncelikle ham madde ihtiyacı azalmalıdır. Böylece insan nüfusunun artışı ile paralel olarak artan tüketimin doğal dengeyi bozması ve doğaya verilen zarar engellenmiş olur. Bununla birlikte yeniden dönüştürülebilen maddelerin tekrar ham madde olarak kullanılması büyük miktarda enerji tasarrufunu mümkün kılar. Artan kullanım alanlarına bağlı olarak plastiklerin neden olduğu çevre kirliliği de gün geçtikçe ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Bu nedenle plastik malzemelerin geri dönüşümü her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Çoğunlukla organik polimerlerden üretilen bu plastiklerin geri dönüşümü çevre kirliliğini azalttığı gibi organik polimerlere alternatif bir kaynak oluşturduğu için ekonomik olarak da avantaj sağlar. Plastik geri dönüşümü sırasında yapılan işlemler sebebiyle oluşan atıksular malzemelerin içerisinde olan veya plastik yapısından kaynaklanan maddelerle kirlenir. Toksik içeriklere sahip olan bu geri dönüşüm suyu verildiği ortama zarar vermeyecek şekilde gerekli standarlara uygun şekilde indirilmelidir.[9], [10]

Çalışmamızda plastik geri dönüşümü sonucu oluşan atıksuyun toksisitesi belirlenmiştir. Toksisiteyi belirlemek için tere tohumu kullanılarak yapılan Lepıdıum Satıvum deneyine dayanarak excel ortamında grafikler elde edilmiştir. Bulunan grafiklere göre çıkan denklemlerden korelasyon analizine göre toksisite belirlenmiştir. Excelden elde edilen grafiklere göre elde edilen denklemler sonucu EC50 değerine göre hesap yapılarak toksik olup olmadığı belirlenmiştir. Yapılan deneye göre bitkinin kök kısmına çinko içerikli atıksuyumuzun TB değeri -2.067 bulunarak toksik etki yapmadığı, öte yandan gövde kısmı TB değeri 2.97 bulunarak toksik etkinin olduğu saptanmıştır.

Yapılan korelasyon hesabına göre gövde korelasyon katsayısı 0,97629 bulunarak $r > 0.5$ olduğu için toksik, kök korelasyon katsayısı ise -0.40781 bulunarak $r < 0.5$ olduğu için toksik etki görülmemiştir.

Sonuç olarak çıkan atıksu toksik içeriğe sahip olduğu için verileceği ortam şartlarına ve yönetmelik standartlarına uygun hale gelmesi için yapılacak işlemlerden sonra deşarj edilmelidir.

5.KAYNAKLAR

[1]APHA, 1989. Standart Methods fort he Examination of Water and Wastewater, Part 800. Bioassay methods for aquatic organisms, 14 Th. Ed, Amer Wat. Works Ass, Wat Pollut, Fed, Washington DC.
[2]Bat, L, Öztürk, M, 1998. Akuatik toksikoloji, S.D.Ü Eğirdir Su Ürünleri Dergisi, 21, 148-165
[3]Aydın, M.E, Kara, G, Sarı s, 2002 Hastane atıksularında fitotoksisite, GAP 4.Mühendislik Kongresi, 1410-1417, Şanlıurfa
[4]Ehrlich, P.R, and E.o, Wilson, 1991. Biodibersty studies, Science and Policy, 523, 758-762
[5]EPA, 1991. U.S Environmental Protection Agency, U.S Army Corps of Engineers, Short TermMethods for Estimating The Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Fresh Organisms Washington.
[6]Gerbardt, A. 1998. Whole toxicity testing with Oncorhynus Mykiss (Walbaum 1792): Survial and behavioral responses to a dilution series of a mining effluent in South Africa, Arch. Environ. Con. Tox, 35, 309-316
[7]Huber, L, Baumung, H, Metzner, G, and Popp, E, 1979. Ecological Effects of Refinery Effluents in Fresh Water with Particular Reference to Substances on list 1 of The EEC Guidelines For Water Protection. In: The Envitomental Impact of. Refinery Effluents, CONCAWE Report no 5/79
[8]SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği), 7 Ocak 1991 tarihli 20748 sayılı resmi gazetede yayınlanmış,
[9] URL-1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Geri_dönüşüm
[10]URL -2 : http://www.kimyaevi.org/
[11] URL-3: https://pagev.org/upload/files/.../Türkiye%20Plastik%20Sektör%20Raporu%202016.pdf

HATAY DÖRTYOL'DA DERİN DENİZ DEŞARJI

Tufan YILDIRIM, Recep ÇAKMAK, M. Saim KILIÇ ve Süheyla TONGUR[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Konya*
suyildiz@selcuk.edu.tr

ÖZET: Karada bir şekilde arıtılmış atıksular özümseme kapasitesi fazla olduğundan denizlere ve göllere deşarj edilirler. Atıksu, denizde seyrelerek kirletici konsantrasyonu düşer. Atıksu deşarj noktasına deniz dibine döşenmiş veya gömülmüş boru veya kanallar vasıtasıyla taşınmıştır. Derin deniz deşarjı, alıcı ortamın yeterli arıtma kapasitesine sahip olduğunun mühendislik çalışmaları ile tespit edilerek alıcı ortamlarda denizin seyreltme ve doğal arıtma süreçlerinden faydalanarak atık suların sahillerden belirli uzaklıklarda deniz dibine boru ve difüzörlerle deşarj edilmesidir. Alıcı ortamlara verilen atıksu bulutunun seyreltilebilmesi amacıyla; atıksu borusunun ucuna eklenen ve çoklu bir jet akımı sağlayan özel bir donanım olan difüzörler kullanıldı Atıksuların derin deniz deşarjı ile alıcı ortamlara doğrudan boşaltımından önce, öngörülen sınır değerlere kadar arıtmayı sağlamak gerekmektedir. Bu amaçla Ön Arıtma yapılır. Bu ön arıtımda ızgara, kum tutucu, çökeltim ünitesi ve havalandırma havuzu tasarlanmıştır. Bu proje bir kaç kriter göz önüne alınmıştır. Bunlar seyrelmeler ve T_{90} değerleri dikkate alınmıştır. Minimum deşarj değeri 20 metre olmalıdır. 5 yıl geçerliliği vardır. Ön arıtımını yaptığımız 1500 mm.lik boru ile yaklaşık 2500 m açık denize deşarj edilmiştir. Bugüne kadar yapılan çok sayıda araştırma ve uygulama sonuçları ışığında deniz deşarjları ile KOI, BOI_5,AKM, TOP-N TOP-P Koliform mikroorganizma vb. kirlilik parametreleri deniz ortamındaki seyreltme ve tabii arıtma mekanizmaları etkisiyle kısa sürede fevkalade düşük değerlere indirilmektedir. Denizin estetik görünümünü bozan yüzücü maddeler, yağ-gres, ağır metaller ve öncelikli kirleticiler ise deşarj öncesi artıma uygulanarak giderilmiştir. Proje sonucunda tarım, mera, orman alanı vb. alanlar elden çıkarılmaktadır. Faaliyet alanı deniz ortamıdır. Proje saha çevresinde herhangi bir madencilik faaliyeti görülmemektedir. Katı, sıvı ve gaz atıklar yönetmeliklerde belirtilen sınır değerleri aşmamakta olup çevresel değerlerin olumsuz etkilenmemesi için gerekli önlemler alınacaktır. Proje sahası ve etki alanında sosyo-ekonomik ve kültürel değişimler beklenmemekte ancak yöreye ekonomik anlamda olumlu katkıları olacaktır. İşçi giriş ve çıkışları, işçilerin ve çalışanların sigorta, hastalık, iş kazası gibi olayları ve kazaların nitelikleri kayıtlara alınacaktır. 1475 sayılı İş Kanunu'na istinaden çıkarılmış tüzük ve yönetmeliklere uyulacaktır. Alıcı ortamın yeterli arıtma kapasitesine sahip olduğunun mühendislik çalışmaları ile tespit edilerek 5 yıl geçerliliği olan bu projenin ızgara, kum tutucu, ön çökeltme ve havalandırma üniteleriyle ön arıtımı yapılıp daha sonra S_1 S_2 ve S_3seyremeleri hesaplandıktan sonra 1500 mm lik borular vasıtasıyla yaklaşık olarak 2500 m açık denize difüzörler yardımıyla deşarjı yapılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Alıcı Ortam, Derin Deniz Deşarjı, Seyrelmeler, Difüzör*

