



11.ULUSAL KATI ATIK YÖNETİMİ KONGRESİ (UKAY 2023) BİLDİRİ ÖZETLERİ

18 – 21 EKİM 2023

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
AŞIK ŞENLİK KÜLTÜR MERKEZİ

İçindekiler

SIFIR ATIK VE DÖNGÜSEL EKONOMİDE DÜŞÜK KARBON	1
TIBBİ ATIKLARIN BERTARAFINA İLİŞKİN NİTEL BİR DEĞERLENDİRME.....	3
DEMİR ÇELİK ÜRETİMİ YAPAN TESİS ATIK SULARININ ARITIMI İÇİN YENİLİKÇİ ARITIMIN (ENZİMATİK FENTON) UYGULANMASI.....	5
MARMARA DENİZİ'NDEKİ BALIKLARDA ÖNCELİKLİ KİRLETİCİLERİN BULUNURLULUĞU VE İNSAN SAĞLIĞI RİSK DEĞERLENDİRMELERİ	7
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAPSAMINDA KONUTLARDA SÜRDÜRÜLEBİLİR SU, ENERJİ VE ATIK YÖNETİMİ.....	9
TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE ATIKSU YÖNETİMİ.....	13
METAL KAPLAMA ENDÜSTRİLERİNDE ATIKSU YÖNETİMİ.....	15
BOROJIPS ATIĞININ GÜBRE ÜRETİM POTANSİYELİ İÇİN BOR İÇERİKLİ HAMMADDE OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI.....	19
YERALTINDA URANYUMUN BİYOJEOKİMYASAL REAKTİF TAŞINIM MODELLEMESİ	21
KÜRESEL ÇAPTA SIZINTI SUYU ÖZELLİKLERİNİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMESİ.....	25
ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDE ATIK YÖNETİMİ UYGULAMALARI	29
POLIETİLENİN ATIKSU ARITMA TESİSLERİNE ETKİLERİ VE BİYOLOJİK YAŞLANMASI.....	33
MİKRO ATIKLAR VE MİKRO KİRLETİCİLER: POLİETİLEN MİKROPLASTİKLERİN UV İLE YAŞLANDIRILMASI VE ÇEŞİTLİ ORGANİK KİRLETİCİLER İLE ETKİLEŞİMLERİNİN İNCELENMESİ.....	37
AFET VE ACIL DURUM ZAMANLARINDA ATIK YÖNETİMİ: 6 ŞUBAT KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ ÖRNEĞİ.....	42
TERMAL DEZENTEGRASYON İŞLEMİNİN AKTİF ÇAMURUN ANAEROBİK ÇÜRÜTME SÜRECİNE ETKİSİ.....	46
ÖĞÜTÜLMÜŞ ARAÇ LASTİKLERİNİN BİYOLOJİK DESÜLFÜRİZASYONU İÇİN OTOTROFİK DENİTRİFİKASYON BAKTERİLERİNİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI	50
ASİTLE AKTİVE EDİLEN TARIMSAL ATIK KULLANILARAK SULU ÇÖZELTİLERDEN ZN (II) İYON ADSORPSİYONU	54
PANKREATİN ENZİMİ İLE DEZENTEGRASYON İŞLEMİNİN ARITMA ÇAMURUNA ETKİSİ	58
ATIK AKTİF ÇAMURUN ALKALİ-TERMAL İŞLEMLE PARÇALANMASI VE BİYOGAZ ÜRETİMİNİN ARTIRILMASI	62
PLASTİK ENDÜSTRİSİNDEN KAYNAKLANAN MİKROPLASTİKLERİN MALZEME AKIŞ ANALİZİ İLE İNCELENMESİ	66
TAMPONLARIN SIĞIR GÜBRESİNİ İŞLEYEN ANAEROBİK ÇÜRÜTME - MİKROBİYAL ELEKTROLİZ HÜCRESİ ENTEGRASYON SİSTEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ.....	70
SIĞIR GÜBRESİ İLE BESLENEN ANAEROBİK ÇÜRÜTÜCÜ-MİKROBİYAL ELEKTROLİZ HÜCRESİ (AÇ-MEH) SİSTEMİNDE KATOT POTANSİYELİNİN METAN VE HİDROJEN ÜRETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI.....	74

YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALIZI DESTEKLİ BİR ENDÜSTRİYEL SİMBİYOZ MODELİ	78
ARDAHAN İL MERKEZİNDE KATI ATIK TOPLAMA VE TAŞIMA OPTİMİZASYONU	82
TÜRKİYE'DE TEHLİKELİ ATIK ÜRETİM ORANINI BELİRLEMEYE YÖNELİK BİR TAHMİN MODELİ	84
TÜRKİYE'DE İNŞAAT MALZEMELERİNİN YAYGIN YAŞAM SONU YÖNETİMİ ÜZERİNE BİR İNCELEME.....	8686
AGRO-EKOLOJİK KOMPOST ÜRETİMİ	88
ARDAHAN İLİ HAYVANSAL ATIKLARINDAN BİYOKÖMÜR ÜRETİM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ.....	90
PEYNİR ALTI SUYUNUN MANYETİK NANOPARTİKÜL (MNP) İLE ARITILMASINDAN ELDE EDİLEN ÇAMURUN, GIDA VEYA YEM OLARAK KULLANIM POTANSİYELİ	92
DÖNGÜSEL EKONOMİ ÇERÇEVESİNDE TÜRKİYE VE AB ÜLKELERİNDE ATIK YÖNETİM SÜRECİNİN İNCELENMESİ.....	94
ARTVİN İLİ'NİN İKLİM VE ENERJİ ANALİZİ	98
TIBBİ ATIKLARIN TOPLANMASI, TAŞINMASI VE BERTARAFINDA İSTANBUL ÖRNEĞİ.....	100
AKILLI ŞEHİRLER.....	102
BÖLGESEL BAZDA KARAÇI ŞEHRİNİN (PAKİSTAN) BELEDİYE KATI ATIKLARIN KARAKTERİZASYONU	106
LABORATUVARLARDA ATIK YÖNETİMİ İÇİN İZLENECEK YOL.....	108

SIFIR ATIK VE DÖNGÜSEL EKONOMİDE DÜŞÜK KARBON

İlker Hakan Terzioğlu

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yeşil Mutabakat ve Sürdürülebilirlik Çalışma Grubu
Yeşil Finansman ve Karbon Fiyatlama Danışmanı - Mimar, e-mail: hakan.terzi3461@gmail.com,
architecilkerhakan@gmail.com tel: 05535488334

Avrupa Birliği (AB), 2020 AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı kapsamında en kaynak ve enerji yoğun sektörlerden başlayarak yeni bir döngüsel ürün politikası geliştirmeyi taahhüt etmiştir. Plan, yalnızca AB'de üretilen ürünleri değil, aynı zamanda tüm ithalatı da kapsayacak zorunlu geri dönüştürülmüş içerik gereklilikleri ve standartları da dahil olmak üzere yeni düzenlemeler öngörüyor. Ticaret, daha sürdürülebilir bir geleceğe değerli bir katkı sağlayabilir. İkincil malzemelerde ortaya çıkan ticaret akışları ancak yakın gelecekte artacaktır. Yeni iş modelleri, mevcut doğrusal yaklaşımları daha döngüsel olanlarla değiştirecek: onarım, yeniden kullanım, yenileme, yeniden üretim olacaktır. Ve böylece hizmet ticareti daha yaygın hale gelecektir. Tüm söylenenler, ulusal hükümetlerin politikalarını desteklemesi hayati önem taşımaktadır. İkili ve bölgesel ticaret anlaşmaları ile sürdürülebilir mal ve hizmetleri ölçeklendirmek için eşit bir oyun alanı yaratan iklim dostu kurallar ve hükümler hakkında bir DTÖ anlaşması ile ilerlemek için bu kadar önemli bir pencere olmamıştır. Düşük karbonlu döngüsel ekonomi hükümlerine ilişkin maddeler, sıfır emisyonlu, adil ve eşitlikçi bir topluma giden yol, ticaret camiasının daha fazla katılımını, desteğini ve yenilikçiliğini gerektirir.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel ekonomi, sıfır atık, sıfır emisyon

ZERO WASTE AND LOW CARBON IN A CIRCULAR ECONOMY

İlker Hakan Terzioğlu

Environment Ministry of Urbanization and Climate Change Green Reconciliation and Sustainability Working Group, Green Finance and Carbon Pricing Consultant –Architect, e-mail: hakan.terzi3461@gmail.com-architectilkerhakan@gmail.com

Within the scope of the 2020 EU Circular Economy Action Plan, the European Union (EU) has committed to developing a new circular product policy, starting with the most resource- and energy-intensive sectors. The plan envisages new regulations, including mandatory recycled content requirements and standards, which will cover not only products manufactured in the EU, but also all imports. Trade can make a valuable contribution to a more sustainable future. The emerging trade flows in secondary materials will only increase in the near future. New business models will replace the existing linear approaches with more cyclical ones: there will be repair, reuse, renovation, remanufacturing. And so the trade in services will become more widespread. All that being said, it is vital that national governments support their policies. There has never been such an important window to move forward with bilateral and regional trade agreements and a WTO agreement on climate-friendly rules and provisions that create a level playing field for scaling sustainable goods and services. The articles related to the provisions of the low-carbon circular economy, the path to a zero-emission, fair and egalitarian society requires greater participation, support and innovation of the business community.

Keywords: Circular economy, zero waste, zero emissions

TIBBİ ATIKLARIN BERTARAFINA İLİŞKİN NİTEL BİR DEĞERLENDİRME

İlaha İsmayılova¹, Nuray Çağlar²

¹İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, [orcid:0009-0009-2293-5564](https://orcid.org/0009-0009-2293-5564)

²İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, [orcid: 0000-0001-7608-6339](https://orcid.org/0000-0001-7608-6339)

Türkiye’de özellikle büyük şehirlerde sanayileşme hızla büyüyor. Bunun yanında kentleşme, göç ve hızlı nüfus artışı insan ve çevre sağlığını tehditi arttırmaktadır. Atıklar, bilinçsiz kullanılmış, ihtiyaç duyulmayan ve çevre için zarar oluşturan nitelendirebileceğimiz her türlü madde olarak tanımlanır. Atık konusunda sağlık kurumlarının çıktısı olan tıbbi atıkların miktarı hızlı bir şekilde artarak çevre için sorun haline gelmektedir.

Hastane, klinik ve muayenehanelerdeki işlemler sırasında ortaya çıkan tıbbi atıklar (enfeksiyöz, patolojik ve kesici-delici) sağlık açısından riskler oluşturmaktadır. Gerek çevre ve toplum sağlığı açısından risklerin minimum düzeye düşürülmesi, gerekse ekonomik kayıpların indirilmesi için sağlık kuruluşlarında ortaya çıkan tıbbi atıklar konusunda gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Bu çalışmanın çıkış noktasının nedeni tıbbi atık konusuna literatürde çok sınırlı çalışmada değinilmiş olmasıdır. Çalışmamızda tıbbi atıkların bertarafının incelenmesi, durumun belirlenmesi, değerlendirilmesi ve yeni bakış açılarının hayata geçirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada güncel literatür bilgilerine dayanılarak nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmamız derleme şeklinde yürütülmüştür. Tıbbi atıkların bertaraf edilmesi gerek dünyada, gerekse Türkiye’de önemli sorunlardan bir tanesidir. Sağlık kurumlarının çıktısı olan tıbbi atıkların üretiminden bertarafına kadar olan süreç oldukça karmaşık bir süreci oluşturmaktadır. Çalışmamızda sağlık kuruluşlarının ürettikleri atık miktarlarına göre ölçekli gruplaması, kaynağında ayrı toplanması ve zararsız hale getirilmesi belirtilmektedir. Sağlık ünitelerinde tıbbi atıkların bertaraf edilmesi yöntemlerinin bilinmesi ve geri dönüşümüne dayalı yeni malzeme geliştirilmesi önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Atık, hastane, tıbbi atık, bertaraf, tıbbi atık yönetimi

A QUALITATIVE EVALUATION OF DISPOSAL OF MEDICAL WASTES

İlaha İsmayılova¹, Nuray Çağla²

¹Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, [orcid:0009-0009-2293-5564](https://orcid.org/0009-0009-2293-5564)

²Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, [orcid: 0000-0001-7608-6339](https://orcid.org/0000-0001-7608-6339)

Industrialization is growing rapidly in Turkey, especially in big cities. In addition, urbanization, migration and rapid population growth threaten human and environmental health. Waste is defined as any substance that is used unconsciously, that is not needed and that we can describe as harmful to the environment. The amount of medical waste, which is the output of health institutions, is rapidly increasing and becoming a problem for the environment.

Medical wastes (infectious, pathological and penetrating) generated during procedures in hospitals, clinics and practices pose health risks. Necessary precautions should be taken regarding the medical wastes generated in health institutions in order to minimize the risks in terms of environment and public health and to reduce economic losses.

The reason for the starting point of this study is that the subject of medical waste has been mentioned in very limited studies in the literature. In our study, it is aimed to examine the disposal of medical wastes, to determine the situation, to evaluate it and to put new perspectives into practice. In this study, qualitative research method was used based on current literature information. Our study was conducted as a compilation. Disposal of medical wastes is one of the important problems both in the world and in Turkey. The process from the production to disposal of medical waste, which is the output of health institutions, is a very complex process. In our study, it is stated that health institutions are grouped according to the amount of waste they produce, collected separately at the source and rendered harmless. It is important to know the disposal methods of medical wastes in health units and to develop new materials based on their recycling.

Keywords: Waste, hospital, medicalwaste, elimination, medical waste management.

DEMİR ÇELİK ÜRETİMİ YAPAN TESİS ATIK SULARININ ARITIMI İÇİN YENİLİKÇİ ARITIMIN (ENZİMATİK FENTON) UYGULANMASI

Nagihan Korkmaz

İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, ORCID: 0000-0002-9492-5105

Endüstriyel atık sular, sanayide üretim aşaması sonucunda ortaya çıkan atık sulardır. Bu atık sular çok karmaşık yapıya sahip olup arıtmaları en zor olan atık sularından biridir. Demir çelik sanayi atık suları içerdikleri yoğun metal kirlilikleri sebebiyle kanalizasyon sistemine verilmeden önce arıtmalarının yapılması gerekmektedir. Arıtım için kullanılacak yöntemler mevzuatlara uygun olacak şekilde uygulanmaktadır.

Bu çalışmada, galvanizli çelik üretici fabrikasına ait atık su arıtma tesisindeki Tersinir Soğuk Haddeleme ve alkali karakterli Sıcak Daldırma Galvanizleme ünitelerinden alınan yoğun kimyasal oksijen ihtiacı (KOİ) atık suların arıtmaları için Enzimatik Fenton arıtım yöntemi uygulanmıştır. Enzimatik fenton ile arıtım için pH 5'e ayarlanıp 1,2 g/L Fe²⁺ ve 0,76 g/L H₂O₂ ve 2,5 g/L lakkaz enzimi kullanılmıştır. Bu arıtım yöntemi art arda iki kez uygulanmıştır. Arıtım sonunda KOİ, renk ve çamurdaki toplam organik karbon (TOK) parametreleri incelenmiştir. Tersinir Soğuk Haddeleme ve alkali karakterli Sıcak Daldırma Galvanizleme ünitelerindeki atık sularında art arda iki kez uygulanan bu arıtma yönteminde KOİ arıtım verimleri sırasıyla % 80 ve 95 tespit edilmiştir. Renk giderim verimleri ise Tersinir Soğuk Haddeleme ünite atık suyu için % 87 ve Sıcak Daldırma Galvanizleme ünite atık suyu için % 96 olarak hesaplanmıştır. Arıtım için kullanılan lakkaz enzimi sayesinde toksik H₂O₂ miktarı azaltılmış olup çevre dostu bir arıtım uygulanmıştır. Yapılan bu çalışma ile demir çelik endüstrisi atık sularının arıtımı için yenilikçi Enzimatik Fenton arıtım yönteminin iyi bir başarı elde ettiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel atık sular, Enzimatik Fenton, İleri oksidasyon prosesi

Teşekkür: Atık su numunelerini temin ettiği Borçelik'e teşekkür ederim.

APPLICATION OF INNOVATIVE TREATMENT (ENZYMATIC FENTON) FOR THE REMOVAL OF IRON AND STEEL PRODUCTION FACILITY WASTEWATER

Nagihan KORKMAZ

Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, Department of Chemical Oceanography, Istanbul, Türkiye, (nagihan.ersoy@istanbul.edu.tr)

ABSTRACT

Industrial wastewater is the discarded water that emerges from the manufacturing process in the industry. These wastewaters have a very complex structure and are one of the most difficult wastewaters to treat. Due to the heavy metal pollution, they contain, the iron and steel industry wastewater must be treated before being given to the sewage system. The methods to be used for treatment are applied in accordance with the legislation.

In this study, the Enzymatic Fenton treatment method was applied for the treatment of intensive chemical oxygen demand (COD) wastewater input from Reversed Cold Milling (RCM) and Alkaline Continuous Galvanising Line (CGL) units in the wastewater treatment plant of the galvanized steel producer factory. pH was adjusted to 5 and 1.2 g/L Fe^{2+} and 0.76 g/L H_2O_2 and 2.5 g/L laccase enzyme were used for treatment with Enzymatic Fenton. This treatment method was applied twice in succession. The COD, color, and total organic carbon (TOC) parameters in the sludge were examined. COD treatment efficiencies of 80 and 95%, respectively, were determined in this treatment method, which was applied twice in succession to the wastewater of the Reversible Cold Rolling and Alkaline Hot Dip Galvanizing units. Color removal efficiencies were calculated as 87% and 96 % for RCM and CGL units wastewater, respectively. With the laccase enzyme used for treatment, the amount of toxic H_2O_2 has been reduced and an environmentally friendly treatment has been applied. With this study, it has been concluded that the innovative Enzymatic Fenton treatment method has achieved good success for the treatment of iron and steel industry wastewater.

Keywords: Industrial wastewater, Enzymatic Fenton, Advanced Oxidation process

Acknowledgments: The author would like to thank Borcelik for providing the wastewater samples.

MARMARA DENİZİ'NDEKİ BALIKLARDA ÖNCELİKLİ KİRLETİCİLERİN BULUNURLULUĞU VE İNSAN SAĞLIĞI RİSK DEĞERLENDİRMELERİ

Nuray Çağlar Balkıs, Nagihan Korkmaz, Abdullah Aksu, Tuba Ünsal, Esra Billur Balcioğlu, Hande Çavuş Arslan, Nazlı Demirel

İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, ORCID: 0000-0001-7608-6339

Öncelikli kirleticiler, insan sağlığı veya çevre için potansiyel veya gerçek bir tehdit olarak algılanan kimyasallar veya malzemelerdir. Farmasötik bileşikler bu öncelikli kirleticiler sınıfına girmektedirler. Farmasötikler atık su arıtma tesislerinde arıtımı tam olarak gerçekleştirilemediği ve alıcı ortamlara ulaştığı için sucul ekosistem için dünyada da genel bir problem haline gelmeye başlamıştır. Bu bileşikler ve kalıntıları, su ortamına çoğunlukla atık su arıtma tesisleri, evsel, hastane ve endüstriyel atık suları yoluyla ulaşabilmektedir. Bu nedenle, bu bileşikler, yeraltı suları, denizler, nehirler, göller vb. gibi su ortamlarında yaygın olarak tespit edilmektedirler. Bir milyardan fazla insanın gıda ihtiyacını ve geçimini sağlayan denizler birçok canlıya ev sahipliği yapmaktadır. Denizsel ortamlarda farmasötik bileşiklerin varlıkları, deniz ekosistemlerindeki organizmaların sağlıkları için ciddi risklere neden olabilmektedir. Marmara Denizi, antropojenik baskıların (evsel, endüstriyel, vb.) deniz ekosistemleri üzerindeki etkilerinin bulunduğu bir bölge olması nedeniyle bu tür mikrokirleticilerin bulunma ihtimali yüksek olması nedeniyle araştırma alanı olarak seçilmiştir.

Bu çalışmada, Marmara Denizi'ndeki balık kas dokularında insanlar tarafından yaygın olarak kullanılan 11 farmasötik bileşiğin (karbamazepin, ibuprofen, diclofenac, ketoprofen, naproksen, fenoprofen, klofibril asit, gemfibrozil, 17 β -estradiol, estrone, 17 α -etinilestradiol) varlığı ve bu ürünlerin tüketimi yoluyla oluşabilecek insan sağlığı risk değerlendirmeleri araştırılmıştır. 2019 yılı ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde Marmara Denizi beş istasyondan beş balık türü (*Trachurus mediterraneus*, *Spratus sprattus*, *Pomatomus saltatrix*, *Merlangius merlangus*, *Serranus hepatus*) toplanmıştır. Numuneler ultrasonik ekstraksiyon metodu ile ekstrakte edilmiş ve daha sonra katı faz ekstraksiyon metodu ile saflaştırılmıştır. Ardından yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile analiz edilmiştir. Balık kas dokularında en sık saptanan farmasötik bileşikler ibuprofen (<3,0–1225 ng/g), gemfibrozil (<3,2–480 ng/g), 17 α -ethynylestradiol (<2,0–462 ng/g) olmuştur. Tehlike katsayılarına göre 17 β -estradiol, 17 α etinilestradiol ve estron bu deniz ürünlerinin tüketimi yoluyla insanlar için bir sağlık riski oluşturabilir.

Anahtar Kelimeler: Balık kas dokuları, Marmara Denizi, Oşinografi, Öncelikli kirleticiler, risk değerlendirmesi

OCCURRENCE AND HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT OF EMERGING CONTAMINANTS IN FISH TISSUE IN THE SEA OF MARMARA, TÜRKİYE

Nuray Çağlar Balkıs, Nagihan Korkmaz, Abdullah Aksu, Tuba Ünsal, Esra Billur Balcioğlu, Hande Çavuş Arslan, Nazlı Demirel

Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, orcid: 0000-0001-7608-6339

Emerging contaminants are chemicals or materials that are perceived as a potential or real threat to human health or the environment. Pharmaceutical compounds belong to this class pollutants. Since the pharmaceuticals cannot be completely removed from the wastewater treatment plants and reach the receiving environments without being treated, it has become a general problem for the aquatic ecosystem of the world. These compounds and their residues can reach the aquatic environment mostly through wastewater treatment plants, domestic, hospital and industrial wastewater. Therefore, these compounds are commonly detected in aquatic environments such as groundwater, seas, rivers, lakes, etc. The seas, which provide food and livelihood for more than a billion people, are home to many living organisms. The presence of pharmaceutical compounds in marine environments can cause serious risks to the health of organisms in marine ecosystems. The Sea of Marmara has been chosen as a research area due to the high probability of the presence of such micropollutants, as it is a region where anthropogenic pressures (domestic, industrial, etc.) have effects on marine ecosystems.

In this study, the occurrence of eleven pharmaceutical compounds (carbamazepine, ibuprofen, diclofenac, ketoprofen, naproxen, fenoprofen, clofibric acid, gemfibrozil, 17 β -estradiol, estrone, 17 α -ethnylestradiol), commonly used by humans, in fish muscle tissues in the Sea of Marmara and human health risk assessments that may occur through the consumption of these products were investigated. Five fish species (*Trachurus mediterraneus*, *Spratus sprattus*, *Pomatomus saltatrix*, *Merlangius merlangus*, *Serranus hepatus*) were collected from five stations in the Marmara Sea in the spring and autumn seasons in 2019. The samples were extracted by ultrasonic extraction method and then clean-up by solid phase extraction method. It was then analyzed by high performance liquid chromatography. The most frequently detected target compounds in fish muscle tissues were ibuprofen (<3.0–1225 ng/g), gemfibrozil (<3.2–480 ng/g), 17 α -ethnylestradiol (<2.0–462 ng/g). According to their hazard coefficients 17 β -estradiol, 17 α -ethnylestradiol, and estrone may pose a health risk to humans through consumption of these products.

Keywords: Fish muscle tissues, Sea of Marmara, Oceanography, Emerging contaminants, risk assessment

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAPSAMINDA KONUTLARDA SÜRDÜRÜLEBİLİR SU, ENERJİ VE ATIK YÖNETİMİ

Melis ERDOĞAN¹, Ayşe FİLİBELİ²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tınaztepe Yerleşkesi, 35390 Buca-İZMİR, melis.erdogan23@gmail.com

²Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, 35390 Buca-İZMİR, ayse.filibeli@deu.edu.tr

Bugün karşılaşılan en büyük çevre sorunlarından birisi iklim değişikliğidir. Bu durum artık şehirlerde yaşayan insanlar için büyük bir sorun haline gelmiştir.

Bu çalışmanın amacı, her geçen yıl etkisinin fazlasıyla hissedildiği iklim değişikliğine karşı kırılgan olan konutların, sürdürülebilir su yönetimi, enerji verimliliği ve atık yönetimi açısından dayanıklı hale getirilmesidir. Özellikle kentlerde suyun sürdürülebilir bir şekilde yönetiminin sağlanması, enerji verimliliği konusunun incelenmesi ve atık yönetimi için planlamaların yapılması ve bu sorunların iklim değişikliği bağlamında ele alınması, kentlerde etkilenmiş veya etkilenebilecek alanların belirlenmesi ve uygulanması için gereken stratejileri planlamaktır.

Bu çalışma kapsamında, seçilen bir bölge için tasarımı yapılan konut genelinde sürdürülebilir su yönetimi, enerji verimliliği ve atık yönetiminin etkin kullanımının sağlanması için 'etkin kullanım önerileri' ortaya konulmuştur. Sürdürülebilir su yönetimi kapsamında yağmur suyu hasadı, gri su geri kazanım sistemleri ve yağmur bahçesi tasarımı; güneş kolektörlerinin kullanımıyla yenilenebilir enerjiden faydalanılarak etkin bir enerji yönetiminin sağlanması konusunda yapılan uygulamalar incelenmiştir. Atık yönetiminde ise geri kazanım/dönüşüm, atık yağ toplama sistemi ve kompostlama uygulamaları detaylı olarak araştırılmıştır. Bu 'etkin kullanım önerileri' ile konutun en verimli şekilde iklim değişikliğine dayanıklı 'Yeşil Bina' özelliğine ve LEED standartlarına uyumu için yapılması gerekenler tartışılmıştır.

Bu çalışma kapsamında incelenen sürdürülebilir su yönetim sistemleri ile iklim krizi nedeniyle tehlike altında olan su kaynaklarının korunmasına yönelik ve konutlarda yenilenebilir enerji kullanımı sayesinde enerji tasarrufu için sağlanan katkılar belirlenmiştir. Ayrıca ısınma ve diğer ihtiyaçlar için fosil yakıt kullanımına gerek olmadığı, böylelikle atmosferde fazlasıyla bulunan sera gazı salınımlarının konut bazında ele alınarak azaltılabileceği görülmektedir. Katı atık yönetiminde yapılacak uygulamalar ile su kaynakları üzerindeki etkilerin büyük ölçüde giderilerek, sürdürülebilir bir yaşama dönüşüm aşamasındaki kazanımlar üzerinde durulmuştur.

Bu bildiri kapsamında uygulanan yöntemler Çevre Mühendisliği bakış açısıyla değerlendirilmiş olup, önerilerin bu alanda yapılacak çalışmalar için iklim krizine karşı dayanıklı konutların inşasında

yeni bir bakış açısı kazandıracığı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında özellikle katı atık yönetimi uygulamaları detaylı olarak ele alınmış, sürdürülebilir atık yönetiminin önemi tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: iklim değişikliği/krizi, sürdürülebilir su yönetimi, sürdürülebilir atık yönetimi, enerji verimliliği

SUSTAINABLE WATER, ENERGY AND WASTE MANAGEMENT IN RESIDENCES WITHIN THE SCOPE OF CLIMATE CHANGE

Melis ERDOĞAN¹, Ayşe FİLİBELİ²

¹Dokuz Eylül University The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Tinaztepe Campus 35390 Buca-İzmir, melis.erdogan23@gmail.com

²Dokuz Eylül University Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering, Tinaztepe Campus, 35390 Buca-İzmir, ayse.filibeli@deu.edu.tr

Climate change is one of the biggest environmental problems faced today. This situation has now become a big problem for people living in cities. The aim of this study is to make the residences that are vulnerable to climate change, the impact of which is felt every year, resilient in terms of sustainable water management, energy efficiency and waste management. Especially, ensuring the sustainable management of water in cities, examining the issue of energy efficiency and making plans for waste management, and addressing these problems in the context of climate change, determining the areas that are or may be affected in the cities and planning the necessary strategies for their implementation.

Within the scope of this study, 'recommendations for effective use' were put forward to ensure the effective use of sustainable water management, energy efficiency and waste management throughout the house designed for a specific region. Within the scope of sustainable water management, rainwater harvesting, gray water recycling systems and rain garden design were examined. Ensuring an effective energy management by utilizing renewable energy with the use of solar collectors has been examined. In waste management, suggestions such as recycling, waste oil collection system and composting were examined. With these 'recommendations for effective use', it has been ensured that the residence complies with the climate change-resistant 'Green Building' feature and LEED standards in the most efficient way.

Sustainable water management systems implemented within the scope of this study, it has been observed that it contributes to the protection of water resources that are in danger due to climate change. With use of renewable energy in the residence, a contribution was made to energy savings. In addition, there was no need to use fossil fuels for heating and other needs. In this way, greenhouse gas emissions, which are excessively present in the atmosphere, are prevented from the residential basis. With solid waste management, the danger on water resources has been eliminated to a great extent, and it has contributed to a sustainable life.

The methods applied within the scope of the study have been evaluated from the perspective of Environmental Engineering, and it is thought that the proposals will gain a new perspective in the construction of residences resistant to climate change for the studies to be carried out in this area.

Keywords: climate change, sustainable water management, sustainable waste management, energy efficiency

TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE ATIKSU YÖNETİMİ

Esra Billur BALCIĞLU İLHAN¹, Fatih İLHAN², Uğur KURT²

¹ İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı, Vefa, İstanbul, Türkiye, ORCID:0000-0003-1235-9101

² Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa, İstanbul, Türkiye, ORCID:0000-0003-3037-2713

Tekstil endüstrisi, insanların en temel ihtiyacı olan gıda temininden sonra en önemli ihtiyaçlarından biri olan giyeceklerin üretildiği sektördür. Tekstil endüstrisi, birden fazla hammaddenin kullanımı ile yün ve pamuk gibi kumaşların elde edilmesinde kullanılan liflerden tekstil ürünleri haline gelmesini sağlayan bir endüstri türü olarak tanımlanabilir. Tekstil endüstrisi kendine daha çok gelişmekte olan ülkelerde daha yaygın kullanım alanı bulmuştur. Türkiye, dünya tekstil piyasasında önemli bir konuma sahip olmuştur. Ülkemizin toplam ihracat gelirlerinin %40'a yakını tekstil ürünlerinden sağlandığı bilinmektedir. Ayrıca ülkemizin toplam endüstriyel işgücünün % 10'u bu sektörde çalışmaktadır.

Tekstil, Türkiye'nin en önemli sektörlerinden biri olması nedeniyle, atık üretiminin de en fazla olduğu sektörlerin ilk sıralarında olduğu bilinmektedir. Üretim için, farklı proseslerde çok fazla su kullanılmaktadır. Bu nedenle büyük miktarda atık su oluşmaktadır. Tekstil sektöründe kullanılan kimyasallar ve boyarmaddeler genellikle çevre ve halk sağlığı açısından toksik maddeler içermektedir. Tekstil sanayinin çevre için oluşturduğu bu zararlı etkilerin minimizasyonu için, ham madde kullanımını azaltmak, geri dönüşüm ve yeniden kullanımlarını artırmak gerekmektedir. Türkiye istatistik kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizde en fazla su tüketen endüstrilerin başında Tekstil endüstrisi gelmektedir. Çok farklı türlere sahip olan tekstil endüstrisi ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği) SKKY kapsamında yedi farklı alt başlık şeklinde değerlendirilmiştir.

Oluşan atıksular farklı içeriğe sahip olduğu için farklı yöntemler ile arıtılma işlemleri mümkündür. Bu prosesler fiziksel arıtım (membran prosesler, çöktürme, flotasyon vb.), kimyasal arıtım (kimyasal koagülasyon, nötralizasyon, ileri oksidasyon prosesleri vb.) ve biyolojik yöntemler (membran biyoreaktör, aerobik anaerobik biyolojik arıtım vb.) ile arıtılabilmektedir. Ayrıca kombine proseslerin de (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) kullanımı arıtma tesisleri için oldukça önemli bir adımdır. Tüm bu proseslerin kendi içinde avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bu nedenle arıtılabilirlik ve değerlendirme çalışmalarının yapılması zorunludur.

Anahtar Kelimeler: Tekstil endüstrisi, atıksu yönetimi, arıtılabilirlik

WASTEWATER MANAGEMENT IN THE TEXTILE INDUSTRY

Esra Billur BALCIĞLU İLHAN¹, Fatih İLHAN², Uğur KURT²

¹ Istanbul University Institute of Marine Sciences and Management, Chemical Oceanography Department, Vefa, İstanbul, Türkiye

² Yıldız Technical University Civil Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, Davutpaşa, İstanbul, Türkiye

The textile industry is the sector where clothing is produced, which is one of the most important needs of people after the most important need of food supply. The textile industry can be defined as a type of industry that enables textile products to be made from fibres used to obtain fabrics such as wool and cotton with the use of more than one raw material. The textile industry has found itself more widely used in developing countries. Türkiye has an important position in the world textile market. It is known that nearly 40% of our country's total export revenues are provided from textile products. In addition, 10% of the total industrial labour force of our country works in this sector.

Since textile is one of the most important sectors in Türkiye, it is known to be one of the sectors with the highest waste production. For production, a lot of water is used in different processes. Therefore, a large amount of waste water is generated. Chemicals and dyestuffs used in the textile industry generally contain toxic substances for the environment and public health. In order to minimise these harmful effects of the textile industry on the environment, it is necessary to reduce the use of raw materials and increase recycling and reuse. According to the data of Turkish Statistical Institute (TUIK), textile industry is one of the most water consuming industries in our country. The textile industry, which has many different types, is evaluated under seven different sub-headings within the scope of Water Pollution Control Regulation in our country.

Since the wastewaters formed have different contents, it is possible to treat them with different methods. These processes can be treated by physical treatment (membrane processes, sedimentation, flotation etc.), chemical treatment (chemical coagulation, neutralisation, advanced oxidation processes etc.) and biological methods (membrane bioreactor, aerobic anaerobic biological treatment etc.). In addition, the use of combined processes (physical, chemical and biological) is a very important step for treatment plants. All these processes have advantages and disadvantages. Therefore, it is mandatory to carry out treatability and assessment studies.

Keywords: Textile industry, wastewater management, treatability

METAL KAPLAMA ENDÜSTRİLERİNDE ATIKSU YÖNETİMİ

Fatih İLHAN¹, Esra Billur BALCIOĞLU İLHAN², Yaşar AVŞAR¹

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa, İstanbul, Türkiye, ORCID:0000-0003-3037-2713

² İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı, Vefa, İstanbul, Türkiye, ORCID:0000-0003-1235-9101, ORCID: 0000 0002 4189 5512

Metaller çok farklı alanlarda kullanılan hammadde ve ürünlerdendir. Metal kaplama estetik ve korozyona karşı önlem açısından önemli bir yöntemdir. Kaplama, korozyonu önleme, dekoratif ve yüzey kalitesini arttırma amaçlı yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Metallerin üretim esnasında yüzeyde yağ ve gres bulunur. Metal kaplama sanayiinde çok farklı pH larda atıksu çıkışı olmaktadır. Metal sanayi atıksuyu temizlemek için kullanılan alkali ve kaplama yöntemleri nedeniyle yüksek pH, askıda katı maddeler, metal parçacıkları, sabunlar, nitrür, sülfür, klorür, gres, yağ vb. özelliklere sahiptir. Yağdan arındırıldıktan sonra malzemeler kaplama banyolara gönderilir. Durulama ve yıkama atıkları genellikle alkalidir. Kaplama banyoları asidiktir ve sülfürik asit, hidroklorik asit veya nitrik asit içerir. Alkali banyolarda karbonat, hidroksit ve siyanür kullanılır. Kaplama yapıldıktan sonra malzemeler kaplama banyolarının arkasındaki durulama ünitesine gönderilir. Bu banyolarda bulunan çözelti, belirlenen limitlerin üzerinde kirletici maddeler içerdiğinden atık su olarak deşarj edilemez. Ancak durulama suyu alıcı ortama deşarj edilebilir. Kaplama banyolarından salınan atık sudaki katılar yüksek hacimde olmayıp önemli toksik kimyasal maddeler içerebilir. Büyük miktarlarda metalle kirlenmiş atık suyun deşarjı nedeniyle, krom, çinko, bakır, nikel, kalay ve siyanür gibi ağır metal taşıyan endüstriler, kimyasal yoğun endüstriler arasında en tehlikeli olanlardır.