GİRİŞ:

Karada bir şekilde arıtılmış atıksular özümseme kapasitesi fazla olduğundan denizlere ve göllere deşarj edilirler. Atıksu, denizde seyrelerek kirletici konsantrasyonu düşer. Atıksu deşarj noktasına deniz dibine döşenmiş veya gömülmüş boru veya kanallar vasıtasıyla taşınmıştır. Alıcı ortam su kalitesi standartlarını sağlamak üzere atıksuların deniz deşarjı öncesi arıtılması gerekmektedir. Bu konuda iki yaklaşım söz konusudur. Ön arıtmanın derecesine bağlı olarak deşarj şartlarının belirlenmesi ve deşarj öncesi arıtmayı takiben derin deniz deşarjı Birinci yaklaşımda, öngörülen su kalitesi standartlarını sağlamak üzere ön arıtmanın derecesine bağlı olarak deşarj derinliği veya deşarj hattı boyu öngörülür. Derin deniz deşarjı uygulamasında deşarj noktası kıyıdan yeterli mesafede ise, atıksu deniz ortamında seyreltileceğinden, BOI_5 genellikle önemli bir parametre olmaz. Kıyıdan yapılan ve sığ deşarjlarda ise önemli bir seyrelme söz konusu olmadığından kıyı kesiminde halk sağlığı ve

çözünmüş oksijen konsantrasyonu bakımından bir risk söz konusudur. Deşarj hattı tasarımı atıksu içindeki bakteri ve virüslerin (yüzme standartlarını sağlamak üzere) gerekli taşınma süresine imkan verilecek şekilde ve atıksudaki organik kirliliğin seyrelme yolu ile konsantrasyonunun azalacağı dikkate alınarak yapılmalıdır.(Öztürk, 2002) Deşarj hattı uzunluğu yeterli değilse de şarj öncesi dezenfeksiyon uygulanarak sahil suyu kalite standartlarının sağlanması yoluna gidilir. İkinci yaklaşımda ise geçerli deşarj standartları dikkate alınarak gerekli arıtım yapıldıktan sonra deşarj yapılır. Açık denizlerle bağlantısı sınırlı olan iç denizlere ve kapalı körfezlere deşarj söz konusu olduğu için bu yöntem uygulanır. Bu tür sularda kirleticilerin birikimi söz konusudur. Özellikle besin elementleri (N,P) kapalı sularda birikerek ötrofikasyona neden olabileceğinden bu tür sulara deşarj söz konusu olduğunda deşarj öncesi N ve P giderimi gereklidir. Besin elementleri dışında alıcı ortamın estetik durumunun değişmesine neden olan yüzer maddeler, yağ-gres, koku ve renk parametrelerinin kontrolü için de deşarj öncesi arıtım gerekmektedir. Bunların dışında besin zinciri içinde veya biyolojik olarak birikimi söz konusu olan ağır metal, DDT, PCB, PCP gibi maddeler için kaynakta kontrol ve sıfır deşarj en etkin ve ekonomik kontrol yöntemidir. Virüslerin T_{90} değeri (konsantrasyonun %90 azalması için gerekli süre) 48 saat mertebesindedir. Deşarj hatları bakterilerin yok olması için gerekli süreyi sağlamasına karşılık virüsler için yeterli değildir. Evsel atıksulardaki virüs konsantrasyonları 10^2-10^5 PFU/100 ml mertebesindedir. Teorik olarak 1 PFU'nun bile hastalık yapabileceği göz önünde tutulursa yok olma için en az 1/1000 lik seyrelme gerekir. Bu mertebede seyrelmenin sağlanamadığı durumlarda virüslerin deşarjdan önce uygun yöntemlerle arıtılmaları gerekir.

Deşarj öncesi arıtma ve derin deniz deşarjı

Genellikle açık denizlerle su alışverişi nispeten sınırlı olan iç denizlere ve kapalı körfezlere atık su deşarjı halinde söz konusu olmaktadır. Bu gibi hallerde alıcı ortamda kirleticilerin büyük oranda birikmesi söz konusudur. Özellikle nutrientler kapalı su ortamlarında birikerek ötrofikasyona neden olabilirler. Bu yüzden alıcı ortamda organik madde giderimi ve çözünmüş oksijen eksikliği yönünden çok önemli problemler olmasa bile deşarj öncesi arıtma ile nutrient giderimi büyük önem taşır. Deşarj öncesi arıtmada fiziko-kimyasal arıtma sistemlerinin uygulanması küçük ve orta büyüklükteki yerleşim birimleri ile endüstriyel atık sular için özellikle büyük potansiyele sahiptir.(Muslu, 1996)

Bu sistemlerin arazi ve enerji ihtiyacı biyolojik arıtma sistemlerine göre çok daha az olup sıcaklık değişimlerinden etkilenmezler ve istenildiğinde kesikli olarak çalıştırılabilirler.Kullanılmış suların deşarj öncesi arıtımı deşarj yapılacak ortamın su kalite standartlarını en ekonomik şekilde sağlamak bakımından farklıdır.

Mekanik ön arıtmadan sonra deşarj

Pestisit ve ağır metaller ile klorlu organiklerin suya karışması bu kirleticilerin kaynağında yapılacak olan ciddi tedbirlerle önlenmelidir.

Atık sular ızgara, kum tutucu ve yüzdürme birimlerinden ibaret bir ön tasfiye sisteminden geçirilir ve yeterli uzunluktaki derin deşarj hattı ile denize verilebilir.

Pestisitler, zararlı böcek, bakteri, kemirgen ve mantar gibi zararlı unsurların kontrol altına alınması amacıyla kullanılan çok çeşitli kimyasal bileşime sahip organik ve inorganik bileşiklerdir.(ÖZTÜRK, 2002)

3.5.4.DEŞARJ PARAMETRELERİ

Atıksuların denize deşarjında öncelikle göz önünde tutulması gereken hususlar;

Denizin estetik görünüşünü bozan yüzücü katı maddeler ve yağ gres deşarjdan önce ayrılmalıdır.

DDT, PCB, PCP, ağır metaller vb. zehirli maddelerin atıksuya bulaşması önlenmelidir. İyi projelendirilmiş ve yeterince uzun deşarj hatlarında BOİ, askıda madde, çözünmüş oksijen, tuzluluk ve besi maddeleri gibi deşarj suyu parametreleri fazla önem taşımamaktadır.

Bu hususlar göz önünde bulundurularak projelendirilmiş bir deşarj sisteminde atık su ve içindeki kirlilik unsurları deşarj ortamında seyreltilerek halk sağlığı ve estetik bakımdan gerekli şartlar emniyetle ve ekonomik bir şekilde sağlanabilir.(SKKY, 2004)

SU KALİTESİ STANDARTLARI

Su kalitesi standartları sahil sularının kullanım maksadına göre değişir. Burada sadece yüzme ve su sporları için kullanılan sahil sularının kalite standartları üzerinde durulacaktır. Evsel atık suların denize deşarjı için, deşarj hattı boyunun belirlenmesinde, koliform mikroorganizma konsantrasyonu sınırlayıcıdır. Bu yüzden deşarj sisteminin ekonomik olarak projelendirilmesinde koliform sistemleri önemli rol oynar. Koliform standartları deniz suyunun

halk sağlığı ve estetik bakımdan yeterli özellikte olması göz önüne alınarak tespit edilir. Koliform konsantrasyonun halk sağlığı bakımından hastalık riskini ne ölçüde yansıtabildiği salgın hastalıklarla ilgili yeterli çalışmalarla gösterilmiş değildir.(SKKY, 2004)

DENİZ DEŞARJININ MÜHENDİSLİK TASARIMLARI

Eldeki verilerin az olduğu durumlarda bile planlanacak deşarj sisteminin yaklaşık hesabı ve değişik çözümlerin birbiriyle mukayesesi gerekebilir. Bu gibi hallerde daha önce edinilmiş tecrübeler ışığında eldeki verilerle deşarj hattının yaklaşık hesabı yapılabilir. Kullanılmış suları denize deşarj edilecek yerleşim biriminde önce arazinin topografik yapısı ve mevcut kanalizasyon şebekesinin durumu göz önünde bulundurularak deşarj yeri seçilir. Daha sonra ön hesap için gerekli veriler elde edilir. (ÖZTÜRK, 2002)

Kullanılmış su karakteristikleri

-Ortalama, minimum ve maksimum deniler ve kullanılmış suyun kalite değişimi ile ilgili bilgiler toplanır.