Metal kaplama endüstrisi ülkemizde ve dünyada hızla gelişen endüstri dallarından birisidir. Metal kaplama endüstrisi, sahip olduğu önemin yanında, sebep olduğu kirliliklerden ötürü de önem verilmesi gereken bir endüstri dalıdır. Metal kaplama endüstrisinden kaynaklı ortaya çıkan bakır, nikel, demir, krom, siyanür ve çinko gibi ağır metaller çevre ve insan sağlığına olan zararlarından ötürü hassasiyetle giderimi sağlanması gereken ağır metal bileşikleridir. Ülkemizde de metal kaplama endüstrisi yaygın olarak bulunmaktadır. Bu sebeple endüstriden kaynaklanan atıksu miktarı da fazla olacaktır. Oluşan atıksuda bulunan ağır metallerin giderim standartları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre atıksuların deşarjı için gerekli parametreler bulunmaktadır. Metal kaplama endüstrisinden çıkan atıksuların arıtılarak yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmayacak şekilde deşarj edilmesi veya tekrar kullanılacaksa da kullanım alanına bağlı olarak uygun kirlilik gideriminin sağlanması

gerekmektedir. Bu çalışmada metal kaplama atıksularının arıtılabilirliği ve atıksu yönetimi hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metal kaplama, atıksu yönetimi, arıtılabilirlik

WASTEWATER MANAGEMENT IN METAL COATING INDUSTRIES

Fatih İLHAN¹, Esra Billur BALCIOĞLU İLHAN², Yaşar AVŞAR¹

¹ Yıldız Technical University Civil Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, Davutpaşa, İstanbul, Türkiye

² Istanbul University Institute of Marine Sciences and Management, Chemical Oceanography Department, Vefa, İstanbul, Türkiye

Metals are raw materials and products used in many different fields. Metal coating is an important method for aesthetics and corrosion prevention. Coating is a widely used method for corrosion prevention, decorative and surface quality enhancement. During the production of metals, oil and grease are present on the surface. In the metal coating industry, wastewater is discharged at very different pH levels. Metal industry wastewater has high pH, suspended solids, metal particles, soaps, nitrides, sulfides, chlorides, grease, oil, etc. due to the alkali and coating methods used to clean it. After degreasing, the materials are sent to coating baths. Rinsing and washing wastes are usually alkaline. Coating baths are acidic and contain sulfuric acid, hydrochloric acid or nitric acid. Carbonate, hydroxide and cyanide are used in alkaline baths. After coating, the materials are sent to the rinsing unit behind the stationary baths. The solution in the coating baths cannot be discharged as wastewater as it contains pollutants above the set limits. However, rinse water can be discharged to the receiving environment. The solids in wastewater released from coating baths are not in high volumes and may contain significant toxic chemicals. Heavy metal-bearing industries such as chromium, zinc, copper, nickel, tin and cyanide are the most hazardous among chemical-intensive industries due to the discharge of large quantities of metal-contaminated wastewater.

Metal coating industry is one of the rapidly developing industries in our country and in the world. In addition to its importance, the metal coating industry is also an industry that should be given importance due to the pollution it causes. Heavy metals such as copper, nickel, iron, chromium, cyanide, zinc, nickel, iron, copper, nickel, iron, chromium, chromium, cyanide and zinc are heavy metal compounds that need to be removed sensitively due to their harm to the environment and human health. Heavy metals such as copper, nickel, iron, chromium, cyanide and zinc are heavy metals originated from metal coating industry that need to be removed sensitively due to their harm to the environment and human health. The metal coating industry is also widespread in our country. Bu sebeple endüstriden kaynaklanan atıksu miktarı da fazla olacaktır. The removal standards of heavy metals in the wastewater are specified in the Water Pollution Control Regulation. According to the Water Pollution Control Regulation, there are parameters required

for the discharge of wastewater. Wastewater from the metal coating industry should be treated and discharged in such a way that it does not exceed the limit values specified in the regulation, or if it is to be reused, appropriate pollution removal should be provided depending on the area of use. In this study, detailed informations about the treatability of metal coating wastewater and wastewater management are given.

Keywords: Metal coating, wastewater management, treatability

BOROJIPS ATIĞININ GÜBRE ÜRETİM POTANSİYELİ İÇİN BOR İÇERİKLİ HAMMADDE OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Hawa Mumcu Şimşek, Rövsen Guliyev

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Kimya Mühendisliği, ORCID : 0000-0002-2270-3642,
havvamumcu@osmaniye.edu.tr

Ardahan Üniversitesi Çevre Mühendisliği, ORCID : 0000-0003-2396-8201,
rovsenguliyev@ardahan.edu.tr

Gelişen dünyada endüstriyel kirliliğin kontrol altına alınması ve ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Atıkların değerlendirilmesi, atık yönetimi sürecinin bir parçası olarak çevresel etkileri azaltmayı, kaynakları verimli kullanmayı ve atıkları geri kazanmayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Ülkemiz, dünyanın en büyük bor rezervlerine sahip bir ülkesidir ve yılda 385 bin ton borik asit üretilmektedir. Konsantre kolemanitten elde edilen her bir ton borik asit için yaklaşık 3 ton borojips (katı atık) oluşmaktadır. Borojips, genellikle %3 ila %7 arasında B₂O₃ içeriği içermektedir.

Bu çalışmanın amacı, atık borojipsin bor içerikli gübre üretiminde nasıl kullanılabileceğini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda, diamonyum fosfat gibi bir gübre malzemesi kullanılmıştır. Laboratuvar koşullarında, diamonyum fosfat ile borojips atığı 1.0:1.0, 1.0:1.2, 1.0:1.4, 1.0:1.6 ve 1.0:2.0 mol oranlarında karıştırılmıştır. Karışım esnasında K/S oranı 0.5, sıcaklık 50°C, karışma süresi 60 dakika, çözeltinin pH aralığı 5.5-6.5 ve karışma hızı 400 devir/dakika olarak ayarlanmıştır. Oluşan üründe X-ray difraktometresi (XRD), Fourier transform infrared (FT-IR), UV (ultraviyole ışınları) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Borojips, Katı atık, Çözünme

INVESTIGATION OF THE FEASIBILITY OF USING BORON-RICH WASTE AS A BORON-CONTAINING RAW MATERIAL FOR FERTILIZER PRODUCTION

Havva Mumcu Şimşek, Rövsen Guliyev

Osmaniye Korkut Ata University Department of Chemical Engineering, ORCID : 0000-0002-2270-3642, havvamumcu@osmaniye.edu.tr

Ardahan University Department of Environmental Engineering, ORCID : 0000-0003-2396-8201, rovsenguliyev@ardahan.edu.tr

In the evolving world, controlling industrial pollution and evaluating the generated waste hold significant importance. Waste valorization is an approach within the waste management process that aims to reduce environmental impacts, utilize resources efficiently, and recycle waste. It involves minimizing waste generation, maximizing reuse, recycling materials, and recovering value from waste." Our country possesses the world's largest boron reserves and produces 385 thousand tons of boric acid annually. For each ton of boric acid obtained from concentrated colemanite, approximately 3 tons of borogypsum (solid waste) are generated. Borogypsum typically contains a B₂O₃ content ranging from 3% to 7%.

The aim of this study is to investigate the potential utilization of waste borogypsum in the production of boron-containing fertilizers. In line with this objective, a fertilizer material such as diammonium phosphate has been utilized. Under laboratory conditions, diammonium phosphate and borogypsum waste were mixed at molar ratios of 1.0:1.0, 1.0:1.2, 1.0:1.4, 1.0:1.6, and 1.0:2.0. During the mixing process, the K/S ratio was set at 0.5, temperature at 50°C, mixing time at 60 minutes, solution pH range at 5.5-6.5, and mixing speed at 400 revolutions per minute. The resulting product was subjected to X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared (FT-IR), ultraviolet (UV), and scanning electron microscopy (SEM) analyses.

Keywords: Borogypsum, Solid Waste, Dissolution

YERALTINDA URANYUMUN BİYOJEOKİMYASAL REAKTİF TAŞINIM MODELLEMESİ

Selin Gökçe¹, Sema Sevinç Şengör²

¹ Ortadoğu Teknik Üniversitesi, selin.gokce@metu.edu.tr ORCID NO: 0000-0002-0669-466X

² Ortadoğu Teknik Üniversitesi, ssengor@metu.edu.tr ORCID NO: 0000-0003-3944-1172
(Corresponding author)

Uranyum (U), yüksek çözünürlük, hareketlilik ve toksisite seviyelerine sahip olması nedeniyle önemli bir çevresel sorun haline gelmiştir. Çevrede yaygın olarak bulunan uranyum, toprak ve yer altı suyu kirliliğine kalıcı bir miras bırakır ve insan sağlığı için önemli ölçüde risk oluşturur. Uranyumla ilgili farklı çözüm yöntemleri bulunsa da, mikrobiyal temelli çözüm teknolojileri, maliyet etkin, dayanıklı ve bu stratejiye yönelik ciddi bir ilgi gösterildiği için umut vadeden bir yaklaşımdır. Uranyumun oksitlenmiş formu olan U(VI), uzun yarı ömrü ve toksisitesi nedeniyle önemli bir çevresel endişe kaynağıdır. U(VI)'in daha az çözünür U(IV) durumuna indirgenmesi, genellikle mineral uraninit (UO₂) formunda gözlemlenir ve indirgenme koşullarında termodinamik olarak desteklenmektedir. Öte yandan, uranyumun immobilizasyonu için metal indirgeyen bakteriler kullanılarak biyo-indirgenmesi, birçok uranyum kirlenmiş sahada olası bir iyileştirme teknolojisi olarak kabul edilmiştir. Ancak, elektron vericisi tamamen tükenir tükenmez çözünmez uraninit, Fe-oksitlerin varlığında tekrar çözünür, U(VI)'ye yeniden oksitlenebilir ve uranyum kirliliğinin temizleme çabalarını engelleyebilir. Bu çalışmanın temel amacı, yer altı ortamında uranyumun biyojeokimyasal süreçlerini dikkate alan iki boyutlu (2D) modelleme çerçevesi içinde, fiziksel ve kimyasal heterojenliğin etkisi altında taşınımını incelemektir.

Akifer heterojenliği kavramı ve rolü, yer altı ortamlarında kirletici taşınımının davranışını anlamak için büyük ilgi görmüştür. Heterojenliğin süreçlerin nicelendirilmesi üzerinde önemli bir kontrol sağladığı gösterilmişken, bu etkinin boyutunun detaylı olarak araştırılması oldukça önemlidir. Bu çalışmada yer altı ortamında fiziksel ve kimyasal akifer heterojenliğinin varlığında uranyumun biyo-indirgenme reaksiyonlarının uranyumun reoksitlenme süreci ile birleştirilmiş şekilde incelenmesine odaklanılmaktadır.

Model simülasyon sonuçları, mekansal heterojenliğin ihmal edildiği durumlarda, yeraltı ortamındaki uranyumun biyoremediasyonunun daha yüksek tahmin edilmesine yol açabileceğini göstermiştir. Ayrıca, uranyumun adsorpsiyonun modele dahil edildiği durumlarda, kimyasal heterojenliğin fiziksel heterojenliğin etkisine göre öneminin daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Oksidasyon ve indirgeme reaksiyonlarının etkisi de sistemdeki farklı hidrolik iletkenlik bölgeleri

içindeki reaksiyon potansiyellerine göre uranyumun taşınımı üzerinde belirgin etkiye yol açabilmektedir. Araştırmanın nihai bulgularının, heterojen olarak dağılmış alanlarda uranyumun biyoremediasyon stratejilerinin belirlenmesine yönelik modelleme çalışmalarında kullanılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Heterojenite, Reoksidasyon, Biyojeokimyasal reaksiyonlar, Uranyum, Reaktif Taşınım Modellemesi

BIOGEOCHEMICAL REACTIVE TRANSPORT MODELING OF URANIUM IN SUBSURFACE**Selin Gökçe¹, Sema Sevinç Şengör²**¹Middle East Technical University, selin.gokce@metu.edu.tr ORCID NO: 0000-0002-0669-466X²Middle East Technical University, ssengor@metu.edu.tr ORCID NO: 0000-0003-3944-1172
(Corresponding author)

Uranium (U), due to its significant solubility, mobility, and toxicity, has emerged as a noteworthy environmental concern. Uranium which is highly prevalent in the environment, results in a lasting legacy of soil and groundwater contamination, posing risks to human health. While various methods exist for addressing uranium-related issues, microbial-based remediation technologies present a promising avenue owing to their cost-effectiveness, durability, and substantial attention garnered by this approach. The oxidized form of uranium, U(VI), poses a significant environmental concern due to its long half-life and toxicity. The reduction of U(VI) into the less soluble U(IV) state, often observed in the form of the mineral uraninite (UO₂), is thermodynamically favored under reducing conditions. Conversely, the bioreduction of U(VI) using metal-reducing bacteria for U immobilization has been considered a plausible remediation technology at numerous uranium-contaminated sites. However, once the electron donor is entirely consumed, insoluble uraninite may undergo reoxidation back to soluble U(VI) in the presence of Fe-oxides, hindering the clean-up efforts for uranium contamination. The primary objective of this study is to investigate the subsurface fate and transport of uranium within a 2D modeling framework that considers the biogeochemical processes of U under the influence of physical and chemical heterogeneity.

The concept and role of aquifer heterogeneity have been received attention in understanding the behavior of contaminant transport in the subsurface environment. As heterogeneity has been shown to exert significant control over the quantification of processes, the investigation of the extent of this effect is highly important. This study is particularly focused on uranium behavior in the subsurface, specifically examining coupled bioreduction reactions with the uranium reoxidation process in the presence of physical and chemical aquifer heterogeneity.

Model simulation results have shown that neglecting spatial heterogeneity might lead to an overestimation of uranium bioremediation in the subsurface environment. Furthermore, when adsorption of uranium is included in the model simulations, the significance of chemical heterogeneity compared to physical heterogeneity becomes more pronounced. The impact of oxidation and reduction reactions on the overall uranium transport is observed to be enhanced

in different hydraulic conductivity zones in the system based on the reaction potential. The final results of the research are expected to be used in modeling efforts aimed at establishing bioremediation approaches for uranium in sites with heterogeneous distribution.

Keywords: Heterogeneity, Reoxidation, Biogeochemical Processes, Uranium, Reactive Transport Modeling

KÜRESEL ÇAPTA SIZINTI SUYU ÖZELLİKLERİNİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMESİ

Didar Ergene Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, d.ergene@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8810-9769>

Ayşegül Aksoy Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, aaksoy@metu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0099-348X>

F.Dilek Sanin Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, dsanin@metu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1376-8700>

Sızıntı suyu, katı atık depolama sahalarından kaynaklanan, yüksek miktarda organik ve inorganik kirleticiler içeren bir atıksudur. Çöp sızıntı suyunun kalite ve miktarını etkileyen başlıca faktörler: katı atık kompozisyonu, bertaraf teknikleri, işletme koşulları, depolama yaşı, iklim ve yağış özellikleridir. Sızıntı suyu sürekli değişkenlik gösteren içeriği, toksisitesi, ve biyolojik yapısı nedeni ile yönetimi zor bir atıksudur. Bu nedenle, sızıntı suyu artma tesislerinin tasarımı ve revizyonu için depolama ömrü boyunca sızıntı suyu özelliklerinin iyi anlaşılması önem arz etmektedir.

Sızıntı suyunun özellikleri genelde pH, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), askıda katı madde (AKM), amonyum nitrojen (NH₄-N), toplam Kjeldahl nitrojen (TKN), alkalinite, iletkenlik ve ağır metaller ile temsil edilir. Sızıntı suyunun organik bileşimi (çoğunlukla KOİ, BOİ ve TOK olarak ölçülür) atıkların çözünür kısımlarından ve biyolojik ayrışmadan kaynaklanan yan ürünlerden oluşur. Azot ise atıktaki proteinlerin ve amino asitlerin biyolojik ayrışmasından kaynaklanır ve genelde NH₄-N ve TKN olarak ölçülür. Sızıntı suyunun iletkenliği oldukça yüksek olup, çoğunlukla Ca, Mg, Cl, Na ve K gibi iyonlardan oluşur.

Bu çalışmada, 46 ülkedeki 220 farklı depolama sahasından derlenen sızıntı suyu verileri, çok değişkenli analiz yöntemi ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları sızıntı suyunun spesifik özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlamıştır. Korelasyon analizi regresyon modellemesi ile birlikte sızıntı suyu parametrelerinin birçoğunun birbiriyle iyi korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. En yüksek korelasyonlar organik parametreler (BOİ ve KOİ) ile TKN ve NH₄-N arasında bulunmuştur. Tuz grubu parametreleri (Cl, Na ve K) birbirleriyle ve alkalinite ile güçlü bir şekilde ilişkili bulunmuştur. İletkenlik ve potasyumun (K), NH₄-N, TKN ve alkalinite ile çok iyi korelasyon gösterdiği gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, sızıntı suyunun inorganik ve organik bileşenleri arasında kayda değer bir farklılık tespit edilmiştir. Sızıntı suyunda organiklerin (BOİ, KOİ), Ca, Mg ve Fe gibi ilişkili parametreler ile yüksek veya düşük konsantrasyonlarda bir arada bulunduğu fakat inorganiklerle bu tür bir bağlantısı olmadığı görülmüştür. Yüksek orandaki iletkenlik, alkalinite, ve

tek değerli iyonların daha çok yaşlı sızıntı suyu numunelerinde bulunduğu gözlemlenmiş olup, bu bulgunun sızıntı suyu özelliklerindeki değişimi anlamak için çok önemli olduğu düşünülmektedir. Öte yandan, iki değerli iyonlar ve organik bileşenler, genç depolama alanlarından alınan sızıntı suyu numunelerinde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Netice olarak, tuz, alkalinite ve NH₄-N gibi bazı inorganik bileşenlerin sızıntı suyuna biyolojik ayrışma ile değil, çözünme, seyrelme, vb. gibi diğer mekanizmalar yoluyla geçtiği varsayılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sızıntı suyu, sızıntı suyu kompozisyonu, çok değişkenli analiz, sızıntı suyu özellikleri

STATISTICAL ASSESSMENT OF THE WORLDWIDE LANDFILL LEACHATE CHARACTERISTICS

Didar Ergene Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, d.ergene@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8810-9769>

Ayşegül Aksoy Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, aaksoy@metu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0099-348X>

F.Dilek Sanin Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, dsanin@metu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1376-8700>

Leachate, a wastewater with high concentrations of organic and inorganic compounds, is produced as a consequence of waste disposal in landfills. Leachate quality and quantity in landfills fluctuate significantly mainly due to composition of waste, disposal techniques, landfill operations, age of the landfill, climate, and rainfall patterns. Leachate management can be a complicated task due to the variations in its strength, biodegradability, and toxicity. In that sense, leachate treatment plants need to be designed and upgraded accordingly requiring well understanding of leachate characteristics throughout the lifespan of a landfill.