-Deşarj hattı için düşünülen güzergâhın deniz dibi haritası temin edilerek güzergahın boy kesiti çıkartılır.

-Mümkünse deniz suyunun yoğunluk profili veya en azından yaz mevsiminde piknoklin alt kısmının derinliği hakkında bilgi elde edilir.

-Kritik yaz mevsimi süresince yüzey, yüzey altı ve bilhassa piknoklin seviyesindeki akıntıların yön ve hızları ölçülmelidir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

HESAPLAMALAR:

DİFÜZÖR UZUNLUĞU

Q= 0,126 m^3/sn *86400 sn/gün =10886,4 m^3/ gün

Difüzör uzunluğu için 1000 m^3/ gün debi başına 2-3 m difüzör uzunluğu düşünülerek toplam difüzör uzunluğu

$$b = \frac{10886,4}{1000} * 2 = 21,772 \text{ m}$$

Seyrelmeler

Uzun bir deşarj hattı ile denize verilen atıksuların bünyesindeki kirleticiler deşarj ortamında üç değişik yolla seyreltilir

1. İlk seyrelme (S_1) : Atık su huzmesinin difüzör deliği ile atıksu tarlasının teşekkül ettiği seviyearasındaki hareketi esnasında uğradığı seyrelmedir.

2. İkinci seyrelme (S_2): Atıksu tarlasının türbülans difüzyonu ve boyuna dispersiyon etkisi ileyatay istikamette yayılıp, açılarak seyrelmesidir.

3. Üçüncü seyrelme (S_3): Atıksu içerisindeki korunamayan türden unsurların zaman içersisinde biyolojik olarak ayrışması, güneş ışığı tesiri ve çökelen maddelerle sürüklenme yoluyla geçirmiş oldukları ilave seyrelmedir.

S_1 SEYRELMESİ

Q.S_1=U.b.h' U=0,05 m/sn

h'=44-36/2= 6 m

0,126 m^3/sn * S_1 = 0,05 *21,772*6

S_1 = 51,84

S_2 SEYRELMESİ

X= 450 m,t = x / u,t= 450/ 0,05t=2,51 saat

Tgo = 2 saat (5.2 tablosundan Karadeniz için)S_2 = 10^$t/_{Tgo}$

S_2=10^2,51/2S_2=18.16

S_3 SEYRELMESİ

X= 1000 m,t = x / u ,t= 1000/ 0,05t=5,56 saat

Tgo = 2 saat (5.2 tablosundan Karadeniz için)

S_3 = 10^$t/_{Tgo}$ S_3=10^5,56/2S_3=602,56

Toplam seyreltme

S_T = S_1 *S_2*S_3

S_T= 51,84* 18,16* 602,56

S_T= 567258,661

S_T için AKM

C = C_0/ S_T C = 340/ 567258,661

C=5.99*10^{-4}

S_T içinBOİ$_5$

C = 238,4 / 567258,661 = 4,2 *10^{-4}

S_T içinKOİ$_5$

C_0 = 530*0,8 = 424 mg /lt

C = 424 / 567258,661

C =7,47 *10^{-4}

Yağ ve Gress

C = C_0 / S_t

C = 0,6 / 567258,661

C = 1,0577c

Toplam Azot

C = C_0 / S_t

C = 30,4 / 567258,661

C =5,359*10^{-5}

Toplam fosfor

C = C_0 / S_t

C = 1,69 *10^{-5}

Yüzer maddeler

%100 giderim yapıldı.

Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri

C = C_0 / S_t

TABLOLAR:

Tablo 1.1 Kaba ızgara kademe değerleri

Kaba Izgara	2037 Yılı	2052 Yılı
	Qmax=2,60 m³/sn	Qmax=4,07 m³/sn
Izgara kanal genişliği	1,5 m	1,5 m
Çubuklar arası mesafe,	50 mm	50 mm
Çubuk kalınlığı	8 mm	8 mm
Seçilen çubuk sayısı	25	25
Izgara Serbest Genişliği	81 cm	81 cm
Kanal taban eğimi	0,0004 m/m	0,0004 m/m
Beton pürüzlülük katsayısı	0,013	0,013
Yatayla Yaptığı açı	75°	75°
Maksimum su yüksekliği	0,73	1,02
Çubuklar arası max su hızı	0,8 m/sn	1 m/sn
Yaklaşım Kanalında Max. Su Hızı	0,79	0,89
Izgara Yük Kaybı	0,015 m	0,015
Izgara Sayısı	3	3
Çubuk Şekil Faktörü	2,42	2,42

Tablo 1.2 kum tutucu iki kademe değerleri

	1.Kademe (2037)	2.Kademe (2052)
Kum tutucu sayısı	5	7
Kum tutucu Boyu, m	50	
Kum Tutucu Yüksekliği, m	4,80	
Kum Tutucu Genişliği, m	5	
Bekleme Süresi, dk	19,75	19,75
Hava debisi, m^3/sa	801,45	
Ana Hava Borusu Çapı, mm	185	

Tablo 1.3. Seyrelmeler Değerleri

Seyrelmeler	Değerler
S_1	51,84
S_2	18,16
S_3	602,56
S_{toplam}	567258,661

Tablo 1.4 Derin Deniz Deşarjına izin verilecek atıksu özellikleri

PARAMETRE	SINIR	DÜŞÜNCELER	DEĞERLER
PH	6-9	-	7.2
SICAKLIK	35°C	-	19
AKM (mg/lt)	350	-	425
Yağ ve gres(mg/lt)	15	-	12
Yüzer maddeler	Bulunmayacaktır.	-	318
5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı BOİ5(mg/lt)	250	-	298
Kimyasal oksijen ihtiyacı, KOİ(mg/lt)	400	-	530
Toplam azot(mg/lt)	40	-	38
Toplam fosfor (mg/lt)	10	-	12
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (mg/lt)	10	Biyolojik olarak parçalanması Türk standartları enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.	8
Diğer parametreler		31/12/2005 tarihli ve 26040 sayılı resmi gazetede yayımlanan tehlikeli maddelerin su ve çevresinde neden olduğu kirliliğin kontrolü yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelikte bu parametreler için verilen sınır değerlere ulaşılmalıdır.	

Tablo 1.5 Evsel Atık su debilerine göre minimum deşarj boyu

NÜFUS	DEBİ (m^3/gün)	MİNİMUM DESARJ BOYU (m)
<1000	200	500
1000-10000	200-2000	1300

Tablo1.6 Çeşitli Ülkelerin Koliform Standartları

ÜLKE	Organizma türü	%50	%80	%90	%95
AT üyeleri	Toplam koli	-	-	-	1000
	Fekal koli	-	-	100	-
	Fekalstreptococci	-	-	-	0
ABD	koliform	230	1000	-	-
DANİMARKA	E. KOLİ	100	-	1000	-
JAPONYA	E. KOLİ	1000	-	-	-
HOLLANDA	E. KOLİ	100-1000	-	-	-
RUSYA	E. KOLİ	1000	-	-	-
İSVİÇRE	E. KOLİ	100	-	-	-
TÜRKİYE	Toplam koli	-	-	1000	-
	Fekal koli	-	-	200	-

SONUÇLAR ve TARTIŞMA:

Derin deniz deşarjı işleminde, gerekli bilimsel ve mühendislik hesapları dikkate alınarak tasarlanan derin deniz deşarjları seyrelme ve alıcı ortamın tabii arıtma süreçleri ile atıkların süratle çevre için zararsız seviyelere indirilmesine imkan verilmektedir.(Öztürk 2002).Bugüne kadar yapılan çok sayıda araştırma ve uygulama sonuçları ışığında deniz deşarjları ile KOİ, $BOİ_5$,AKM, TOP-N TOP-P Koliform mikroorganizma vb. kirlilik parametreleri deniz ortamındaki seyreltme ve tabii arıtma mekanizmaları etkisiyle kısa sürede fevkalade düşük değerlere indirilmektedir. Denizin estetik görünümünü bozan yüzücü maddeler, yağ-gres, ağır metaller ve öncelikli kirleticiler ise deşarj öncesi artıma uygulanarak giderilmiştir(URL). Proje sonucunda tarım, mera, orman alanı vb. alanlar elden çıkarılmaktadır. Faaliyet olanı deniz ortamıdır. proje saha çevresinde herhangi bir madencilik faaliyeti görülmemektedir. Katı, sıvı ve gaz atıklar yönetmeliklerde belirtilen sınır değerleri aşmamakta olup çevresel değerlerin olumsuz etkilenmemesi için gerekli önlemler alınacaktır. Proje sahası ve etki alanında sosyo-ekonomik ve kültürel değişimler beklenmemekte ancak yöreye ekonomik anlamda olumlu katkıları olacaktır. İşçi giriş ve çıkışları, işçilerin ve çalışanların sigorta, hastalık, iş kazası gibi

olayları ve kazaların nitelikleri kayıtlara alınacaktır. 1475 sayılı İş Kanunu'na istinaden çıkarılmış tüzük ve yönetmeliklere uyulacaktır.Görevli olmayan personelin tesis alanı içerisinde bulunmasına izin verilmeyecektir. Oluşabilecek bir kazaya karşın faaliyet alanında ilk yardım dolabı ve bir araç bulundurulacak, kazaya uğramış personel hızlı bir şekilde en yakın sağlık merkezine ulaştırılacaktır.(Terme, DDD,2015)Alıcı ortamın yeterli arıtma kapasitesine sahip olduğunun mühendislik çalışmaları ile tespit edilerek 5 yıl geçerliliği olan bu projenin ızgara, kum tutucu, ön çökeltme ve havalandırma üniteleriyle ön arıtımı yapılıp daha sonra S_1 S_2 ve S_3 seyremeleri hesaplandıktan sonra 1500 mm lik borular vasıtasıyla yaklaşık olarak 2500 m açık denize difüzörler yardımıyla deşarjı yapılmıştır.

KAYNAKLAR

(1) Çevre Mühendisliğine Giriş; KARPUZCU M. İTÜ yayınları,1988
(2)) Çevre Düzeni Planlarına Dair Yönetmelik (11.11.2008 tarih ve 27501 sayılı Resmi Gazete)
(3)Çevre İzin Ve Lisans Yönetmelik (10.09.2014 Ve 29115 Sayılı Rg)
(4)Öztürk, İ., 2002 atıksu ön arıtma ve deniz deşarj sistemleri İ.T.Ü. inşaat fakültesi matbaası
(5) Metcalf & Edyy, 1991. Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse McGraw - Hill International editions.
(6) Muslu, Y., (1996) Atıksuların Arıtılması Cilt 1
(7)Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete)
(8)Terme AAT Derin Deniz Deşarjı Projesi(Yüksel Proje/04.05.2015)
(9)WPCF Manual of practice No: 8 1991. Wastewater Treatment Plant Design
(10)www.epa.gov.tr
(11)www.buski.gov.tr

SENDAİ AFET RİSK AZALTMA ÇERÇEVESİ

Leyla ATAY[1], Selim DOĞAN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
sdogan@selcuk.edu.tr

ÖZET: Her sene afetler yüzünden birçok insan hayatını kaybetmektedir. Bunun yanında afetler toplumlara ekonomik ve psikolojik zararlar verebilmektedir. Hatta bazı toplumların yok olmasına bile sebep olabilmektedir. Bunun önüne geçmek için bilimle uğraşan insanlar dünya çapında birçok araştırma yapmışlardır. Bu araştırmalarda afet riskini azaltma, afet risk yönetimi, risk faktörlerini önceden belirleme, afete karşı direnç kazanma, afet risk konusunda gerekli olan bilincin oluşmasını sağlama gibi konular üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Afet risk azaltma gibi önemli bir konuda toplumlar bir araya gelip ortak kararlar alıp hem güçlerini birleştirip hem de etkili mücadele edebilmek için uluslararası çerçeveler yayınlamışlardır. Bu çalışma kapsamında afet riskini azaltmak için uluslararası anlamda yapılan çalışmalar ele alınmış olup Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi detaylı incelenmiştir. Bu çerçevede ne düzeyde afet riskinin önüne geçilecek veya afet sonrası oluşan zararlar nasıl en aza indirilecek gibi konular incelenmiştir. Birleşmiş Milletler; dünya çapında afet risk azaltma konusunda 1990-1999 yılları arasını kapsayan on yılı Uluslararası Doğal Afetler Azaltım On yılı (IDNDR) ilan etmiştir. 1994 yılında Yokohama Stratejisi ve Eylem Planı yapılmıştır. 2000 yılında Afet Zararlarının Azaltılması Uluslararası Stratejisi ile afetlere duyarlı bir toplum oluşturulması amaçlanmıştır. 2015 yılında ise ülkelere afet riski konusunda rehberlik edecek olan Hyogo Eylem Planı yapılmıştır. Hyogo eylem planı 2005 ile 2015 yılları arasını kapsamaktadır. Şuan hala yürürlükte olan ve birçok ülke tarafından kabul gören Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi Japonya'nın Sendai kentinde 2015 yılında düzenlenmiştir. Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi, Hyogo Eylem Planı'nın eksikliklerini gidermek için ortaya konulan ve temelde 2015 sonrası afet risk azaltması konusunda kısa, öz, etkili, kendine özgü ve ileriye dönük bir çerçeve benimsemiştir. Devletler, afet risk azaltma konusunda gerekli olan plan, politika ve bütçenin uygun gördüğü kadarıyla çerçeve kapsamında hareket etmeyi taahhüt etmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: *Afet, Risk, Sendai, Afet Risk Azaltma*

TÜRKİYE'DE ÇEVRESEL AÇIDAN KÜLTÜR BALIKÇILIĞI

Mehmet Ali ÖZEN[1], Sevgi ÇÖPOĞLU[1], Merve ÖZER[1] ve Selim DOĞAN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
sdogan@selcuk.edu.tr

ÖZET: Bilinçsizce ve aşırı yapılan balık avcılığı sonucu Dünya üzerindeki sucul ekosistemlerde balık stokları üzerinde ciddi bir baskı oluşmuştur. Kültür balıkçılığı bu baskının bir nebze azaltılması, sürekli artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanması ve istihdam olanaklarını arttırması ile birçok bakımdan faydalar sağlamaktadır. Ayrıca gün geçtikçe kültür balıkçılığı üretim teknikleri gelişmekte ve bu tekniklerin gelişmesi ile birlikte artan üretim ile bazı çevresel sorunlar oluşmaktadır. Bu çevresel sorunlar önlenmediği müddetçe bulunduğu ekosistemdeki su kalite parametrelerini bozarak diğer canlıları tehdit etmektedir. Bu tehditlerin çevresel açıdan ne tür etkileri olduğunu, su kalite parametrelerini hangi koşullarda ne derece etkilediğini inceleyerek, sektörel bazda çözüm önerileri ve kültür balıkçılığının çevresel etkileriyle etkin mücadele edebilmiş örnek ülkelerin mücadele yöntemleri belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Kültür Balıkçılığı, Çevresel Etki, Su Kalite Parametreleri*

MİKROALGLERDEN BİYODİZEL ELDESİ

Tunahan ERBAŞ[1], Nazif Ulukan ŞİMŞEK[1], Ebru SAK[1] ve Selim DOĞAN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
sdogan@selcuk.edu.tr

ÖZET: Dünyamız küresel ısınmanın, hava kirliliğinin, petrol fiyatlarının her geçen gün arttığı ve enerjiye olan ihtiyacın her geçen gün önem kazandığı bir sürecin içinde yer almaktadır. Bütün bu olumsuzlukların yanı sıra çevre kirliliğinin önüne geçildiği, ucuz ve temiz bir yenilebilir bir enerji kaynağının kullanılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu hususta alglerden enerji elde edilmesi ve fosil yakıt kaynaklı oluşan kirliliğin de önüne geçilmesi düşünülmektedir. Algler üzerine yapılan araştırmalar sonucunda bunun gerçekleşebileceği görülmektedir. Ülkemizin birçok bölgesinde alg patlamaları görülmekte ve meydana gelen alg patlamaları birçok sorun teşkil etmektedir. Bunların başında çevrede oluşan kötü bir görüntü ve canlı yaşamını olumsuz etkilemesi gelmektedir. Bu çalışmada, Dunaliella salina cinsi alglerden biyodizel elde ederek, oluşacak enerji ile Dunaliella Salina kaynaklı alg patlaması olan gölün temizlenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Mikroalgler, Dunaliella Salina, Biyodizel, Yenilebilir enerji*

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ÇEVRESEL AKIŞ

Muhammet Yasin ÜLKÜ[1], Alparslan KAYA[1], Hilal BARAN[1] ve Selim DOĞAN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
sdogan@selcuk.edu.tr

ÖZET: Dünya nüfusunun giderek artması ve bununla birlikte artan enerji ihtiyacı canlıların hayatını önemli bir şekilde etkilemektedir. Fosil yakıtların kullanımı dünyada karbondioksit salımının artmasına sebep olmaktadır. Oluşan kuraklıkla beraber canlılar için sular daha önemli hale gelmektedir. Kuraklıkla beraber iklimlerin değişmesi, yağış düzeninin bozulması ve akarsulardaki ekosistemin düzgün bir şekilde işleyemeyişine etki etmektedir. Bu etkenler sonucunda akarsu ekosisteminde canlılar için hidrolojik kuraklık kavramı ortaya çıkmaktadır. Çevresel akış ise akarsu ekosistemindeki canlılar için akması gereken minimum akış miktarıdır. Yani o akarsudaki canlıların hayatlarını bozulmadan devam ettirebilmesi, insanların ekonomik ve kültürel çıkarlanın bozulmadan işleyebilmesi için o gölde akış halinde olması gereken en az miktardaki akımdır. Ancak sürekli artan enerji ihtiyacı ile kurulan hidroelektrik santraller de akarsu ekosistemindeki canlılar için de bir tehlike oluşturmaktadır. Akışın çok fazla olması da canlı hayatını olumsuz etkilemektedir. Örneğin balıkların üremeleri için gerekli ortam koşullarının bozulmasına, insanların akarsudan faydalandığı ekonomik geçim kaynaklarının yok olmasına sebep olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Çevresel akış, Akış rejimi, Hidrolojik kuraklık, Hidroelektrik santral*

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SU KULLANIMI VE EVSEL ATIKSU OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ

Sena ATEŞ[1], Fatma ÖZKÖK[1], Zehra ATAĞAN[1] ve Selim DOĞAN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
sdogan@selcuk.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada Dünyada ve Türkiye'de su tüketimi, evsel atıksu oluşumu, atıksu arıtım yöntemleri ve maliyet ile ilgili veriler araştırılmıştır. Dünyadaki su; evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler için kullanılmaktadır. Suyun insan ve diğer tüm canlıların hayatındaki önemi ve bu öneme karşılık gelen suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri vurgulanmıştır. Dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının sektörel kullanımı incelenmiştir. Farklı ülkeler için günlük kişi başı oluşan kirlilik miktarı, atıksu oluşum miktarı, bu atıksuların ne kadarının evsel atıksulardan kaynaklandığı ve arıtım için gerekli birim maliyet araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Çevresel akış, Akış rejimi, Hidrolojik kuraklık, Hidroelektrik santral*

BURDUR GÖLHİSAR İLÇESİ ALTYAPI VE FAYDA-MALİYET ANALİZLERİ

Sefa ÇETİN, Buğra D.KARAMAN, Mert KILIÇ
Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, KONYA

ÖZET: Yerleşim bölgelerine hizmet veren kanalizasyon boru hatları incelenmiştir. Yapılan yatırımlar ve kullanım süreleri değerlendirilmesi çalışması yapıldı. Toplum huzur ve sağlığı açısından yapılan yatırımların sürekli tekrarlanmaması istenmektedir. Kanalizasyon hattı bakım ihtiyaçlarını en aza indirmek için kullanılan boru tipini belirlemek önem teşkil etmektedir. Atık su uzaklaştırma projesinden yola çıkılarak; o bölgedeki nüfus, alan, debi, akış hızı, doluluk oranı, boru çapı, kazı derinlikleri, bacalar arası mesafeler, hesaplanarak bulundu. Altyapı çalışmalarında kullanılan iki tip boru incelendi. İncelenen beton ve ctp borularının yük kayıpları, maliyet hesapları, teorik olarak sızdırmazlık miktarları belirlendi ve Burdur Gölhisar İlçesine hangi tip borunun kullanılacağına, elimizdeki veriler doğrultusunda karar verildi.

1.GİRİŞ

Nüfusun hızla artması, ekonomik faaliyetlerin yoğunlaşması, endüstriyel tesislerin artması bunun sonucunda sosyal ve ekonomik kalkınmada belirleyici etken olan kanalizasyon sorunlarının ortaya çıkmasında büyük etkendir. Günümüzdeki alt yapı yatırımları bu gelişmelerin gerisinde kalmıştır.

Ülkemizde 2014 yılı itibariyle kanalizasyon şebekesiyle hizmet veren belediye nüfusunun toplam nüfus içindeki pay %84, toplam belediye nüfusundaki payı da %90 olarak belirlenmiştir. TUİK verilerine göre kişi başına deşarj edilen günlük atıksu miktarı 181 litre olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1: Belediye atıksu göstergeleri

Belediye atıksu göstergeleri, 2006-2014

	2006	2008	2010	2012	2014
Toplam belediye sayısı	3 225	3 225	2 950	2 950	1 396
Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye sayısı	2 321	2 421	2 235	2 300	1 309
Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	87	88	88	92	90
Alıcı ortamlara deşarj edilen toplam atıksu miktarı (milyon m^3/yıl)	3 367	3 261	3 582	4 073	4 297
Denize	1 523	1 458	1 499	1 843	1 915
Göl-Gölete	46	67	76	75	94
Akarsuya	1 411	1 404	1 741	1 817	1 899
Araziye	121	50	35	36	18
Baraja	122	115	130	114	121
Diğer	145	166	101	187	250
Atıksu arıtma tesislerinde arıtılan atıksu miktarı (milyon m^3/yıl)	2 140	2 252	2 719	3 257	3 484
Kişi başı deşarj edilen günlük ortalama atıksu miktarı (litre/kişi-gün)	181	173	182	190	181

Dünya Ekonomik Forumu'nun hazırladığı Küresel Rekabet Endeksi 2015-2016 verilerine göre altyapı kalitesi arasındaki ilişki dikkate alınarak hazırlanan raporda ülkelerin 1 ile 7 arasında bir puana sahip olduğu tabloda Türkiye 4.4 puanla 55. Sırada yer almaktadır.

Tablo 2 : Alt yapı kalitesine göre Ülkeler

2.MATERYAL VE METOT

Türkiye'de kullanıla isale hattı borularından en yaygın olan CTP ve Beton Boru seçilip, karşılaştırmasının yapılabilmesi için Burdur Gölhisar İlçesinin teorik konut, endüstri, ticaret alanları buna bağlı olarak nüfusu, debisi, boru çapları, akış hızları, bacalar arası mesafeler ve kazı miktarları belirlenmiştir. Bu verilerden yararlanılarak CTP ve Beton Borular için ayrı ayrı yük kayıpları ve bütün iş kalemleri düşünülerek maliyet hesapları yapılmıştır. Bölgenin durumu göz önünde bulundurularak yataklama, gömlekleme ve mıcır dolgu yapılmamasına kara verilmiştir. Sadece toprak dolgu kullanılmıştır.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

1.Aşama

Beton boru için her iş kalemi düşünülerek birim maliyet verileri Konya Belediyesi KOSKİ Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır.