Characteristics of leachate are mostly represented by pH, chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), suspended solids (SS), ammonium nitrogen (NH₄-N), total Kjeldahl nitrogen (TKN), alkalinity, conductivity, and heavy metals. Organic composition of leachate (mostly measured as COD, BOD, and TOC) originates from the soluble parts of wastes and decomposition by-products. Nitrogen originates from the biodegradation of proteins and amino acids in waste and measured mostly as NH₄-N and TKN. Conductivity being extremely high in leachate consists of major ions like Ca, Mg, Cl, Na, and K.

In this study, landfill leachate data compiled from 220 different landfills from 46 countries were analyzed by a multivariate statistical approach. Findings of the analyses supplied valuable information about the specific properties of landfill leachate. Correlation analysis reinforced by regression modeling showed that many leachate parameters are well-correlated with each other. The highest correlations are for organic parameters (BOD and COD), as well as TKN and NH₄-N. Parameters grouped under salt component (Cl, Na, and K) are strongly correlated with each other, as well as with alkalinity. Conductivity and K emerged to be correlated very well with NH₄-N, TKN, and alkalinity. Beside that, a notable divergence was observed between inorganic and organic components of leachate. The organic portion (BOD, COD) and associated parameters like Ca, Mg, and Fe appeared to be co-existed in high or low concentrations in leachate without any relationship to inorganics. This finding is crucial to understand the variation in leachate

characteristics as higher concentrations of EC, alkalinity, and monovalent ions in leachate were associated with samples from aged landfills. On the other hand, divalent ions and organics had higher concentrations in leachate samples from landfills of early operational life. This leads to the inference that concentrations of particular inorganic substances like salts, NH₄-N, and alkalinity in leachate may not be directly affected by the state of biodegradation but other mechanisms like dissolution, dilution, etc.

Keywords: Landfill leachate, leachate composition, multivariate analysis, leachate characteristics

ORGANİZE SANAYİ BÖLGELERİNDE ATIK YÖNETİMİ UYGULAMALARI

Rıfat Ozan KEDEK¹, Ayşe FİLİBELİ², Taylan Özgür PEK³

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tınaztepe Yerleşkesi, 35160 Buca-İzmir/Türkiye

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 35160 Buca-İzmir/Türkiye

³Selvitepe OSB Mahallesi, 1299 Cadde, No:3, Turgutlu Birinci Organize Sanayi Bölgesi, 45400 Turgutlu-Manisa/Türkiye

Ülkemizde ve dünyada hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme ile birlikte çevre sorunları belirgin bir şekilde artış göstermektedir. Aynı zamanda, temiz ve yenilenebilir kaynaklarımızda günden güne azalma meydana gelmektedir. Bu nedenle, doğal kaynaklardaki kıtlığın üstesinden gelebilmek ve ekosistemin korunabilmesi için sürdürülebilir çözümler ve çevre dostu yeni teknolojiler geliştirmek gerekmektedir.

Organize Sanayi Bölgeleri, ülkemizde bu anlamda çarpık sanayileşme ve çevre sorunlarını önlemeyi hedefleyen, kentleşmeyi yönlendiren tüzel kişilikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Organize Sanayi Bölgeleri, sanayileşmenin uygun görüldüğü alanlarda, belirli bir planlama/sistem dâhilinde sanayi türlerinin yerleşimi ve geliştirilmesi amacıyla, rasyonel kaynaklar kullanarak verimliliği hedefleyen hizmet üretim bölgelerimizdir.

Bu çalışmanın amacı, Ege Bölgesi'nde karma bir organize sanayi bölgesi örnek olarak seçilerek, OSB içerisinde meydana gelen/oluşan atıklar ve atıksuların yönetimi ile ilgili sürdürülebilir, ülkemiz mevzuatlarına uygun çevre dostu yeni stratejiler/atık yönetim sistemleri önermek ve uygulamaktır. Bu çalışma kapsamında OSB yönetimi ile birlikte atık yönetim faaliyetleri/uygulamaları belirlenecektir. Sanayicilerin meydana getirmiş olduğu atığın kaynağında öncelikle mümkünse azaltılması hedeflenmektedir. Bununla birlikte, meydana gelen atık niteliğine ve niceliğine göre sınıflandırılacak, sektörel olarak atık türleri/karakteri belirlenecektir. Atığın toplanması, taşınması, geçici olarak depolanması, geri kazanımı, bertarafı, yeniden yararlı kullanılması, arıtımı, enerjiye dönüştürülmesi ve nihai olarak depolanması konusunda yöntemler/uygulamalar geliştirilecek ve atık türlerine göre bu faaliyetlere yapılan literatür taramaları ile birlikte karar verilecektir.

Bu araştırmanın atıksu yönetimi kapsamında; OSB merkezi arıtmasına gelen karışık atıksuyun karakterini belirlemeye yönelik ulusal/uluslararası standart metotlara uygun kompozit numuneler alınacak ve analiz çalışmaları yapılacaktır. Bulunan analiz sonuçları Çevre Kanunu uyarınca çıkarılan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” Kapsamında deşarj kritleri değerlendirilecektir. Bununla birlikte numune alma ve analiz çalışmaları sektörel olarak da yapılacak olup, sanayicilerin kirlenici kaynakları da aynı metodoloji ile belirlenecektir. Sektörel olarak sanayicilerden alınan numunelerin analiz sonuçları OSB’nin Merkezi Arıtma Tesisinin kabul edebileceği deşarj kriterlerine göre değerlendirilecek ve atıksu yönetim planlamaları yapılacaktır.

Yenilenebilir kaynaklarımızın günden güne azaldığı bu zamanlarda, sürdürülebilir çözüm önerileri bulabilmek adına, OSB’de sanayilerin faaliyetleri sonucu meydana gelen atık/atıksulara değer katacak yeni metotlar geliştirmek bu çalışmanın hedefleri arasında yer almaktadır.

Atığı deşarj edebilecek, bertaraf edilecek bir materyal olarak değil bir kaynak olarak görebileceğimiz, geri kazanım/yeniden kullanım olanaklarının yer aldığı yönetim sistemleri geliştirmek de çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır. Üretilen atığın/atık suyun yeniden kullanımına yönelik alternatiflerin uygulanabilirliği araştırılarak OSB içerisinde yer alan sanayi kuruluşları için sektör bazında endüstriyel olarak faydalı kullanım alanı yaratılabilecek sistemlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Geleneksel kaynaklar yerine, atığa/atıksuya kazandıracığımız değer ile OSB’de atık yönetimi açısından birçok işletme maliyetinin düşürülmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: atık, katı atık, atık yönetimi, organize sanayi bölgesi, yararlı kullanım, geri kazanım

WASTE MANAGEMENT IMPLEMENTATIONS IN ORGANIZED INDUSTRIAL DISTRICTS

Rıfat Ozan KEDEK¹, Ayşe FİLİBELİ², Taylan Özgür PEK³

¹Dokuz Eylül University The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Tınaztepe Campus 35390 Buca-İzmir, rozankedek@gmail.com

²Dokuz Eylül University Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering, Tınaztepe Campus, 35390 Buca-İzmir, ayse.filibeli@deu.edu.tr

³Turgutlu Organized Industrial District, 45400 Turgutlu-Manisa/Türkiye

Environmental problems are increasing significantly in our country and in the world with rapid population growth, urbanization and industrialization. At the same time, our clean and renewable resources are decreasing day by day. Therefore, it is necessary to develop sustainable solutions and environmentally friendly new technologies to overcome the scarcity of natural resources and protect the ecosystem. Organized Industrial Districts purpose is preventing distorted industrialization and environmental problems and guide to urbanization in our country. In addition to this, Organized Industrial Districts are industrial service production districts that aim efficiency by using rational resources for the settlement and development of industrial types within a certain system in areas where industrialization is considered appropriate.

The main objective of this study is to propose and implement sustainable, environmentally friendly new strategies/waste management systems for the management of wastes and wastewater produced within the OID in accordance with the legislation of our country by selecting a mixed organized industrial district in the Aegean Region as a pilot. Within the scope of this research, waste management implementations will be determined together with the OID Management. Firstly, we aimed to reduce the waste proced by industrialists at the source, if possible. In addition, the waste will be classified according to its quality and quantity, and sectoral waste types/characteristics will be determined. Methods will be developed for the collection, transportation, temporary storage, recovery, disposal, reuse, treatment, conversion to energy and final storage of waste and these activities will be decided according to the types of waste together with the literature reviews.

Within the context of wastewater management of this investigation; composite samples will be taken and analyzed in accordance with national/international standard methods to determine the character of the mixed wastewater coming to the OID central wastewater treatment plant. The results of the analysis will be evaluated for discharge criteria within the scope of the "Water Pollution Control Regulation" issued in accordance with the Environmental Law. In addition,

sampling and analysis studies will also be carried out sectorally and the contaminant sources of manufacturers will be determined by the same methodology.

The analysis results of the samples taken from waste manufacturers on a sectoral basis will be evaluated according to the discharge criteria acceptable by the OID's Central Treatment Plant and wastewater management plans will be made. Our renewable resources are decreasing day by day. One of the objectives of this investigation is to develop new methods to add a value/potential to the waste/wastewater produced as a result of industrial activities in OID.

It is also one of the objectives of the research to develop management systems where we can consider waste as a resource, not as a material to be discharged or disposed of, and where recovery/reuse possibilities are included. The alternatives for the reuse of the waste/wastewater produced will be investigated. It is aimed to develop systems that can create an industrially beneficial use area for industrial organizations located in the OID; and also to reduce many operational costs in terms of waste management in OID with the value/potential we will add to waste/wastewater instead of traditional resources.

Keywords: waste, solid waste, waste management, organized industrial district, reuse, recovery

POLIETİLENİN ATIKSU ARITMA TESİSLERİNE ETKİLERİ VE BİYOLOJİK YAŞLANMASI

Maha Dassouki Dit Tahan, Leena Zaineh, Melek Özdemir, İpek İmamoğlu, F. Dilek Sanin

Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800 Ankara, Türkiye,
maha.dassouki@metu.edu.tr, 0009-0001-5422-9324

Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800 Ankara, Türkiye,
leena.zaineh@metu.edu.tr

Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800 Ankara, Türkiye,
ozmelek@metu.edu.tr, 0000-0003-0037-1955

Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800 Ankara, Türkiye,
ipeki@metu.edu.tr, 0000-0001-6913-7054

Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800 Ankara, Türkiye,
dsanin@metu.edu.tr, 0000-0002-1376-8700

Mikroplastikler (MP'ler) çeşitli kaynaklardan kaynaklanan plastik kalıntılardır. Pek çok kaynaktan atıksu girişi olan atıksu arıtma tesisleri (AAT'ler) MP'lerin önemli birikim noktalarını oluştururlar. Girişteki MP'lerin %90'ından fazlasını giderebilmelerine rağmen, AAT'ler MP'lerin çevreye yayılmasında transfer merkezi işlevi görmeye devam etmektedir. Su kütlelerine deşarj edilen MP'lere ek olarak, gübre olarak kullanılabilen arıtma çamurlarında tutulan MP'ler çevresel kirlenme riski oluşturmaktadır. Dahası, MP'lerin arıtma çamuru içinde biyolojik yaşlanma süreci yoluyla özelliklerini değiştirdikleri bilinmektedir. MP'lerin biyolojik yaşlanması ve arıtma çamurlarının araziye uygulanmasının çevre üzerinde tam olarak araştırılmamış ciddi etkileri olabilir. Buna ek olarak, çalışmalar MP'lerin sadece çürütme sırasında biyolojik olarak yaşlanmadığını, aynı zamanda mikrobiyal topluluğu inhibe ettiğini ve yüksek dozlarda mevcut olduğunda metan üretim seviyelerini düşürebileceğini göstermiştir. Bu da MP'lerin dozları artmaya devam ettikçe AAT'ler ve çevre için ek endişeler yaratmaktadır. Bu nedenle, bu araştırma yüksek ve düşük yoğunluklu polietilen (HDPE, LDPE) MP'lerin mezofilik anaerobik ve aerobik çürütütülerde biyolojik yaşlandırma potansiyelini araştırmayı ve MP'lerin AAT'ler ve çevre üzerindeki etkilerinin yanı sıra biyolojik yaşlandırma sonrasında MP'lerin değişen özelliklerini incelemeyi amaçlamaktadır.

Bu amaçla, 425-500 µm boyut aralığında yüksek dozlarda HDPE ve LDPE içeren anaerobik ve aerobik çürütücülerini temsilen işletilen laboratuvar ölçekli reaktörler, MP içermeyen reaktörlerle

birlikte çalıştırılmıştır. Anaerobik reaktörler, ikincil işleme sahip bir AAT'den toplanan atık-aktif çamur (AAÇ) ve çürütülmüş çamur (aşı) kullanılarak kurulmuştur. Aerobik reaktörler ise sadece AAÇ kullanılarak kurulmuştur. Biyogaz hacimleri ve metan içeriği anaerobik reaktörlerde bir su yer değiştirme düzeneği ve bir gaz kromatografi (GC-TCD) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Çürütme sürecinin sonunda biyolojik olarak yaşlandırılmış ve bozulmamış MP'ler, PE'nin fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişiklikleri karşılaştırmak için FTIR, DSC ve SEM kullanılarak karakterize edilmiştir. Sonuçlara göre, HDPE MP eklenmemiş anaerobik reaktörler, HDPE MP içerenlere kıyasla daha yüksek biyogaz ve metan üretimi göstermiştir, ancak LDPE reaktörleri için durum böyle değildir. HDPE reaktörlerinde biyogaz ve metan üretimindeki düşüşün, yüksek miktardaki MP'lerin neden olduğu mikrobiyal topluluğun engellenmesinin yanı sıra HDPE'de LDPE'de bulunmayan katkı maddelerinin varlığından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmüştür.

Literatürde sıklıkla kullanılan yaşlanma göstergelerinden biri olan karbonil indeksi (CI), FTIR karakterizasyon çıktısından hesaplanmıştır. FTIR'a göre, bu çalışmada elde edilen tüm PE numuneleri sıfır CI değerleri vermiştir. Buna rağmen, FTIR spektrumları, oksidasyonu gösteren birçok pikin (ester ve keton (C=O) gerilme titreşimleri gibi) varlığı yoluyla polimer yapısındaki değişimi göstermektedir. Bu pikler biyofilm oluşumu ve PE yapısındaki proteinlerin varlığı ile eşleşmektedir. Ayrıca, DSC sonuçları çürütücülerden alınan MP'lerin kristalinitesinin her iki PE MP türünün biyolojik yaşlanmasıyla azaldığını ortaya koymuştur. Son olarak, yüzey morfolojisinin karşılaştırılmasına olanak tanıyan SEM görüntüleri, PE yüzeyinin her modifikasyonla değiştiğini ortaya koymuştur. Bozulmamış MP'ler pürüzsüz bir yüzey gösterirken, yıkamadan sonra bozulmamış MP'lerin dokusu daha pürüzlü görünmektedir. Benzer şekilde, yıkamanın ardından çürütücülerden geri kazanılan biyolojik olarak yaşlandırılmış MP'lerin en pürüzlü dokuya sahip oldukları görülmüştür ve bunun nedeni MP'lerin dış tabakası üzerindeki mikrobiyal etki olabileceği düşünülmüştür.

Genel olarak çalışma, anaerobik çürütücülerdeki PE varlığının biyogaz üretimini olumsuz etkileyebileceğini ve MP'lerde katkı maddesi bulunup bulunmamasına bağlı olarak kontrol reaktörlerine kıyasla önemli farklılıklar gösterebileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, MP'ler atıksu ve çamur arıtımı sırasında biyolojik olarak yaşlanıp kimyasal ve fiziksel olarak değişime uğrayabilir. Bu değişim MP'lerin davranışlarını (örneğin kirletici biriktirme ya da biyofilm oluşturma potansiyeli) farklılaştırıp, onları arıtma çamurlarının toprakta kullanımı sırasında bir kirlilik faktörü haline getirebilir.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastik, polietilen, anaerobik çürütücü, aerobik çürütücü, biyolojik yaşlanma

THE EFFECTS OF POLYETHYLENE ON WASTEWATER TREATMENT PLANTS AND THEIR BIO-AGING PROCESS

Maha Dassouki Dit Tahan, Leena Zaineh, Melek Özdemir, İpek İmamoğlu, F. Dilek Sanin

Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800 Ankara, Türkiye, maha.dassouki@metu.edu.tr, 0009-0001-5422-9324

Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800 Ankara, Türkiye, leena.zaineh@metu.edu.tr

Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800 Ankara, Türkiye, ozmelek@metu.edu.tr, 0000-0003-0037-1955

Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800 Ankara, Türkiye, ipeki@metu.edu.tr, 0000-0001-6913-7054

Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800 Ankara, Türkiye, dsanin@metu.edu.tr, 0000-0002-1376-8700

Microplastics (MPs) are plastic residues originating from various sources. Wastewater treatment plants (WWTPs), which receive wastewater from many sources, are important accumulation points for MPs. Despite being able to remove more than 90% of the upstream MPs, WWTPs continue to serve as transfer centers for the dispersion of MPs into the environment. In addition to MPs discharged into water bodies, MPs retained in sewage sludge, which can be used as fertilizer, pose a risk of environmental contamination. Moreover, MPs are known to change their properties through the process of bio-aging in sewage sludge. Bio-aging of MPs and land application of sewage sludge can have serious impacts on the environment that have not been fully investigated. In addition, studies have shown that MPs not only bio-age during digestion, but also inhibit the microbial community and can reduce methane production levels when present at high doses. This creates additional concerns for WWTPs and the environment as doses of MPs continue to increase. Therefore, this research aims to investigate the bioaging potential of high and low density polyethylene (HDPE, LDPE) MPs in mesophilic anaerobic and aerobic digesters and to study the effects of MPs on WWTPs and the environment as well as the changing properties of MPs after bioaging.