Tablo 3 :Beton boru birim fiyat listesi

Ø200 BB YATAKLAMASIZ															
			miktarı					brm fiyatı		tutarı				
no	imalatlar	birimi	h=1mt	h=2mt	h=3mt	h=4mt	h=5mt	geniş	dar	f=1mt	f=2mt	f=3mt	f=4mt	f=5mt
1	mak lle kazı yapılması	m3	0.763	1.925	2.888	3.851	4.813		6.43	4.90	12.38	18.57	24.76	30.95
2	yataklama yapılması	m3							5.68	-	-	-	-	-
3	dolgu yapılması	m3	0.705	1.867	2.830	3.793	4.755		5.10	3.59	9.52	14.43	19.34	24.25
4	200'lük büz ferşi	mt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		29.33	29.33	29.33	29.33	29.33	29.33
5	iksa yapılması	m2	-	4.000	6.000	8.000	10.000		2.81	-	11.24	16.86	22.48	28.10
6	kot koordinat	ad	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083		45.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
7	taban ferşi	ad	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017		227.43	3.79	3.79	3.79	3.79	3.79
8	bilezik ferşi	mt	-	0.006	0.023	0.039	0.056	216.20		-	1.26	4.86	8.47	12.07
9	konik ferşi	ad	-	0.017	0.017	0.017	0.017	111.34		-	1.86	1.86	1.86	1.86
10	kapak ferşi	ad	-	0.017	0.017	0.017	0.017	75.15		-	1.25	1.25	1.25	1.25
11	120*120 kapak ferşi	ad	0.017	-	-	-	-	173.04		2.88	-	-	-	-
12	parsel taban ferşi	ad	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067		89.98	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
13	parsel gövde ferşi	mt	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067		169.93	11.33	11.33	11.33	11.33	11.33
14	parsel kapak ferşi	ad	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067		65.41	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36
15	beton c ferşi	ad	0.067	0.067	0.067	0.067	0.067		30.41	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03
16	kazı malzm nakli	ton	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	5.88		0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
17	stabilize temn.ve nakli	m3	-	-	-	-	-			-	-	-	-	-
18	mıcır temini ve nakli	m3	-	-	-	-	-	18.68		-	-	-	-	-
19	Ø200 pvc ferşi	mt	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	39.49		15.80	15.80	15.80	15.80	15.80
	anılan derinliklerde 1mt yaklaşık maliyetleri (TL)									88.31	114.44	134.76	155.09	175.41

Ctp boru için her iş kalemi düşünülerek birim maliyet verileri Konya Belediyesi KOSKİ Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır.

Tablo 4 : CTP boru birim fiyat listesi

Ø200ctp YATAKLAMASIZ														
			miktarı					brm fiyatı		tutarı				
no	imalatlar	birimi	h=1mt	h=2mt	h=3mt	h=4mt	h=5mt	geniş	dar	f=1mt	f=2mt	f=3mt	f=4mt	f=5mt
1	mak lle kazı yapılması	m3	0.746	1.891	2.837	3.782	4.728		6.43	4.79	12.16	18.24	24.32	30.40
2	yataklama yapılması	m3							5.68	-	-	-	-	-
3	dolgu yapılması	m3	0.711	1.856	2.802	3.747	4.693		5.10	3.62	9.47	14.29	19.11	23.93
4	200'lük ctp boru ferşi	mt	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		188.40	188.40	188.40	188.40	188.40	188.40
5	iksa yapılması	m2	-	4.000	6.000	8.000	10.000		2.81	-	11.24	16.86	22.48	28.10
6	kot koordinat	ad	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050		45.00	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
7	Ø200/1000 ctp baca	ad	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010		4,924.64	49.25	49.25	49.25	49.25	49.25
8	Ø1000 ctp boru	mt	-	0.004	0.014	0.024	0.034	573.53		-	2.01	7.74	13.48	19.21
9	konik ferşi	ad	-	0.010	0.010	0.010	0.010	111.34		-	1.11	1.11	1.11	1.11
10	kapak ferşi	ad	-	0.010	0.010	0.010	0.010	75.15		-	0.75	0.75	0.75	0.75
11	120*120 kapak ferşi	ad	0.010	-	-	-	-	173.04		1.73	-	-	-	-
12	parsel taban ferşi	ad	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040		89.98	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60
13	parsel gövde ferşi	mt	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040		169.93	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80
14	parsel kapak ferşi	ad	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040		65.41	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
15	ctp c ferşi	ad	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040		55.36	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
16	kazı malzm nakli	ton	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	5.88		0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
17	stabilize temn.ve nakli	m3	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
18	mıcır temini ve nakli	m3	-	-	-	-	-	18.68		-	-	-	-	-
19	Ø200 pvc ferşi parsel	mt	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	188.40		45.22	45.22	45.22	45.22	45.22
	anılan derinliklerde 1mt yaklaşık maliyetleri (TL)									310.82	337.41	359.67	381.92	404.18

Bu verilerden yararlanılarak toplam maliyet hesapları yapılmıştır.
Beton boruda tolam maliyet 186470.07 TL
Ctp boruda toplam maliyet 541598.97 TL

2.Aşama

Beton ve Ctp borularda yük kayıplarının bulunması ;

Hf= SxL

$S=\frac{f}{D} x \frac{v^2}{2g}$

Beton boru için toplam yük kaybı h_f = 4.68027m

Ctp boru için toplam yük kaybı h_f = 0.131173m

3.Aşama

Beton ve Ctp borular için esneklik,dayanımlılık sıkılılık ve sehim deneyleri yönetmeliğe uygun sekilde firmaların üretimlerinden kontrol edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Sızdırmazlık beton boruda teorik olarak %10 alınarak hesaplanmış olup Ctp boru içinde sızdırmazlık çok düşük olduğundan ihmal edilmiştir.

Tablo 5 : Maliyet hesabı

Sıra no	Baca No		Uzunluk (m)	çap (D) (mm)	hendek sırt derinliği		ortalama derinlik (m)	yatak. Gömlek. yok toprak dolgu birim fiyat/TL (beton)	toplam maliyet (beton)	yatak. Gömlek. yok toprak dolgu birim fiyat/TL (ctp)	toplam maliyet (ctp)
	B	S			başta(m)	sonda(m)					
1	1	3	21	200	2	2	2	114.44	2403.24	337.41	7085.61
2	2	3	16	200	2	2	2	114.44	1831.04	337.41	5398.56
3	3	4	20	200	2	2	2	114.44	2288.8	337.41	6748.2
4	4	7	27	200	2	3.1	2.55	124.6	3364.2	349.65	9440.55
5	2	5	40	200	2	2	2	114.44	4577.6	337.41	13496.4
6	5	6	15	200	2	2.06	2.03	115.05	1725.75	338.07	5071.05
7	6	7	28	200	2.06	3.15	2.6	126.6	3544.8	350.76	9821.28
8	7	13	49	200	3.15	3.13	3.14	137.6	6742.4	340.52	16685.48
9	13	14	48	200	3.13	3.13	3.13	137.4	6595.2	340.31	16334.88
10	8	9	39	200	2	2	2	114.44	4463.16	337.41	13158.99
11	9	10	23	200	2	2	2	114.44	2632.12	337.41	7760.43
12	1	10	70	200	2	2	2	114.44	8010.8	337.41	23618.7
13	10	11	27	200	2	2	2	114.44	3089.88	337.41	9110.07
14	3	11	68	200	2	2	2	114.44	7781.92	337.41	22943.88
15	11	12	21	200	2	2	2	114.44	2403.24	337.41	7085.61
16	4	12	67	200	2	2	2	114.44	7667.48	337.41	22606.47
17	12	14	29	200	2	2	2	114.44	3318.76	337.41	9784.89
									72440.39		206151.05

2.ÇIKIŞ

18	D1	D2	46	200	2	2	2	114.44	5264.24	337.41	15520.86
19	D2	D3	46	200	2	2	2	114.44	5264.24	337.41	15520.86
20	D3	D4	36	200	2	2	2	114.44	4119.84	337.41	12146.76
21	D4	D5	50	200	2	2	2	114.44	5722	337.41	16870.5
22	D5	D13	50	200	2	2	2	114.44	5722	337.41	16870.5
23	D6	D7	45	200	2	2	2	114.44	5149.8	337.41	15183.45
24	D2	D7	51	200	2	2.6	2.3	120.5	6145.5	344.08	17548.08
25	D7	D8	44.5	200	2	2	2	114.44	114.44	337.41	337.41
26	D3	D8	63.5	200	2	2	2	114.44	114.44	337.41	337.41
27	D9	D10	37	200	2	2.2	2.1	116.4	4306.8	339.63	12566.31
28	D6	D10	36	200	2	2	2	114.44	4119.84	337.41	12146.76
29	D10	D11	46	200	2	2	2	114.44	5264.24	337.41	15520.86
30	D7	D11	37	200	2	2	2	114.44	4234.28	337.41	12484.17
31	D11	D12	45	200	2	2	2	114.44	5149.8	337.41	15183.45
32	D8	D12	36.5	200	2	2	2	114.44	114.44	337.41	337.41
33	D12	D13	37	200	2	2	2	114.44	4234.28	337.41	12484.17
34	D13	D19	45	200	2	2	2	114.44	5149.8	337.41	15183.45
35	D14	D15	17	200	2	2.05	2.02	114.98	1954.66	337.85	5743.45
36	D9	D15	51	200	2	2	2	114.44	5836.44	337.41	17207.91
37	D15	D16	48	200	2	2	2	114.44	5493.12	337.41	16195.68
38	D10	D16	48	200	2	2	2	114.44	5493.12	337.41	16195.68
39	D16	D17	46	200	2	2	2	114.44	5264.24	337.41	15520.86
40	D11	D17	46	200	2	2	2	114.44	5264.24	337.41	15520.86
41	D17	D18	45	200	3	3	3	114.44	5149.8	337.41	15183.45
42	D12	D18	45	200	2	2	2	114.44	5149.8	337.41	15183.45
43	D18	D19	37	200	2	2	2	114.44	4234.28	337.41	12484.17
									114029.68		335477.92