For this purpose, laboratory-scale reactors representative of anaerobic and aerobic digesters containing high doses of HDPE and LDPE in the size range 425-500 μm were operated together with reactors without MPs. Anaerobic reactors were set up using waste-activated sludge (WAS)

and digested sludge (digestate) collected from a WWTP with secondary operation. Aerobic reactors were installed using only WAS. Biogas volumes and methane content were measured in the anaerobic reactors using a water displacement setup and a gas chromatography (GC-TCD) instrument. At the end of the digestion process, biologically aged and intact MPs were characterized using FTIR, DSC and SEM to compare the changes in the physical and chemical properties of PE. According to the results, anaerobic reactors without HDPE MP addition showed higher biogas and methane production compared to those with HDPE MP, but this is not the case for LDPE reactors. The decrease in biogas and methane production in HDPE reactors was thought to be due to the inhibition of the microbial community caused by the high amount of MPs as well as the presence of additives in HDPE that are not present in LDPE.

Carbonyl index (CI), one of the aging indicators frequently used in the literature, was calculated from the FTIR characterization output. According to FTIR, all PE samples obtained in this study gave zero CI values. Nevertheless, the FTIR spectra show the change in the polymer structure through the presence of many peaks indicating oxidation (such as ester and ketone (C=O) stretching vibrations). These peaks match the biofilm formation and the presence of proteins in the PE structure. Furthermore, DSC results revealed that the crystallinity of MPs from the digesters decreased with the bio-aging of both types of PE MPs. Finally, SEM images, which allowed the comparison of surface morphology, revealed that the PE surface changed with each modification. While the intact MPs show a smooth surface, after washing the texture of the intact MPs appears rougher. Similarly, bio-aged MPs recovered from digesters after washing were found to have the roughest texture, which could be due to microbial impact on the outer layer of the MPs.

Overall, the study revealed that the presence of PE in anaerobic digesters can negatively affect biogas production and show significant differences compared to control reactors depending on the presence or absence of additives in MPs. Furthermore, MPs can biologically age and chemically and physically change during wastewater and sludge treatment. This change may alter the behavior of MPs (e.g. the potential to accumulate pollutants or form biofilms), making them a pollution factor during land use of sewage sludge.

Keywords: Microplastics, polyethylene, anaerobic digester, aerobic digester, biological aging

MİKRO ATIKLAR VE MİKRO KİRLETİCİLER: POLİETİLEN MİKROPLASTİKLERİN UV İLE YAŞLANDIRILMASI VE ÇEŞİTLİ ORGANİK KİRLETİCİLER İLE ETKİLEŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Ülkü Dide Türkeli¹, Kübra Tapan², Meriç Uygur³, Melek Özdemir⁴, İpek İmamoğlu⁵

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, dide.turkeli@metu.edu.tr
+905380387602, <https://orcid.org/0009-0000-3286-2906>

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, kubra.tapan@metu.edu.tr
+905374653100

³Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, meric.uygur@metu.edu.tr,
+905433740601

⁴Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, ozmelek@metu.edu.tr +90 312 210
2640 <https://orcid.org/0000-0003-0037-1955>

⁵Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, ipeki@metu.edu.tr +903122105861,
<https://orcid.org/0000-0001-6913-7054>

Günümüzde, hafif, uzun ömürlü ve düşük maliyetli olmaları nedeniyle plastik ürünler günlük hayatımızın her alanında yaygın olarak kullanılmakta ve plastik atıklarının, gezegenin her tarafında ve özellikle okyanuslarda yaygın olarak bulunduğu bilinmektedir. Her yıl okyanuslara giren plastik çöp miktarının 12,8 MT olacağı tahmin ediliyor ve ciddi bir önlem alınmazsa bu sayının 2040 yılına kadar 37 MT'ye çıkabileceği öngörülmüyor. Mikroplastikler (MP) boyutları 5 milimetreden küçük olan plastik parçacıkları olarak tanımlanmaktadır. MP'ler güneş ışığı, sıcaklık, mikrobiyal etkileşimler, mekanik ve diğer etmenler sebebiyle zaman içinde fiziksel ve kimyasal değişimlere uğramaktadır ve bu değişimlerden sonra oluşan MP'ler yaşlanmış MP'ler olarak adlandırılmaktadır. Saf ve yaşlanmış MP'lerin çevresel etkilerinin benzerlik gösterip göstermediği önemli araştırma konularından birisidir. Sucul ortamlarda yer alan çeşitli kirleticiler için orijinal MP'ler gibi yaşlandırılmış MP'lerin de vektör etkisi gösterebildiği, yani taşıyıcı ajan olarak görev alabildiği literatürde tartışılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, MP'lerin UV etkisiyle yaşlanmasının karakterizasyonunun yanı sıra MP'lerin organik kirleticilerle etkileşimlerinin yaşlandırma sonrası değişiminin araştırılmasıdır.

Bu çalışmada, çok üretilen ve kullanılan LDPE (Low-Density Polyethlyene/ Düşük Yoğunluklu Polietilen) türü MP'ler model polimer olarak seçilirken, çeşitli fizikokimyasal özellikleri temsilen beş farklı organik kirletici (malaşit yeşili, MG; triklosan, TCS; fenol; 2,3,6-triklorofenol, TCP ve tetrakloroetan, PCA) model olarak seçilmiştir. MG, endüstride gıda boyası, mantar ilacı, ve tıbbi

dezenfektan olarak; TCS dış macunlarında, sabunlarda antimikrobiyal ajan olarak; Phenol ve TCP çeşitli üretim süreçlerinde ara madde olarak; PCA ise endüstride çözücü madde olarak kullanılmaktadır.

Elenen, yıkanan, ultrasoniklenen ve kurumaya bırakılan 250-500 µm boyutlarındaki MP'ler özel tasarlanan UV kabininde yaşlandırılmıştır. Kabin sıcaklığı ortalama 72 °C, UV-A lambalarının ışık yoğunluğu ise yaklaşık 30 W/m² olarak ölçülmüştür. Düzenli aralıklarla UV radyometre ile ışık yoğunlukları ölçülerek MP'lere uygulanan UV dozu hesaplanmıştır. Farklı dozlarda UV ışığına maruz bırakılan MP'lerin yapılarında meydana gelen değişiklikler Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ile incelenmiş ve yüzey oksidasyonunun bir ölçütü olan karbonil indeksleri hesaplanmıştır. Yaşlandırılan numunlerin kristalinite (%) değerleri Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) analizleri ile hesaplanmış ve değişen erime sıcaklıkları belirlenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yüzey görüntüleri elde edilmiştir. MP'lerin yaşlandırma öncesi ve sonrası organiklerle etkileşimleri kesikli adsorpsiyon deneyleriyle ortaya konmuştur. PCA ölçümleri GC-ECD ile gerçekleştirilirken, diğer kimyasallar UV-Vis Spektrofotometre ile ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre MP'lerin artan UV dozlarında yüzeyde oksitlenmelerin gerçekleştiği, FTIR ile belirlenen karbonil indekslerinin artmasıyla teyit edilmiştir. Ayrıca, FTIR spektrumlarında 3200-3400 cm⁻¹, 1850-1650 cm⁻¹, 1412-1413 cm⁻¹ 1174-1176 cm⁻¹, ve 964-966 cm⁻¹'de gözlemlenen yeni bantlar MP'lerin UV yaşlandırma nedeniyle yapılarında meydana gelen değişiklikleri göstermektedir. DSC analizleri, uygulanan UV doz arttıkça MP numunlerinin kristalinite (%) ve erime sıcaklıklarının arttığına, dolayısıyla polimerik yapıda önemli değişikliklerin gerçekleştiğine işaret etmiştir.

Orijinal ve UV ışığı altında yaşlandırılan MP'ler ile yapılan adsorpsiyon deneylerinde UV radyasyonuna maruz kalan mikroplastiklerin bahsi geçen kimyasallara karşı ilgisinin orijinal MP'lerden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Organik kirleticilerin fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak etkileşimlerin farklılık gösterebildiği de tespit edilmiştir; örneğin yüksek hidrofobisitesi olan TCS'nin MP'lere olan yüksek tutunma kapasitesi fazla değişmezken, suda çözünürlüğü yüksek olan fenolün MP'lere adsorpsiyonu yaşlanma ile ciddi oranda artış göstermiştir.

Elde edilen sonuçlar, gerek katı atık olarak büyük parçalar halinde atıldıktan sonra ufalan, gerekse de mikro parçacıklar halinde doğaya atılan plastiklerin güneş ışığı altında kaldıkça, sucul ortamlarda organik kirleticiler ile daha fazla etkileşime girebileceğini ve besin zinciri için tehlikeli sonuçlara sebep olabileceğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, tarımsal alanda yaygın olarak kullanılan tarımsal filmler genellikle LDPE türü plastiklerdir. Söz konusu filmlerin güneş ışığı altında yaşlanarak parçalanmaları ile bu çalışmada ele alınan türde yaşlanmış mikroplastikler toprağa karışmaktadır. Bu durum, mikrokirleticilerin topraktaki akıbetini etkilemekte ve toprakta

tutunmak yerine mikroplastiklerle hareketliliklerinin artarak yer altı suları için olası bir tehdit de oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastik, UV yaşlandırması, LDPE, Organik Kirleticiler, Karbonil İndeks, Adsorpsiyon

MICROWASTES AND MICROPOLLUTANTS: UV-AGING OF POLYETHYLENE MICROPLASTICS AND INVESTIGATION OF THEIR INTERACTION WITH VARIOUS ORGANIC CONTAMINANTS

Ülkü Dide Türkeli¹, Kübra Tapan², Meriç Uygur³, Melek Özdemir⁴, İpek İmamoğlu⁵

¹Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, ide.turkeli@metu.edu.tr +905380387602, <https://orcid.org/0009-0000-3286-2906>

²Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, kubra.tapan@metu.edu.tr +905374653100

³Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, meric.uygur@metu.edu.tr, +905433740601

⁴Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, ozmelek@metu.edu.tr +90 312 210 2640 <https://orcid.org/0000-0003-0037-1955>

⁵Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, ipeki@metu.edu.tr +903122105861, <https://orcid.org/0000-0001-6913-7054>

Today, plastic products are widely used in all areas of our daily life due to their light weight, longevity and low cost, and it is known that plastic waste is widely found all over the planet and especially in the oceans. The amount of plastic garbage that enters the ocean each year is projected to be 12.8 MT, and if no serious action is taken, this number might rise to 37 MT by 2040. Microplastics (MP) are defined as plastic particles smaller than 5 millimeters in size. MPs undergo physical and chemical changes over time due to sunlight, temperature, microbial interactions, mechanical and other factors, and MPs formed after these changes are called aged MPs. One of the important research topics is whether the environmental effects of pristine and aged MPs are similar. It has been discussed in the literature that aged MPs, like pristine MPs, can act as vectors for various pollutants in aquatic environments, that is, they can act as carrier agents. The aim of this study is to investigate the aging of MPs with UV, detailed characterization before and after, as well as the post-aging change of the interactions of MPs with organic pollutants.

In this study, LDPE (Low-Density Polyethylene/Low Density Polyethylene) type MPs, which are widely produced and used, were selected as model polymers, while five different organic pollutants (malachite green, MG; triclosan, TCS; phenol; 2,3 ,6-trichlorophenol, TCP and tetrachloroethane, PCA) were chosen as models. MG is used in industry as a food dye, fungicide,

and medical disinfectant; TCS is used as an antimicrobial agent in toothpastes, soaps; Phenol and TCP as intermediates in various production processes; PCA is used as a solvent in industry.

MPs of 250-500 μm in size, which were sieved, washed, ultrasonicated and left to dry, were aged by placing them in a UV cabinet. The cabin temperature was measured at an average of 72 $^{\circ}\text{C}$, and the light intensity of the UV-A lamps was approximately 30 W/m^2 . The UV dose applied to the MPs was calculated by measuring the light intensities with a UV radiometer at regular intervals. The changes in the structures of MPs exposed to different doses of UV light were examined by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and carbonyl indexes, a measure of surface oxidation, were calculated. The crystallinity (%) values of the aged samples were calculated by Differential Scanning Calorimetry (DSC) analysis and the varying melting temperatures were determined. Surface images were obtained by Scanning Electron Microscopy (SEM). The interactions of MPs with organics before and after aging were demonstrated by batch adsorption experiments. PCA measurements were performed with GC-ECD, while other chemicals were measured with UV-Vis Spectrophotometer.

According to the results, it was confirmed by the increase of carbonyl indexes determined by FTIR that MPs oxidized on the surface at increasing UV doses. In addition, new bands observed in FTIR spectra at 3200-3400 cm^{-1} , 1850-1650 cm^{-1} , 1412-1413 cm^{-1} , 1174-1176 cm^{-1} , and 964-966 cm^{-1} shows the changes that have occurred in the MPs' structures due to UV aging. DSC analyzes indicated that as the applied UV dose increased, the crystallinity (%) and melting temperatures of the MP samples increased, thus significant changes occurred in the polymeric structure.

In adsorption experiments with pristine and aged LDPE MPs, it was observed that MPs exposed to UV radiation had a higher affinity for the aforementioned chemicals than pristine MPs. It has also been determined that interactions may differ depending on the physicochemical properties of organic pollutants; For example, while the adhesion capacity of TCS, which has a high hydrophobicity, did not change much, the adsorption of highly soluble phenol to MPs increased significantly with aging.

The results show that the plastics, which are either crumbled after being disposed of as solid waste in large pieces or thrown into the nature in the form of micro particles, can interact more with organic pollutants in aquatic environments and cause dangerous consequences for the food chain, as long as they are exposed to sunlight. Moreover, LDPE plastics are widely used in agricultural films within the agricultural industry. As these films degrade and fragment under sunlight, microplastic particles as considered in the present study are released into the soil. This affects the fate of micropollutants in the soil and instead of being retained in the soil, their mobility with microplastics increases, posing a potential threat to groundwater.

Keywords: Microplastic, UV-aging, LDPE, Organic Contaminants, Carbonyl Index, Adsorption

AFET VE ACIL DURUM ZAMANLARINDA ATIK YÖNETİMİ: 6 ŞUBAT KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ ÖRNEĞİ

Kâmil Varınca

Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Merkez/Adıyaman, kvarınca@adiyaman.edu.tr, 0000-0002-7932-2146

Türkiye’de 6 Şubat 2023 Pazartesi günü Kahramanmaraş merkezli olarak ilki sabah 04.17’de 7.7 büyüklüğünde, ikincisi ise saat 13.24’te 7.6 büyüklüğünde olmak üzere iki büyük deprem gerçekleşmiştir. Sonrasında “Asrın Felaketi” olarak adlandırılan ve 11 ili etkileyen bu depremler neticesinde 50 binin üzerinde insan hayatını kaybetmiş, 100 binin üzerinde insan yaralanmış, onlarcası ise hâlâ hastanelerde tedavi görmektedir. Bu iki büyük depremin ardından büyüklükleri 6,7’ye varan 40 bini aşkın sayıda artçı sarsıntı da kaydedilmiştir.

Böylesine büyük bir afetin insan ve çevre sağlığı üzerine etkileri de büyük ve derin olmuştur. Tüm bu depremler, can kaybı ve yaralanmalarının yanında diğer canlı ve cansız varlıklar üzerinde de büyük bir etki ve yıkım getirmiştir. Bu kapsamda 300 bini aşkın binanın yıkık/hasarlı olduğu bildirilmiş olup bugün dahi ağır hasarlı binaların yıkımı ve enkaz kaldırma çalışmalarının devam ettiği bilinmektedir.

Tıpkı su temini ve atıksu hizmeti gibi normal zamanlarda yönetimleri plan, program ve altyapı gerektiren katı, sıvı ve gaz atıkların (belediye atıkları, inşaat ve yıkıntı atıkları, tehlikeli ve tıbbi atıklar vs) afet ve acil durum zamanlarında da yönetiminin sağlanması gereklidir. Hatta bu tür zamanlarda halk sağlığının korunması amacıyla daha da titiz davranılması gerekir. Zira normal şartlarda atık yönetimi ne kadar kaliteli yapılıyor olsa da afet ve acil durum zamanlarında ilk anda ortaya çıkan ve bir süre devam eden kaos ortamında da tüm bu hizmetlerin asgari şartlarla sunulabilmesi ayrı bir plan, program, altyapı ve hazırlık gerektirmektedir. Bu tür bir hazırlık hem afet ve acil durum sonrası arama-kurtarma safhasında hem de sonrası toparlanma ve hayata dönüş safhasında afet öncesindeki çevre ve atık yönetimine dönüşü kolaylaştıracaktır.

Bu çalışmada, depremin yıkıcı etkileri ile afet ve acil durum zamanlarında çevre ve insan sağlığını korumak için atık yönetiminin önemine dikkat çekmek ve bu hizmetlerin asgari şartlarla yerine getirilmesinin gerekliliğini hatırlatmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda 6 Şubat tarihinde ülkemizde 11 ili derinden etkileyen Kahramanmaraş depremleri incelenerek afet ve acil durumlarında çevre ve atık yönetiminin nasıl yapılması ve nelere dikkat edilmesi gerektiği hususları ortaya konulmaya

çalışılmıştır. Sonuçta her türlü afet ve acil durumlar için hazırlıklı olmak adına atık yönetim planlarının her daim güncellenmesi ve uygulanması gerekliliği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: acil durum, afet, atık yönetimi, çevre sağlığı

WASTE MANAGEMENT IN TIMES OF DISASTER AND EMERGENCY: THE CASE OF THE 6 FEBRUARY KAHRAMANMARAŞ EARTHQUAKE

Kâmil Varınca

Adiyaman University Engineering Faculty Department of Environmental Engineering,
Merkez/Adiyaman, kvarınca@adiyaman.edu.tr, 0000-0002-7932-2146

On Monday, February 6, 2023, two major earthquakes occurred in Turkey, the first with a magnitude of 7.7 at 04.17 am and the second with a magnitude of 7.6 at 01.24 pm, centered in Kahramanmaraş. As a result of these earthquakes, which were later called the "Disaster of the Century" and affected 11 provinces, more than 50 thousand people lost their lives, over 100 thousand people were injured, and dozens of them are still being treated in hospitals. After these two major earthquakes, more than 40 thousand aftershocks with magnitudes of up to 6.7 were also recorded.