Tablo 6 : Yük kaybı hesapları

Sıra no	Baca No		Uzunluk (m)	çap (D) (mm)	v (m/sn)	beton (f)	beton (S)	yük kaybı (HF=SxL)	CTP (f)	CTP (S)	yük kaybı (HF=SxL)
	B	S									
1	1	3	21	200	0.34	0.035	0.001031	0.02165	0.001	0.0000289	0.000607
2	2	3	16	200	0.53	0.035	0.002506	0.04009	0.001	0.0000702	0.001124
3	3	4	20	200	0.48	0.035	0.002055	0.04110	0.001	0.0000576	0.001152
4	4	7	27	200	0.17	0.035	0.000258	0.00696	0.001	0.0000072	0.000195
5	2	5	40	200	0.46	0.035	0.001887	0.07550	0.001	0.0000529	0.002116
6	5	6	15	200	0.19	0.035	0.000322	0.00483	0.001	0.0000090	0.000135
7	6	7	28	200	0.19	0.035	0.000322	0.00902	0.001	0.0000090	0.000253
8	7	13	49	200	0.44	0.035	0.001727	0.08462	0.001	0.0000484	0.002372
9	13	14	48	200	0.79	0.035	0.005567	0.26721	0.001	0.0001560	0.007489
10	8	9	39	200	0.48	0.035	0.002055	0.08015	0.001	0.0000576	0.002246
11	9	10	23	200	0.29	0.035	0.00075	0.01725	0.001	0.0000210	0.000484
12	1	10	70	200	0.68	0.035	0.004125	0.28872	0.001	0.0001156	0.008092
13	10	11	27	200	0.58	0.035	0.003001	0.08102	0.001	0.0000841	0.002271
14	3	11	68	200	0.57	0.035	0.002898	0.19707	0.001	0.0000812	0.005523
15	11	12	21	200	0.73	0.035	0.004753	0.09982	0.001	0.0001332	0.002798
16	4	12	67	200	0.38	0.035	0.001288	0.08630	0.001	0.0000361	0.002419
17	12	14	29	200	0.83	0.035	0.006145	0.17820	0.001	0.0001722	0.004995
								1.57953			0.044269
2.ÇIKIŞ											
18	D1	D2	46	200	0.22	0.035	0.000432	0.01986	0.001	0.0000121	0.000557
19	D2	D3	46	200	0.4	0.035	0.001427	0.06565	0.001	0.0000400	0.001840
20	D3	D4	36	200	0.45	0.035	0.001806	0.06503	0.001	0.0000506	0.001823
21	D4	D5	50	200	0.54	0.035	0.002601	0.13005	0.001	0.0000729	0.003645
22	D5	D13	50	200	0.5	0.035	0.00223	0.11150	0.001	0.0000625	0.003125
23	D6	D7	45	200	0.48	0.035	0.002055	0.09248	0.001	0.0000576	0.002592
24	D2	D7	51	200	0.192	0.035	0.000329	0.01677	0.001	0.0000092	0.000470
25	D7	D8	44.5	200	0.71	0.035	0.004497	0.00450	0.001	0.0001260	0.000126
26	D3	D8	63.5	200	0.3	0.035	0.000803	0.00080	0.001	0.0000225	0.000023
27	D9	D10	37	200	0.51	0.035	0.00232	0.08584	0.001	0.0000650	0.002406
28	D6	D10	36	200	0.41	0.035	0.001499	0.05398	0.001	0.0000420	0.001513
29	D10	D11	46	200	0.67	0.035	0.004004	0.18419	0.001	0.0001122	0.005162
30	D7	D11	37	200	0.4	0.035	0.001427	0.05281	0.001	0.0000400	0.001480
31	D11	D12	45	200	0.87	0.035	0.006752	0.30382	0.001	0.0001892	0.008515
32	D8	D12	36.5	200	0.45	0.035	0.001806	0.00181	0.001	0.0000506	0.000051
33	D12	D13	37	200	1	0.035	0.00892	0.33004	0.001	0.0002500	0.009250
34	D13	D19	45	200	0.72	0.035	0.004624	0.20809	0.001	0.0001296	0.005832
35	D14	D15	17	200	0.07	0.035	4.37E-05	0.00074	0.001	0.0000012	0.000021
36	D9	D15	51	200	0.59	0.035	0.003105	0.15836	0.001	0.0000870	0.004438
37	D15	D16	48	200	0.49	0.035	0.002142	0.10280	0.001	0.0000600	0.002881
38	D10	D16	48	200	0.49	0.035	0.002142	0.10280	0.001	0.0000600	0.002881
39	D16	D17	46	200	0.69	0.035	0.004247	0.19535	0.001	0.0001190	0.005475
40	D11	D17	46	200	0.46	0.035	0.001887	0.08682	0.001	0.0000529	0.002433
41	D17	D18	45	200	0.99	0.035	0.008742	0.39341	0.001	0.0002450	0.011026
42	D12	D18	45	200	0.5	0.035	0.00223	0.10035	0.001	0.0000625	0.002813
43	D18	D19	37	200	0.84	0.035	0.006294	0.23288	0.001	0.0001764	0.006527
								3.10074			0.086904

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda beton borunun Ctp boruya göre daha az maliyetli olduğu görülmüştür. Fakat beton boru ömrü ortalama 20 yıl olduğu Ctp borunun ise ortalama 50 yıl olduğu düşünüldüğünde ve beton boru seçilmesi halinde tekrar kazı, işçi vb. maliyetleri olacağından Ctp boru seçilmesi maliyet açısından uzun vadede daha uygundur.

Yük kayıpları hesaplarına bakıldığında Ctp borunun Beton boruya göre yük kaybının çok küçük olduğu görülmüştür. Bu kıstas açısından da Ctp boru seçmek daha uygundur.

Beton boru Ctp boruya göre daha dayanıksızdır üstündeki ağırlığı kaldıramadığında çökmeler meydana gelebilir ve bu da ekstra maliyet demektir. Ctp boru hafif olduğundan taşınması ve döşenmesi daha basittir. Sulak alanlarda Ctp boru seçildiğinde içeri ve dışarı herhangi bir sızdırmanın önüne geçilmiş olur.

Tüm bu sebepler göz önünde bulundurularak Ctp boruyu tercih etmemiz daha uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

KONYA KOSKİ Genel Müdürlüğü,
Şekerdağ N, 2011,Su Getirme ve Kanalizasyon Problemleri ,Nobel Yayıncılık, Ankara
Samsunlu A, 2012 Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi, Birsel Yayınevi, İstanbul
URL-1 < http://www.tuik.gov.tr> 01.04.2017
URL-2 <http://cevre.beun.edu.tr/zeydan/kanal/yagmur-kanal-01.pdf > 03.03.2017
URL-3 <http://www.dogrulukpayi.com/beyanat/5889af56683b7)> 15.03.2017
URL-4 < http://www.superlit.com/tr > 18.03.2017
URL-5 < http://www.akbor.com.tr >18.03.2017
URL-6 < http://www.isbet.com.tr/ >19.03.2017
URL-7 < http://vardarinsaat.com >19.03.2017
URL-8 < http://www.gumusel.com.tr > 19.03.2017

ADIYAMAN'DA AZ YAĞIŞLI SEZON

Gamze EROL[1], Büşra KETEN[1], Melek EVCİ[1] ve Selim DOĞAN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
sdogan@selcuk.edu.tr