The effects of such a major disaster on human and environmental health have also been great and profound. All these earthquakes brought great impact and destruction on other living and non-living beings as well as loss of life and injuries. In this context, it has been reported that more than 300 thousand buildings are destroyed/damaged, and it is known that the demolition and debris removal works of heavily damaged buildings continue even today.

Just like water supply and wastewater service, it is necessary to ensure the management of solid, liquid and gaseous wastes (municipal wastes, construction and demolition wastes, hazardous and medical wastes, etc.) Even at such times, it is necessary to be more meticulous in order to protect public health. Because, no matter how high-quality waste management is under normal conditions, it requires a separate plan, program, infrastructure and preparation to be able to provide all these services with minimum conditions in an environment of chaos that occurs at the first moment in times of disaster and emergency and continues for a while. Such preparation will facilitate the return to pre-disaster environmental and waste management, both in the search and rescue phase after the disaster and emergency, and in the post-disaster recovery and return to life phase.

In this study, it is aimed to draw attention to the importance of waste management in order to protect the environment and human health during the destructive effects of the earthquake and in times of disaster and emergency, and to remind the necessity of fulfilling these services with minimum conditions. In this context, the Kahramanmaraş earthquakes, which deeply affected 11 provinces in our country on February 6, were examined and it was tried to reveal the awe of how

the environment and waste management should be done and what should be paid attention in case of disasters and emergencies. As a result, it was emphasized that waste management plans should always be updated and implemented in order to be prepared for all kinds of disasters and emergencies.

Keywords: emergency, disaster, waste management, environmental health

TERMAL DEZENTTEGRASYON İŞLEMİNİN AKTİF ÇAMURUN ANAEROBİK ÇÜRÜTME SÜRECİNE ETKİSİ

K. Eda Sakınmaz¹, F. Dilek Sanin²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, Türkiye, eda.sakinmaz@metu.edu.tr

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, Türkiye, dsanin@metu.edu.tr, 0000-0002-1376-8700

Arıtma çamurlarından anaerobik çürütme yoluyla biyogaz üretimi, sürdürülebilir çamur yönetiminde öne çıkan bir yöntemdir. Anaerobik çürütme (AD), aynı anda atık aktif çamurun (WAS) etkin bir şekilde arıtılmasını, miktarının azaltılmasını ve çamurdan enerji kazanımını sağlayabilen bir teknolojidir. AD sayesinde, son ürün çamur hacmi yaklaşık %40-50 oranında azaltılabilirken aynı zamanda biyogaz formunda metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) üretimi gerçekleşmektedir (Bougrier et al., 2006).

Termal hidroliz işlemi, çamur çözünürlüğünü ve biyogaz üretimini artırmada öne çıkan yöntemlerden biridir. Yüksek sıcaklık ve basıncın bir sonucu olarak daha küçük moleküllerin salınmasına neden olan termal dezentegrasyon, organik parçacıkların, polimerlerin ve mikrobiyolojik hücrelerin parçalanmasını sağlamaktadır. Ayrıca, bu yöntem patojenleri sterilize etme olanağı da sunmaktadır (Keymer et al., 2013; Xue et al., 2015). Termal hidroliz işlemi tam ölçekli tesislerde de uygulaması bulunan nadir dezentegrasyon yöntemlerinden biridir (Zhang et al., 2020).

Genellikle, çamur dezentegrasyon uygulamasının etkinliği çözünürlük hızına ve miktarına göre değerlendirilmektedir. Bu oran, çamurdaki hem toplam kimyasal oksijen ihtiyacı (tKOİ) hem de çözünür kimyasal oksijen ihtiyacı (çKOİ) miktarı dikkate alınarak dezentegrasyon derecesi (DD) olarak adlandırılan bir parametre aracılığıyla belirlenmektedir (Jeon ve Nam, 2019).

Bu çalışmada, Ankara Büyükşehir Belediyesi kentsel atıksu arıtma tesisinde oluşan biyolojik çamur üzerinde termal dezentegrasyonun etkisi incelenmiştir. Çamur, 127°C sıcaklıkta farklı sürelerle (30, 60, 90, 120 dakika) termal parçalanma işlemine tabi tutulmuştur. Farklı termal parçalanma sürelerinin etkisini değerlendirmek için DD değerleri ölçülmüştür. Test sonuçları, 30, 60 ve 90 dakikalık süreler için dezentegrasyon derecesinde minimum değişiklik olduğunu ve %13-14 aralığında kaldığını göstermiştir. Bununla birlikte, 120 dakikalık bir termal dezentegrasyon süresinin kullanılması, daha kısa sürelerden elde edilen değerlerin neredeyse iki katı olan %26,1'lik

bir DD ile sonuçlanmıştır. 120 dakikadaki bu artış, diğer zaman aralıklarında gözlemlenen benzer değerlerden ayrıştığı için DD için en uygun zamana olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma TÜBİTAK 121Y156 nolu proje tarafından desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anaerobik Çürütme, Termal Dezentegrasyon, Arıtma Çamuru

EFFECT OF THERMAL DISINTEGRATION ON ANAEROBIC DIGESTION PROCESS OF ACTIVATED SLUDGE

K. Eda Sakınmaz¹, F. Dilek Sanin²

¹Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800, Ankara, Türkiye, eda.sakinmaz@metu.edu.tr

²Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800, Ankara, Türkiye, dsanin@metu.edu.tr, 0000-0002-1376-8700

Generating biogas through anaerobic digestion (AD) using sewage sludge is a prominent method in sustainable sludge management. Anaerobic digestion (AD) is a method used to effectively process waste activated sludge (WAS), while also reducing its volume and recovering energy from it. This process has the potential to diminish the volume of end-product sludge by approximately 40% to 50%, all the while producing methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) in biogas form (Bougrier et al., 2006).

The thermal hydrolysis procedure is one of the prominent methods for improving sludge solubility and biogas production. Thermal hydrolysis is accomplished through the disintegration of organic particles, polymers, and microbiological cells, resulting in the release of smaller molecules as a result of elevated temperature and pressure. Furthermore, the method provides pathogen sterilizing (Keymer et al., 2013; Xue et al., 2015). The thermal hydrolysis process is one of the rare disintegration methods that has application in full-scale plants (Zhang et al., 2020).

In most cases, the effectiveness of the sludge disintegration application is evaluated based on the solubilization rate and amount. Solubilization rate is determined by considering both the total chemical oxygen demand (tCOD) and the amount of soluble chemical oxygen demand (sCOD) present in the sludge (Jeon and Nam, 2019), through a parameter called as degree of disintegration (DD).

In this study, the impact of thermal disintegration on biological sludge from the Ankara Metropolitan Municipality urban wastewater treatment facility was examined. The sludge underwent thermal disintegration with varying time periods (30, 60, 90, 120 minutes) at a temperature of 127°C. To assess the impact of varying thermal disintegration durations, DD was measured. The test outcomes indicated that for 30, 60, and 90 minutes disintegration periods,

there was minimal variation in DD values, remaining in the range of 13-14%. However, utilizing a thermal disintegration duration of 120 minutes resulted in a DD of 26.1%, nearly twice the values from shorter durations. This increase at 120 minutes led to the choice of an optimal time for DD, as it deviated from the relatively constant values observed during other time intervals.

This project was funded by TÜBİTAK through the project grant 121Y156.

Keywords: Anaerobic Digestion, Thermal Disintegration, Sludge

ÖĞÜTÜLMÜŞ ARAÇ LASTİKLERİNİN BİYOLOJİK DESÜLFÜRİZASYONU İÇİN OTOTROFİK DENİTRİFİKASYON BAKTERİLERİNİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Tercan Çataklı¹ - Tuba Hande (Erguder) Bayramoğlu²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, tcatakli@metu.edu.tr

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, etubahan@meetu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-9669-171X

Hızlı sanayileşme ve özellikle de otomotiv endüstrisinin gelişimi nedeniyle kauçuğa olan talep artmaktadır. Günümüzde, lastik endüstrisi %70 ile en büyük kauçuk tüketicisidir ve 2016 yılında dünya çapında üretilen 30,9 milyon ton atık lastikten sorumludur. Bu nedenle atık lastikler, atık kauçuk sorununun ana sorumlusu haline gelmiş ve atık kauçuklarla ilgili çalışmalar ağırlıklı olarak atık lastiklere odaklanmıştır. Ne yazık ki, vulkanize kauçuk atıklar termoplastiklerde olduğu gibi eritilerek yeniden kullanılamamakta ve bağ yapısı nedeniyle ön işleme ihtiyaç duymaktadır. Atık lastiklerin geri dönüşümü için birçok yeni yöntem geliştirilmiştir. Son zamanlarda biyo-desülfürizasyon yöntemi, düşük enerji gereksinimi, kauçuk ana zincirine zarar vermeden sülfidik çapraz bağların seçici olarak kırılması ve çevre dostu bir uygulama olması nedeniyle dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada, öğütülmüş araç lastiğinin (GTR) biyo-desülfürizasyonu (biyolojik olarak kükürt giderimi) ilk defa kükürt bazlı karışık ototrofik denitrifikasyon kültürü kullanılarak araştırılmıştır. Kullanılan aşı çamuru, bir deri Organize Sanayi Bölgesinin atıksu arıtma tesisi BNR (biyolojik nütriyent giderim) ünitesinden alınan çamurun, ardışık kesikli reaktörde zenginleştirilmesiyle elde edilmiştir. Ardından, GTR'nin biyo-desülfürizasyonu, kesikli reaktörlerde, ortamdaki sülfat derişimdeki artış ile takip edilmiştir. GTR yoluyla abiyotik nitrat gideriminin önemli bir süreç olduğu belirlendiği için fazla miktarda nitrat uygulanmıştır. Sonuçlar, elde edilen biyo-desülfürizasyon oranının %3,9 olduğunu göstermiştir. Aslında, biyo-desülfürizasyon oranının daha yüksek olması mümkündür; çünkü GTR'nin metal oksit içeriği, biyo-desülfürizasyon oranını tanımlamak için kullanılan ve işlem sırasında üretilen sülfat ile reaksiyona girmiş olabilir. Bununla birlikte, bu çalışma, GTR'nin biyo-desülfürizasyonunun ototrofik denitrifikasyon bakterilerince zenginleştirilmiş karışık çamurlarla mümkün olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, atık lastik kauçuğun biyo-desülfürize GTR olarak geri kazanılabileceğini göstermesi açısından önemlidir. Biyo-desülfürizasyon oranı %3,9 gibi düşük bir seviyede olmasına rağmen, biyo-desülfürize GTR, kauçuk paspaslar, konveyör bantlar ve ayakkabı tabanları gibi kauçuk parçaların üretimi için taze kauçuk bileşimine eklenerek değerlendirilebilir. Bu çalışmada gösterildiği gibi, GTR'nin karışık kültürlerle

biyo-desülfürizasyonu sadece bir atık yönetimi yaklaşımı değil, aynı zamanda döngüsel ekonomi kapsamında araştırılması gereken önemli bir uygulamadır.

Anahtar Kelimeler: Öğütülmüş araç lastiği, biyolojik desülfürizasyon, ototrofik denitrifikasyon, deri endüstrisi

INVESTIGATION OF THE USE OF AUTOTROPHIC DENITRIFIERS IN BIO-DESULFURIZATION OF GROUND TIRE RUBBER

Tercan Çatakli¹ - Tuba Hande (Erguder) Bayramoğlu²

¹Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering,
tcatakli@metu.edu.tr

²Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering,
etubahan@meetu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-9669-171X

The demand for rubber has been increasing due to rapid industrialization and especially the evolution of the automotive industry. Nowadays, the tire industry is the largest rubber consumer with 70%, and is responsible for 30.9 million tons of waste tires produced worldwide in 2016. That's why waste tires become the main responsible of the waste rubber problem, and studies regarding waste rubbers mainly focused on waste tires. Unfortunately, vulcanized rubber waste cannot be reused by melting as in thermoplastics and needs pretreatment due to the bond structure (Holst et al., 1998; Karaağaç et al., 2017). Many new methods have been developed for the recycling of waste tires. Recently, the bio-desulfurization method has taken attention due to its low energy requirement, selective breakage of sulfidic crosslinks without damaging the rubber main chain and being an environmentally friendly application.

In this study, bio-desulfurization of ground tire rubber (GTR) was investigated for the first time by using sulfur-driven mixed autotrophic denitrifiers. Seed culture used was obtained by enriching the BNR (biological nutrient removal) sludge of a Leather Organized Industrial Zone WWTP in a sequencing batch reactor. Bio-desulphurization of GTR was then investigated through the increase in the sulfate concentration in the medium. Excess nitrate was applied because abiotic nitrate removal via GTR was observed as a significant process. Results revealed that bio-desulphurization ratio obtained was 3.9%. Actually, the bio-desulfurization ratio might be higher because the metal oxides content of GTR might have been reacted with the sulfate produced during the process, which is used to define bio-desulfurization ratio. Nevertheless, this study indicated that bio-desulfurization of GTR is possible with mixed sludges enriched in autotrophic denitrifiers. The results are of significant for revealing that waste tire rubber can be recovered as bio-desulfurized GTR. Despite the low bio-desulfurization ratio of 3.9%, bio-desulfurized GTR can still be valorized by adding to fresh rubber compound for the production of rubber parts such as rubber mats, conveyor belts and shoe soles (Gumede et al., 2022). Bio-desulfurization of GTR with

mixed cultures, as shown in this study, is thus not only a waste management approach but also a significant application on circular economy, which should be investigated in detail.

Keywords: Ground tire rubber, biological desulfurization, autotrophic denitrification, leather industry

ASİTLE AKTİVE EDİLEN TARIMSAL ATIK KULLANILARAK SULU ÇÖZELTİLERDEN ZN (II) İYON ADSORPSİYONU

Necla BARLIK

Ardahan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği. Bölümü,
neclabarlik@ardahan.edu.tr, ORCID:0000-0003-0000-1903

Atık sulardan toksik çinko iyonlarının giderimi için kimyasal çöktürme, solvent ekstraksiyonu, membran filtrasyonu, adsorpsiyon, ters ozmoz ve iyon değişimi gibi çok çeşitli arıtma prosesleri kullanılmaktadır. Ekonomik ve verimli olmasının yanında basitliği, esnekliği, toksik yan ürünlerin olmaması, sorunsuz çalışması, çevre dostu olması, çok yönlülüğü ve rejenerasyon kolaylığı gibi avantajları nedeniyle de adsorpsiyon; birçok ağır metal türünün uzaklaştırılması için kanıtlanmış bir yaklaşım olarak kabul edilir. Bu çalışmada tarımsal atık olarak Erzurum Pasinler'de yetişen ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) bitkisinin çekirdek kabukları kullanılarak sulu çözeltilerden Zn (II) iyonları giderilmiştir.

Kabuklar fiziksel olarak ayıklandıktan sonra distile su ile yıkandı ve 60°C'de 24 saat kurutuldu. Daha sonra ev tipi bir öğütücüde öğütüldüler ve yüzey aktivasyonu için 1 M H₂SO₄ ile muamele edildiler. Önce 40°C'de 24 saat ardından 100°C'de 2 saat süreyle asitle muamele edildikten sonra oda sıcaklığına kadar soğutuldu, süzüldü, çift distile su ile pH değeri 5.00 ± 0.2 olana kadar yıkandı ve 60°C'de 24 saat kurutuldu. Kurutulmuş aktive kabuklar elekten geçirildi ve bir biyosorbent sulu çözeltilerden Zn (II) uzaklaştırma kapasitesini test etmek için deneyler yürütüldü.

Denge izoterm ve adsorpsiyon kinetik modelleri ile karşılaştırılmak üzere yürütülen denge deneyleri 25°C'de 500 rpm karıştırma hızına ayarlı bir manyetik karıştırıcı kullanılarak yapıldı. 100 ml'lik çözeltilerin başlangıç pH'sı 5.00 olarak ayarlandı. Aktive edilmiş biosorbent dozajı 2 g/L idi. 120 dk'lık denge süresinin ardından çözelti süzüldü ve filtratta Zn (II) analizi yürütüldü. Kinetik çalışmalar için yapılan testlerde başlangıç Zn (II) konsantrasyonu 100 mg/L olarak belirlendi. Testler 5 – 120 dakika aralığındaki adsorpsiyon süreleri için gerçekleştirildi.

Denge iyon adsorpsiyon testlerinin sonuçları Langmuir, Freundlich, Temkin ve D – R izoterm modelleriyle, kinetik test sonuçları ise PFO, PSO, Elovich ve Partikül içi difüzyon modelleri ile karşılaştırılmıştır. Model parametreleri, doğrusallaştırılmış denklemlerinden hesaplanmıştır. Langmuir izoterm modeli r² = 0.996'luk bir korelasyon katsayısı ile uyumluluğu en yüksek olan izoterm modeli olmuştur. Model maksimum adsorpsiyon kapasitesini 15.6 mg/g ve Langmuir katsayısını 0.121 L/g olarak tahmin etmiştir. Deneysel sonuçlara en yüksek uyumu (r² = 0.988)

gösteren kinetik adsorpsiyon modeli PSO olmuştur. D – R izoterm modelinden $E = 8.972$ kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre; aktive edilmiş çekirdek kabukları üzerine sulu çözeltilerden Zn (II) iyon adsorpsiyonunun bir kemisorpsiyon olduğu düşünülebilir.

Anahtar Kelimeler: Zn (II) giderimi, ayçiçeği çekirdeği kabuğu, biosorpsiyon, asitle yüzey aktivasyonu, tarımsal atık

ION ADSORPTION OF ZN (II) FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING ACID-ACTIVATED AGRICULTURAL WASTE

Necla BARLIK

Ardahan University Engineering Faculty Department of Environmental Engineering,
neclabarlik@ardahan.edu.tr, ORCID:0000-0003-0000-1903

Various treatment processes such as chemical precipitation, solvent extraction, membrane filtration, adsorption, reverse osmosis and ion exchange are used for the removal of toxic zinc ions from wastewater. In addition to being economical and efficient, adsorption also has advantages such as simplicity, flexibility, absence of toxic by-products, trouble-free operation, environmental friendliness, versatility and ease of regeneration. So, it is considered a proven approach for the removal of many types of heavy metals.

In this study, Zn (II) ions were removed from aqueous solutions by using the seed hulls of sunflower (*Helianthus annuus* L.) plant grown in Erzurum Pasinler as agricultural waste. After the hulls were physically weed out, they were washed with distilled water and dried at 60°C for 24 hours. They were then ground in a household grinder and treated with 1 M H₂SO₄ for surface activation. After they were treated with acid first at 40°C for 24 hours and then at 100°C for 2 hours, cooled to room temperature, filtered, washed with distilled water until the pH value was 5.00 ± 0.2 and dried at 60°C for 24 hours. The dried activated hulls were sieved and experiments were carried out to test the ability to remove Zn (II) from aqueous solutions as a biosorbent. Equilibrium experiments were carried out to compare with equilibrium isotherm and adsorption kinetic models.

The tests performed using a magnetic stirrer adjusted to 500 rpm stirring speed at 25°C. The initial pH of 100 ml solutions was adjusted to 5.00. The activated biosorbent dosage was 2 g/L. After the equilibration period of 120 min, the solution was filtered and Zn (II) analysis was carried out in the filtrate. Initial Zn (II) concentration was determined as 100 mg/L in tests for kinetic studies. The tests were performed for adsorption times in the range of 5 – 120 minutes.

The results of equilibrium ion adsorption tests were compared with Langmuir, Freundlich, Temkin and D – R isotherm models, and kinetic test results were compared with PFO, PSO, Elovich and Intraparticle Diffusion models. The model parameters were calculated from linearized equations. The Langmuir isotherm model was the isotherm model with the highest agreement with a correlation coefficient of $r^2 = 0.996$. The model estimated the maximum adsorption capacity as

15.6 mg/g and the Langmuir coefficient as 0.121 L/g. The kinetic adsorption model showing the highest agreement ($r^2 = 0.988$) to the experimental results was PSO. It calculated from the D – R isotherm model as $E = 8.972$ kJ/mol. According to these results; Zn (II) ion adsorption from aqueous solutions onto the activated hulls can be considered as a chemisorption.

Keywords: Zn (II) removal, seed hulls of sunflower, biosorption, surface activation by acid, agricultural waste

PANKREATİN ENZİMİ İLE DEZENTTEGRASYON İŞLEMİNİN ARITMA ÇAMURUNA ETKİSİ

Elif Nurhan Güzel¹, F. Dilek Sanin²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800, Ankara, Türkiye, elif.guzel@metu.edu.tr

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800, Ankara, Türkiye, dsanin@metu.edu.tr, 0000-0002-1376-8700

Arıtma çamuru yönetimi dünya çapında giderek daha öncelikli bir konu haline gelmektedir. Anaerobik çürütme (AD), çamurun enerjisini biyolojik olarak metan açısından zengin biyogaza dönüştürmek için yaygın olarak kullanılan bir işlemdir. Bu işlem aynı zamanda patojenleri ortadan kaldırmaya yardımcı olurken ve koku sorununu azaltırken, işlem sırasında üretilen biyogaz ise fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılabilir. AD işleminde hidroliz adımı, çamurun karmaşık flok yapısı ve güçlü hücre duvarları nedeniyle işlemin hızını sınırlayabilmektedir. Hidroliz aşamasını hızlandırmak ve AD'nin verimliliğini artırmak için çeşitli dezentegrasyon stratejileri geliştirilmiştir (Zhen vd., 2017). Hidrolitik enzimler, polimerik molekülleri çok adımlı işlemlerle parçalayabilir ve onları dirençli durumdan biyolojik olarak parçalanabilir duruma dönüştürebilir. Bu yüzden enzimler arıtma çamuru gibi biyolojik olarak parçalanabilen atıkların ayrışmasını hızlandırarak daha verimli arıtmaya olanak tanıyabilir. AD işlemine enzimlerin dahil edilmesi, yalnızca çürütme süresini kısaltmakla, çamurun çürütme verimini arttırmakla ve bertaraf maliyetlerini düşürmekle kalmayan, aynı zamanda kolayca kontrol edilebilen ve son ürünleri çevre açısından güvenli olan bir işlemdir. Enzimatik çamur dezentegrasyonu araştırmalarında çeşitli enzimlerin çeşitli atıkları parçalama uygulamalarında önemli rol oynadığı rapor edilmiştir (Yang vd, 2010). Pankreatin enzimi beş farklı enzimin (tripsin, amilaz, lipaz, ribonükleaz, proteaz) karışımından oluştuğu için arıtma çamurlarındaki farklı bağlara yönelik işlev görmesi ve tekil enzimlere kıyasla etkinliğinin yüksek olması beklenen bir enzim olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi biyolojik çamuru, pankreatin enzim ile enzimatik dezentegrasyona tabi tutulmuştur. Enzimin çamur üzerindeki dezentegrasyon etkinliği ise uçucu askıda katı madde (UAKM) parametresinin düşüşü ile takip edilmiştir. Çamur, 38°C sıcaklıkta, değişen sürelerde (3, 5, 24 saat) farklı enzim dozlarına (100, 150, 250 mg/gTS) tabi tutulmuş ve UAKM değeri düşüşü optimum doz ve süreyi bulmak için takip edilmiştir. Bulunan değerler ise araştırmanın ilerleyen aşamalarında, enzimatik dezentegrasyonun arıtma çamurundan metan üretimi üzerindeki etkisini gözlemlenmek için biyokimyasal metan potansiyeli testi ile gözlemlenecektir.

Bu çalışma TÜBİTAK 121Y156 nolu proje tarafından desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma Çamuru, Dezentegrasyon, Anaerobik Çürütme, UAKM Düşüşü

ENZYMATIC DISINTEGRATION OF SLUDGE USING PANCREATIN ENZYME

Elif Nurhan Güzel¹, F. Dilek Sanin²

¹Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800, Ankara, Türkiye, elif.guzel@metu.edu.tr

²Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800, Ankara, Türkiye, dsanin@metu.edu.tr, 0000-0002-1376-8700

Sludge management is increasingly a primary concern around the world. Anaerobic digestion (AD) is a fundamental and well-studied process for biologically converting the energy of sludge into methane-rich biogas, which can be used as a carbon-neutral alternative to fossil fuels while also removing pathogens and reducing odors. Hydrolysis is the rate-limiting step of AD because of the sludge's complex floc structure and strong cell walls. Various disintegration strategies have been developed to accelerate the rate-limiting hydrolysis step and to improve the efficiency of AD (Zhen et al., 2017). Hydrolytic enzymes can break down polymeric molecules in multi-step processes, converting substances from recalcitrant to biodegradable states. Enzymes can also speed up the decomposition of biodegradable materials such as activated sludge, allowing for more efficient treatment. Including enzymes in the AD process might not only shorten digestion time, enhance sludge digestibility, and lower disposal costs, but it could also be easily controlled, and the end products are environmentally safe. Enzymatic sludge disintegration has been studied, and several enzymes have been reported to play a vital role in various waste treatment applications (Yang et al., 2010). Since the pancreatin enzyme consists of a mixture of five different enzymes (trypsin, amylase, lipase, ribonuclease, protease), it stands out as an enzyme that is expected to function for different bonds in sewage sludge and to have higher efficiency compared to individual enzymes.

In this study, the sludge from Ankara Central Wastewater Treatment Plant was subjected to enzymatic disintegration with pancreatin enzyme, and its effect on sludge was followed by the volatile suspended solids (VSS) reduction parameter. The sludge was examined with varying periods (3, 5, 24 hours) and enzyme doses (100, 150, 250 mg/g TS) at a temperature of 38°C. VSS reduction was followed for varying periods and doses to select the optimum point for further observation in the anaerobic digestion biochemical methane potential test to assess the effect of the enzymatic disintegration on methane production from sludge.

This work was supported by TUBITAK project number 121Y156.

Keywords: Sludge, Disintegration, Anaerobic Digestion, VSS reduction

ATIK AKTİF ÇAMURUN ALKALİ-TERMAL İŞLEMLE PARÇALANMASI VE BİYOGAZ ÜRETİMİNİN ARTIRILMASI

Oğuzhan ALTUNTAŞ¹, F. Dilek Sanin²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, oguzhan.altuntas@metu.edu.tr/ 05072697765, 0009-0001-3351-0934

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, dsanin@metu.edu.tr, 0000-0002-1376-8700

Son zamanlarda nüfus artışı ve atıksu arıtma tesislerinin (AAT'lerin) artması nedeniyle, küresel olarak atıksu çamuru üretimi artmıştır. Bu çamurun bertaraf edilmesi, bir arıtma tesisinin işletim maliyetinin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır (Yin & Wang, 2019). Atıksu arıtımının bir yan ürünü olan atık aktif çamur (WAS) yüksek organik madde içermektedir. Anaerobik çürütücü (AD), WAS'ı stabilize etmek, hacmini %40-50 oranında azaltmak ve içerdiği yüksek organik maddeden biyogaz elde etmek için kullanılan bir yöntemdir (Park vd., 2022). Ancak, çamurun karmaşık yapısı arıtma çamurlarından enerjinin AD ile verimli bir şekilde elde edilmesine engel oluşturmaktadır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik dezentegrasyon teknikleri, organik maddeyi hidrolitik süreçler için hazır hale getirerek ve hız sınırlayıcı hidroliz adımını hızlandırarak, WAS'ın biyolojik parçalanabilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, alkali, termal ve bunların birleşik uygulanmasıyla oluşan dezentegrasyon yöntemlerinin çamur azaltımı ve biyogaz üretimi üzerindeki etkisine odaklanmıştır. Ayrıca, WAS'ın parçalanması için en iyi yöntemi ve bunların sıralamasını bulmayı amaçlamıştır.

Bu çalışmadaki WAS ve aşı çamuru örnekleri, Ankara merkezi AAT'den temin edilmiştir. Kimyasal dezentegrasyon için, WAS örnekleri NaOH ve KOH'dan oluşan 0,5 M'lık bir çözelti kullanılarak alkali arıtmaya tabi tutulmuştur. Kimyasalların oranı, tasarlanan laboratuvar ölçekli AD'nin inhibisyon seviyesi dikkate alınarak ayarlanmıştır. Uygulanan alkali işlem 25°C ve 200 rpm'de 48 saat boyunca gerçekleştirilmiştir (Hatinoglu & Sanin, 2022). Termal işlem için ise WAS numuneleri 127°C'de 120 dakika boyunca termal hidrolize tabi tutulmuştur (Hatinoglu & Sanin, 2022). Birleşik alkali-termal işlemin etkilerini araştırmak için, WAS numuneleri önce 48 saat boyunca NaOH ve KOH kombinasyonu kullanılarak alkali işleme maruz bırakılmış, ardından 120 dakika boyunca 127°C'de otoklavlamaya tabi tutulmuştur. Diğer bir birleşik işlem olan termal-alkali uygulaması için ise çamur numuneleri önce 120 dakika boyunca 127°C'de termal işleme maruz bırakılmış, ardından numunelere alkali işlem uygulanmıştır. Deneysel süreç boyunca, her bir dezentegrasyon yönteminden çıkarılan alt numunelerin çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (çKOİ), protein ve karbonhidrat analizleri gerçekleştirilmiştir. Birleşik dezentegrasyon yöntemlerinden kaynaklanan

biyolojik parçalanabilirlikteki potansiyel artışları araştırmak için bir dizi anaerobik çürütme deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, biyokimyasal metan potansiyeli (BMP) testi 35°C'de 60 gün süreyle dezentegrasyon uygulanmış ve uygulanmamış WAS kullanılarak yürütülmüştür. Üç replika olarak düzenlenen reaktörler %2 toplam katı madde (TKM) yoğunluğuna ayarlanmıştır. Aşu olarak anaerobik çamur besin-mikroorganizma (B/M) oranı 1 olacak şekilde eklenmiştir. Reaktörlerin işletimi boyunca biyogaz üretimi sürekli olarak izlenmiş ve hem reaktörler başlatılırken hem de sonlandırılırken artma çamurunun kalite parametreleri analiz edilmiştir. Tekil ön arıtım işlemleri olarak, iki gün boyunca 0,5 M alkali ön işlem ve 127°C'de 120 dakika boyunca gerçekleştirilen termal hidroliz işlemi, WAS'ın çKOİ değerlerinde önemli artışlar sağlamıştır. Gözlenen çKOİ değerleri, dezentegrasyona maruz bırakılmamış WAS'a kıyasla sırasıyla 22,5 ve 11,9 kat artmıştır. BMP reaktörlerinin sonuçları, birleşik alkali-termal ve birleşik termal-alkali ön işlemin WAS'ın metan üretim verimini ve biyolojik parçalanabilirliği artırdığını göstermiştir.

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 121Y156 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atık Aktif Çamur; Alkali Dezentegrasyon, Termal Dezentegrasyon, Anaerobik Çürütme

ENHANCING BIOGAS PRODUCTION BY ALKALINE-THERMAL DISINTEGRATION OF WASTE ACTIVATED SLUDGE

Oğuzhan ALTUNTAŞ¹, F. Dilek Sanin²

¹Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering,
oguzhan.altuntas@metu.edu.tr/ 05072697765, 0009-0001-3351-0934

²Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering,
dsanin@metu.edu.tr, 0000-0002-1376-8700

In recent times, the global production of wastewater sludge has surged due to population growth and increased wastewater treatment plants (WWTPs). Disposing of this sludge accounts for about 60% of a treatment plant's operating costs (Yin & Wang, 2019). Waste activated sludge (WAS), a byproduct of wastewater treatment, contains high amounts of organic material. Anaerobic digester (AD) is a method used to stabilize WAS, reduce its volume by 40-50% and obtain biogas from the high organic matter it contains (Park et al., 2022). However, the complex nature of the sludge hinders the efficient extraction of energy from sewage sludge by AD. Physical, chemical and biological disintegration techniques aim to improve the biodegradability of WAS by making the organic matter available for hydrolytic processes and accelerating the rate-limiting hydrolysis step. The present study focused on alkaline/thermal impact of disintegration methods on sludge reduction and biogas production. It aimed to find the best method and order for sludge disintegration.

In this study, waste-activated sludge (WAS) and inoculum samples were procured from the central WWTP of Ankara. For chemical disintegration, WAS samples underwent an alkaline treatment using a solution of 0.5 M, composed of NaOH and KOH. The ratio of chemicals was adjusted considering the inhibition level of the designed lab scale AD. Applied alkaline disintegration was conducted 48 hours at 25°C and 200 rpm (Hatinoglu & Sanin, 2022). In the context of thermal disintegration, the WAS samples were subjected to thermal hydrolysis at 127°C for 120 minutes (Hatinoglu & Sanin, 2022). To explore the effects of combined alkaline-thermal disintegration, the WAS samples were first exposed to the alkaline disintegration using a combination of NaOH and KOH for 48 hours, after which they were subjected to autoclaving at 127°C for 120 minutes. Subsequently, for the combined thermal-alkaline disintegration, the sludge samples were initially exposed to thermal disintegration at 127°C for 120 minutes, followed by the application of alkaline disintegration. Throughout the experimental process, subsamples extracted from each

disintegration method were analyzed for soluble chemical oxygen demand (sCOD), protein, and carbohydrate. To delve into the potential enhancements in digestibility resulting from the combined disintegration methods, a series of batch AD experiments were conducted. For this purpose, biochemical methane potential (BMP) reactors were operated for a duration of 60 days at 35°C, employing pretreated and untreated WAS. The reactors, arranged in triplicate, were maintained at a total solids (TS) concentration of 2%. Adequate quantities of anaerobic sludges were introduced as seed material at a feed-to-microorganism (F/M) ratio 1. Throughout the reactors' operational span, continuous biogas production monitoring was carried out, and at both reactor initiation and termination, the parameters were analyzed. The application of individual treatments, specifically a 0.5 M alkaline disintegration over a duration of two days and a thermal hydrolysis process executed at 127°C for 120 minutes, yielded substantial increases in the sCOD of WAS. The sCOD values observed were augmented by a factor of 22.5 and 11.9, respectively, compared to the untreated WAS. The results of BMP reactors showed that combined alkaline-thermal and combined thermal-alkaline disintegration increased the methane yield and biodegradability of WAS.

This study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under Project No. 121Y156.

Keywords: Waste Activated Sludge; Alkaline Disintegration, Thermal Disintegration, Anaerobic Digestion

PLASTİK ENDÜSTRİSİNDEN KAYNAKLANAN MİKROPLASTİKLERİN MALZEME AKIŞ ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

Sena Uzunpınar¹, Emrah Alkay², İpek İmamoğlu³

¹GTE Karbon Sürdürülebilir Enerji Eğitim Danışmanlık, sena.uzunpınar@gte.com.tr, 0000-0002-1304-2846

²GTE Karbon Sürdürülebilir Enerji Eğitim Danışmanlık, emrah.alkaya@gte.com.tr, 0000-0002-2024-625

³Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, ipeki@metu.edu.tr, 0000-0001-6913-7054

Plastik atıklar, mikro veya makro hangi boyutta olursa olsun, ciddi bir çevresel problemdir. Giderek artan çevresel etkilerin ve plastik endüstrisini bekleyen kaynak sıkıntısının ışığında, plastik endüstrisi tarafından çevreye salınan mikroplastiklerin (MP'ler) yarattığı zorlukların çeşitli boyutlarda incelenmesini amaçlayan bir araştırma çalışması yürütülmektedir. Bu araştırmanın bir parçası olarak, plastik değer zincirinin mevcut durumda deneyimlemekte olduğu sıkı düzenlemeler, döngüsellığe ve sürdürülebilirliğe yönelik sistemik değişimler ve dolayısıyla olası orta ve uzun vadeli rekabet gücü zorlukları incelenmiştir. Bu çalışmada, çevresel etkileri azaltırken kaynak verimliliği ve döngüsellüğün sağlanması amacıyla plastik değer zincirinde müdahale gerektiren odak noktalarını belirlemek için gerçekleştirilen malzeme akış analizi (MFA) bulguları sunulmaktadır.

MFA sırasında ihtiyaç duyulan proses akışı ve miktarları da dahil olmak üzere malzeme envanterine ilişkin veriler OECD ve EUROSTAT istatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) gibi güvenilir kurumlardan ve literatür ve saha çalışmaları sırasında elde edilen bölgesel veriler gibi çeşitli kaynaklardan derlenmiştir. Analiz, hammadde elde edilmesinden üretim, tedarik, tüketim, atık yönetimi, geri dönüşüm ve bertarafına kadar olan aşamalardaki kayıpları ve atık oluşumunu kapsamaktadır. Öncül analizler sonucunda plastik ambalaj ve bina ve inşaat plastik atıkları sektörleri, plastik atıklar içerisinde ise LDPE ve HDPE hammaddeleri ön plana çıkmıştır. MFA çalışması sırasında, öne çıkan bu iki sektör ve plastik içeriğine yönelik iki ayrı MFA yapılmıştır. Son olarak, Türkiye genelinde toplam plastik atık için tüm değer zincirinin durumunu ortaya üçüncü bir MFA gerçekleştirilmiştir.