ÖZET: Adıyaman'ın iklim özelliği olarak sahip olduğu karasal iklim; yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise soğuk ve yağışlı özellik göstermektedir. Hem Doğu Anadolu hem Akdeniz Bölgeleri iklimine ev sahipliği yapmasından dolayı Adıyaman ilinin iklimi zaman zaman değişiklik göstermektedir. Çağımızın çevre sorunu olarak bilinen küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişikliği ve yağış değişimleri bilimsel olarak kanıtlanmış olup bu konu üzerinde yapılan çalışmaların sayısında artış görülmektedir. Bu çalışmalardan yola çıkarak toplam yağış miktarı ve yağış yoğunluğunda büyük oranda değişim mevcuttur. Dolayısı ile sel ve kuraklık felaketlerinin yaşanma sıklığı artmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Günlük yağış miktarı, Az Yağışlı Sezon*

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ İÇİN BİRİM DÖNÜŞTÜRME VE BOYUT ANALİZİ

İshak TEPE[1], Selim DOĞAN[1]
[1]*Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya*
sdogan@selcuk.edu.tr

ÖZET: Fiziksel büyüklükler kendilerine benzer başka bir büyüklükle karşılaştırılarak niceliği hakkında bilgi sahibi olunabilir. Örneklenmiş bu fiziksel büyüklüğe sürekli başvurulur ve buna birim adı verilir. Birçok fiziksel büyüklük olduğu ve her biri için sonsuz tane başvurulan örnek bir büyüklük seçme olanağı olduğundan, büyüklüklerin örneklenmiş miktarlarının birbirleriyle uyumlu olması zorunluluğu kendiliğinden ortaya çıkar. Çevre mühendisliği bölümü için kullanılan temel fiziksel büyüklüklerin neler olduğu ve bunların bir şekilde türetilmesi, birinden diğer birine hatasız şekilde geçişin nasıl, ne şekilde sağlanacağı tanıtılacaktır. Uluslararası birim sisteminin tarihsel ilerleyişi gelişimi tanıtıldıktan sonra, Çevre Mühendisliği bölümü için temel birimleri uluslararası simgeleriyle gösterip en çok kullanılan birimlerin birbirlerine dönüşmesi tablolarla verilecektir. Çevre mühendisliği bölümü dersleri başta olmak üzere ilgili diğer mühendislik dallarında da birimler ve birim dönüşümleri neden önemli gibi sorulara yanıt aranacaktır. Boyut analizinin tarihsel gelişimi hakkında genel bilgiler içerecektir. Boyut analizi yöntemlerinin ne anlama geldiği ve bu çeşitli yöntemlerin problem çözümlerinde faydalarına değinilecektir.

Anahtar Kelimeler: *Temel boyutlar, Boyut Analizi, Birim Dönüştürme, Çevre Mühendisliği, Uluslararası Birim Sistemi*

ATIKSULARDAKİ MİKROKİRLETİCİLERDEN DEHP'İN YAPISI, KAYNAKLARI VE KONTROLÜ

Merve BÜYÜKKOŞUCU, Ayşe Rana ONÜÇYILDIZ, Hande ÖZKAN, Bilgehan NAS
Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,
merf.1905@hotmail.com ,ayseranaonucyildiz@outlook.com , handez652@gmail.com, bilgehan.nas@gmail.com

ÖZET: Dietilhekzilftalat [bis (2-ethylhekzil) phthalate] (DEHP), en çok kullanılan ftalat esterlerdendir ve en önemli endokrin bozucu bileşiklerden birisidir. Ftalat esterlerin su organizmalarında birikim yaptığı ve endokrin bozucu etkilerinin olduğu bilinmektedir. Maruziyet durumunda kanserojenik ve teratojenik etkilerinin olabileceği belirtilmektedir. Muhtemel zararlarından dolayı özellikle DEHP bileşiklerinin çevre ortamlarındaki akıbetlerinin araştırılması küresel ölçekte önem kazanan bir konudur.

DEHP yaygın olarak fitalat esterleri olarak adlandırılan bir grup bileşik grubunun üyesidir, ağırlıklı olarak kullanımı ağırlıklı olarak polivinil klorüre yapılmış esnek ürünlerdeki plastikleştiricilerdir. DEHP, bir asit katalizörü mevcudiyetinde 2-etilheksil alkol ile ftalik anhidridin esterifikasyonu ile üretilir. DEHP neredeyse hiç kokusu olmayan, renksiz bir sıvıdır. Kolayca buharlaşmaz. Benzin, boya gidericiler ve yağlar gibi suda olduğundan daha kolay çözünür.

DEHP esas olarak esnek PVC ürünlerinin üretiminde bir plastikleştirici olarak kullanılır. DEHP duvar kaplamaları, masa örtüleri, yer döşemeleri, yağmurluk, bebek pantolon, bazı oyuncaklar, ayakkabı, otomobil döşeme gibi plastik ürünlerde bulunur. Tıbbi tüpler ve kan saklama torbaları da örnek verilebilir.

DEHP atık haline geldiğinde, bertarafı ilgili mevzuatlara göre düzenlenmelidir. Dünyanın bir bölümünde ölçülen DEHP, başka yerlerden kaynaklanmış olabilir. DEHP kalıntıları sıçanlar, tavşanlar, köpekler, inekler ve insanlar gibi karasal hayvanların organlarında bulunmuştur. DEHP'nin çeşitli metabolitleri hayvan dokularında tespit edilebilir. Topraktaki DEHP'nin bitkiler tarafından alındığı da kaynaklarda yer almaktadır.

Sıçanlarda ve farelerdeki birçok tekrarlanan oral çalışmalar, DEHP toksisitesinin temel hedeflerinin karaciğer ve testis olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Birkaç çalışmada DEHP 'in diğer dokulardaki toksisitesi daha az belirgindir. Ancak tiroid, yumurtalıklar, böbrekler ve kandaki etkiler bildirilmiştir. Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı DEHP kimyasalı belirli yönetmelikler ve yasalarla takip edilmesi gereken bir kimyasaldır.

Çevresel su numunelerindeki DEHP konsantrasyonunun belirlenmesinde numune alma cihazlarından ve numune kaplarından ilave DEHP girişimine dikkat edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: *Atıksu, ftalat esterler, DEHP, Mikrokirletici*

GRİ SU DEĞERLENDİRİLMESİ VE OTELLERDE UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Berrak YALÇINKILIÇ, Bilgehan NAS
Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
brrkylcnklc93@gmail.com

ÖZET: İçme suyu yaşamın devam edebilmesi için en önemli kaynaklar arasındadır. Bu sebeple içme suyu kaynakları korunmalı ve israfının azaltılması gerekmektedir. İçme suyunun en fazla israf edildiği yerler arasında bahçe sulama, temizlik ve tuvalet rezervuarları gelmektedir. Buralarda içme suyunun kullanılmaması büyük bir avantaj sağlamaktadır. Evlerde kullanılan sulardan meydana gelen evsel atık sular kirletici kaynağı olarak düşünülmemelidir. Bu atık sular geri kazanılması gereken bir kaynak olarak görülmelidir. Bu mantık çerçevesinde geliştirilen su tasarruf modelleri temiz su kaynaklarının uzun yıllar kullanılmasını sağlamaktadır.
Tüm bu durumlar göz önünde tutularak evsel atık suların, kaynağında kirlilik durumlarına göre akım ayrımı yapılarak toplanması ve daha sonra arıtıma tabii tutularak yeniden kullanıma sunulması su tüketimini oldukça azaltan bir işlemdir. Siyah su olarak adlandırılan, tuvalet suları haricinde diğer banyo, duş, lavabo gibi yerlerden toplanan gri sular, organik madde bakımından zengindir. Gri suların kirlilik yükleri siyah sulara göre daha azdır.
Ülkemizde turizm sektörü hızla ilerlemektedir. Bu sektör de verilen hizmetler de yoğun bir şekilde artış göstermektedir. Yapılan çalışmalarda su tüketiminin en fazla olduğu yerlerden birinin oteller olduğu görülmüştür. Bundan dolayı gri su arıtım sistemlerinin oteller üzerinde uygulanması içme suyu tüketimini azaltacak, otellerdeki suya ayrılan bütçenin azalmasını sağlayacak ayrıca atık su arıtım tesislerine giden su miktarını ve kirlilik yükünü de düşürmüş olacaktır.
Sonuç olarak fazla miktarda gri su meydana getiren işletmelerde, bu sistemlerin uygulamalarının arttırılması birçok katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Akım ayrımı, Evsel atık sular, Gri su, Gri su arıtım sistemleri, Siyah su*