MFA sonuçları, Türkiye'de üretilen toplam plastik atığın %61'inin düzenli depolama alanlarına gönderildiğini ve %16,8'inin de düzensiz depolama alanlarına döküldüğünü ortaya koyarken,

rakamların gerçeği yansıtmayabileceği şüphesi de bulunmaktadır. Toplamda, Türkiye'deki plastik atıkların %33'ü toplanmayan atıklar, açıkta bırakılan atıklar ve yakma işlemlerini kapsayacak şekilde uygunsuz yönetilmektedir. MFA ayrıca toplam plastik ambalaj atıklarının %59'unun saha dışında geri dönüştürüldüğünü, %21'inin düzenli depolama sahalarında son bulduğunu, %9,5'inin düzenli olmayan şekilde bertaraf edildiğini, %9,2'sinin yakıldığını ve atıktan enerjiye dönüşümün ise küçük bir rol oynadığını, %1,2'sinin yerinde geri dönüştürüldüğünü, %0,2'sinin çöpe atıldığını ortaya koymuştur. Plastik ambalaj atıkları için geri dönüşüm oranı %59'dur ve bu oranın 2023 yılına kadar %65'e çıkarılması hedeflenmektedir. Bina ve inşaat plastik atıkları açısından, toplam bina ve inşaat plastik atıklarının %58,4'ünün saha dışında geri dönüştürüldüğü, %21,2'sinin düzenli depolama sahalarında son bulduğu, %9,7'sinin düzenli olmayan bir şekilde bertaraf edildiği, %9,6'sının yakıldığı ve atıktan enerjiye dönüşümün minimum düzeyde olduğu, %0,9'unun yerinde geri dönüştürüldüğü, %0,2'sinin çöp plastik atığı olduğu tespit edilmiştir.

Toplam plastik atıklar için hesaplanan düzenli depolama alanına gönderilen plastik atık oranı (%21), OECD ülkeleri ortalaması ile (%21,8) tutarlılık göstermektedir. Türkiye'de toplam plastik atık için geri dönüşüm oranı %12,9 olarak hesaplanmıştır ve bu oran 2022 yılı AB ortalaması olan %48'in oldukça altındadır. AB ülkelerinde, 2020 yılı verilerine göre geri dönüştürülen toplam plastik atık içerisinde %22,5 oranında plastik ambalaj bulunmaktadır. 2018 verilerine bakıldığında ise toplam geri dönüştürülen plastik atık içerisinde %26 oranında bina ve inşaat kaynaklı plastik atıkların yer aldığı görülmektedir. Bina ve inşaat plastik atık bertaraf oranlarına ait veri bulunamaması nedeniyle bu hesaplamalar bazı kabuller çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda her bir MFA grubu için başlıca zorlukların tüketici ve atık toplama/ayırıştırma aşamalarında yaşandığı tespit edilmiştir. Diğer yandan, düzenli ve düzensiz depolamanın yanı sıra, yasadışı yakmanın da değerli kaynakların uygun yönetilmesi açısından önlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma TÜBİTAK Proje No: 220N044 tarafından desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plastik atıklar, değer zinciri, malzeme akış analizi, mikroplastikler, döngüsellik, kaynak verimliliği

MATERIAL FLOW ANALYSIS OF MICROPLASTICS ORIGINATING FROM PLASTIC INDUSTRY

Sena Uzunpınar¹, Emrah Alkaya², İpek İmamoğlu³

¹GTE Karbon Sürdürülebilir Enerji Eğitim Danışmanlık, sena.uzunpınar@gte.com.tr, 0000-0002-1304-2846

²GTE Karbon Sürdürülebilir Enerji Eğitim Danışmanlık, emrah.alkaya@gte.com.tr, 0000-0002-2024-625

³Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, ipeki@metu.edu.tr, 0000-0001-6913-7054

Plastic waste, whether in micro or macro size, is a serious environmental problem. In the light of the increasing environmental impacts and resource constraints facing the plastics industry, a research study is being conducted from various dimensions to examine the challenges posed by microplastics (MPs) released into the environment by the plastics industry. As part of this research, the stringent regulations, systemic shifts towards circularity and sustainability that the plastics value chain is currently experiencing, and thus the potential medium and long-term competitiveness challenges, are examined. This study presents the findings of material flow analysis (MFA) conducted to identify focal points in the plastics value chain that require intervention to ensure resource efficiency and circularity while reducing environmental impacts.

Data on material inventory, including process flows and quantities needed during MFA, were compiled from various reliable institutions such as OECD and EUROSTAT statistics and the Turkish Statistical Institute (TurkStat). Regional data is also obtained from literature and from field studies. The analysis covers losses and waste generation at all stages from raw material acquisition to production, supply, consumption, waste management, recycling, and disposal. As a result of preliminary analyses, the plastic packaging and building and construction plastic waste sectors, and LDPE and HDPE raw materials within plastic waste have come to the forefront. During the MFA study, two separate MFAs were conducted for these two prominent sectors and plastic content. Finally, a third MFA was conducted for total plastic waste across Turkey, revealing the status of the entire value chain.

The analysis results revealed that 61% of total plastic waste generated in Turkey is sent to landfills, and an additional 16.8% is openly dumped with a suspicion that the actual figures could be even higher. In total, 33% of plastic waste in Turkey is mismanaged, encompassing uncollected waste,

openly dumped waste, and incineration. MFA also revealed that 59% total plastic packaging waste is recycled off-site, 21% ends up in sanitary landfills, while 9.5% is disposed of in unsanitary fashion, 9.2% is incinerated with waste-to-energy conversion playing a minor role, 1.2% is recycled on-site, 0.2% is littered plastic waste. The recycling rate for plastic packaging waste stands at 59%, a target set to increase to 65% by 2023. In terms of building and construction plastic waste, it is found that 58.4% is recycled off-site, 21.2% of total building and construction plastic waste ends up in sanitary landfills, while 9.7% is disposed of in an unsanitary fashion, 9.6% is incinerated with minimal waste-to-energy conversion, 0.9% is recycled on-site, 0.2% is littered plastic waste.

The rate of plastic waste sent to landfill calculated for total plastic waste (21%) is found to be consistent with the average of OECD countries (21.8%). The recycling rate for total plastic waste in Turkey is calculated as 12.9%, which is well below the EU average of 48% for the year 2022. In EU countries, according to 2020 data, 22.5% of total recycled plastic waste includes plastic packaging. Looking at 2018 data, it is seen that 26% of the total recycled plastic waste includes plastic waste from buildings and construction. Due to the lack of data on building and construction plastic waste disposal rates, these calculations were made within the framework of some assumptions.

As a result of the analysis, for each MFA group, the primary challenges were found to be occurring at the consumer and waste collection/segregation stages while addressing unsanitary and sanitary disposal. Lastly, illegal incineration is identified as another issue which is crucial to prevent in order to properly manage valuable resources.

This study is funded by TÜBİTAK Project No: 220N044.

Keywords: Plastic waste, value chain, material flow analysis, microplastics, circularity, resource efficiency

TAMPONLARIN SIĞIR GÜBRESİNİ İŞLEYEN ANAEROBİK ÇÜRÜTME - MİKROBİYAL ELEKTROLİZ HÜCRE SİSTEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Berkan Öden¹, Yasemin Dilşad Yılmazel²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, Mail: berkan.oden@metu.edu.tr, Telefon: +90(312)2105865, GSM: +90(534)4031320, 0009-0005-5435-6285

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, Mail: dilsad@metu.edu.tr, Telefon: +90(312)2105880, 0000-0001-9223-9681

Anaerobik çürütme, sıgır gübresi gibi organik atıkların değerli biyogaz ve besin açısından zengin çürütme suyuna dönüştürülmesi için umut verici bir teknolojidir. Son zamanlarda, yaratıcı entegrasyon stratejileri yoluyla anaerobik çürütme prosedürlerinin etkinliğini ve dayanıklılığını artırmak amacıyla artan bir ilgi ortaya çıkmıştır. Sıgır gübresi, yüksek organik içeriği ve besin yükü nedeniyle çevresel zorluklara yol açan önemli bir organik atık kaynağıdır. Anaerobik çürütme, sıgır gübresindeki organik maddeyi yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyogaza ve besin açısından zengin bir gübreye dönüştürerek bu zorluklara uygulanabilir bir çözüm sunmaktadır. Ancak anaerobik çürütmenin verimliliği, uçucu yağ asidi (UYA) birikimi, uzun katı madde kalma süresi (SRT), pH değişiklikleri ve aşırı amonyak gibi faktörlerle sınırlanabilir (Wang ve ark., 2021). Bu sınırlamaları ele almak için, CO₂ ve proton üretimini teşvik etmek üzere elektroaktif mikroorganizmaları kullanan mikrobiyal elektroliz hücrelerinin (MEH'ler) anaerobik çürütme ile entegrasyonu, genel proses verimliliğini artırabilir. Mikrobiyal elektroliz hücreleri, organik maddenin elektrolizini kolaylaştırmak ve küçük bir voltaj (0,2-0,8 V) uygulayarak elektrik akımı üretirken metan ve diğer indirgenmiş bileşiklere dönüştürmek için bakterileri kullanan biyoelektrokimyasal sistemlerdir (Zakaria ve Dhar, 2019). Bu entegrasyon, organik atıklardaki karmaşık organik moleküllerin bozunmasını arttırır ve değerli bir yan ürün olan hidrojen üretmek için bu bileşiklerde depolanan enerjiyi kullanır. Üretilen hidrojen bir enerji taşıyıcısı olarak kullanılabilir veya mikrobiyal metanojenez adı verilen bir süreçle metana dönüştürülebilir, böylece AÇ sisteminin genel enerji verimi artar. Fosfat tamponlu çözelti (FTÇ) ve karbonat tamponlu çözelti (KTÇ) gibi tamponlar, pH'ı dengelemeleri (UYA birikiminin neden olduğu) ve iç direnci azaltmaları nedeniyle AÇ-MEH sistemlerinde kullanılır. Artan tampon konsantrasyonu, çözeltinin neden olduğu direnci azaltarak elektron transferinin hızlanmasına ve AÇ-MEH performansının artmasına neden olur. Xu ve arkadaşları (2020), FTÇ'nin AÇ-MEH sistemleri üzerindeki etkisini araştırmış ve substrat olarak alkali ön arıtılmış çamur ile 50 mM FTÇ kullanılmasının metan üretimini kontrole göre yaklaşık %40 daha fazla artırdığını bulmuştur. Bununla birlikte, sıgır

gübresi substratlı AÇ-MEH sistemlerinde tampon kullanımı konusunda hala bir boşluk vardır. Bu çalışmada, çeşitli FTÇ (10, 20, 35 ve 50 mM) ve KTÇ (30, 60, 90 ve 120 mM) konsantrasyonları, sığır gübresi substratı ile AÇ-MEH performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek için test edilmiştir. Deneysel sonuçlar, 50 mM FTÇ içeren AÇ-MEH reaktörlerinin en yüksek akım yoğunluğunu (0,23 mA/cm²) ürettiğini, FTÇ içermeyen reaktörün ise en düşük pik akım yoğunluğunu (0,04 mA/cm²) ürettiğini göstererek FTÇ'nin akım üretimi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, KTÇ reaktörleri arasında en yüksek tepe akım yoğunluğu 120 mM KTÇ reaktörü (0,18 mA/cm²) tarafından üretilirken en düşük tepe akım yoğunluğu tampon içermeyen reaktör (0,02 mA/cm²) tarafından üretilmiştir. Bununla birlikte, tampon içermeyen AÇ-MEH reaktörleri hem FTÇ hem de KTÇ reaktörlerinde en yüksek metan verimine sahipti (sırasıyla 302,8 mL CH₄/g UKM ve 364,97 mL CH₄/g UKM). Öte yandan, en yüksek FTÇ (50 mM) ve KTÇ (120 mM) konsantrasyonları ile ayarlanan reaktörler, sırasıyla 200,7 mL CH₄/g UKM ve 222,15 mL CH₄/g UKM ile en düşük metan verimine sahip olmuştur. Her iki tamponun artan konsantrasyonları AÇ-MEH reaktörlerinde metan veriminde azalmaya neden olmuştur. Dolayısıyla, FTÇ ve KTÇ, AÇ-MEH sistemlerinin AÇ kısmında bir inhibisyona ve MEC kısmında bir artışa neden olmaktadır.

Teşekkür: Bu çalışma Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Destekli Araştırmalar Ofisi tarafından TEZ-YL-311-2023-11145 numaralı hibe, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Mükemmeliyet Merkezi Destekleme Programı tarafından 22AG019 numaralı hibe ve BAGEP aracılığıyla Bilim Akademisi Ödülü ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anaerobik çürütme, mikrobiyal elektroliz hücresi, tampon, sığır gübresi

IMPACT OF BUFFERS ON ANAEROBIC DIGESTION - MICROBIAL ELECTROLYSIS CELL INTEGRATION SYSTEMS TREATING CATTLE MANURE

Berkan Öden¹, Yasemin Dilşad Yılmaz²

¹Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, Ankara, Türkiye, Mail: berkan.oden@metu.edu.tr, Telefon: +90(312)2105865, GSM: +90(534)4031320, 0009-0005-5435-6285

²Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, Ankara, Türkiye, Mail: dilsad@metu.edu.tr, Telefon: +90(312)2105880, 0000-0001-9223-9681

Anaerobic digestion is a promising technology for converting organic waste, such as cattle manure, into valuable biogas and nutrient-rich digestate. Recently, an increasing interest has emerged with the aim of improving the effectiveness and durability of anaerobic digestion procedures through inventive integration strategies. Cattle manure is a significant source of organic waste that poses environmental challenges due to its high organic content and nutrient load. Anaerobic digestion offers a viable solution to these challenges by converting the organic matter in cattle manure into biogas, a renewable energy source, and digestate, a nutrient-rich fertilizer. However, the efficiency of anaerobic digestion can be limited by factors such as volatile fatty acid (VFA) accumulation, long solids residence time (SRT), pH changes, and excess ammonia (Wang et al., 2021). To address these limitations, the integration of microbial electrolysis cells (MECs), which employ electroactive microorganisms to promote CO₂ and proton production, can enhance the overall process efficiency. Microbial electrolysis cells are bioelectrochemical systems that utilize bacteria to facilitate the electrolysis of organic matter and convert it into methane and other reduced compounds while producing electrical current by applying a small voltage (0.2-0.8 V) (Zakaria and Dhar, 2019). This integration improves the degradation of complex organic molecules in organic waste and harnesses the energy stored in these compounds to produce a valuable byproduct, hydrogen. The generated hydrogen can be used as an energy carrier or further converted into methane through a process called microbial methanogenesis, thus increasing the overall energy yield of the AD system. Buffers such as phosphate-buffered saline (PBS) and carbonate buffer (CB) are used in AD-MEC systems due to balancing pH (caused by VFA accumulation) and reducing internal resistance. Increased buffer concentration decreases the resistance caused by bulk solution, resulting in accelerated electron transfer and enhanced AD-MEC performance. Xu et al., (2020) investigated the effect of PBS on AD-MEC systems and found that using 50 mM PBS with alkaline pre-treated sludge as substrate increased methane

production by about 40% more than control. However, there is still a gap in buffer usage in AD-MEC systems with cattle manure substrate. In this study, various concentrations of PBS (10, 20, 35, and 50 mM) and CB (30, 60, 90, and 120 mM) were tested to assess their influence on AD-MEC performance with cattle manure substrate. Experimental results demonstrated that AD-MEC reactors with 50 mM PBS produced the highest current density (0.23 mA/cm²) while no PBS reactor produced the lowest peak current density (0.04 mA/cm²) indicating a positive effect of PBS on the current generation. Similarly, among CB reactors, the highest peak current density was produced by a 120 mM CB reactor (0.18 mA/cm²) while the lowest peak current density was produced by no buffer reactor (0.02 mA/cm²). However, AD-MEC reactors with no buffer had the highest methane yields in both PBS and CB reactors (302.8 mL CH₄/g VS added and 364.97 mL CH₄/g VS added, respectively). On the other hand, the reactors set with the highest concentrations of PBS (50 mM) and CB (120 mM) had the lowest methane yields with 200.7 mL CH₄/g VS added and 222.15 mL CH₄/g VS added, respectively. Increased concentrations of both buffers caused a reduction in methane yield in AD-MEC reactors. Hence, PBS and CB cause an inhibition in the AD part and an enhancement in the MEC part of AD-MEC systems.

Acknowledgements: This work was supported by the Middle East Technical University (METU) Office of Sponsored Research grant number TEZ-YL-311-2023-11145, the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Supporting Excellence Centers grant number 22AG019 and the Science Academy Award through BAGEP.

Keywords: Anaerobic digestion, microbial electrolysis cell, buffer, cattle manure

SIĞIR GÜBRESİ İLE BESLENEN ANAEROBİK ÇÜRÜTÜCÜ-MİKROBİYAL ELEKTROLİZ HÜCRESİ (AÇ-MEH) SİSTEMİNDE KATOT POTANSİYELİNİN METAN VE HİDROJEN ÜRETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Feride Ece Kutlar¹, Yasemin Dilsad Yilmazel²

¹Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, ece.kutlar@metu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6906-7663

²Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, dilsad@metu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9223-9681

Yüksek miktarda hayvan gübresi üretilmesi ile çiftçiler ve devlet kurumları sürekli olarak ekonomik ve çevresel zorluklarla karşılaşmaktadır. Aralık 2021'de Türkiye'de toplam 17,8 milyon sığır varlığı kaydedilmiştir (TÜİK, 2022). Tek bir sığır hayvan yılda yaklaşık 14,5 ton yaş gübre üretebilir ve bu da yıllık bazda yaklaşık 259 milyon tonluk bir toplu çıktıya neden olur (Atelge, 2021). Hayvansal atıkların yetersiz yönetimi, hayvan kaynaklı enfeksiyonların yayılması, yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi gibi önemli çevresel sonuçlara yol açabilmektedir (Nasir vd., 2012). Anaerobik çürütme (AÇ), biyogaz üretimi ile birlikte sığır gübresinin arıtılmasında faydalı bir proses olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, AÇ sürecinin uzun hidrolik bekletme süreleri, düşük verimlilik ve değişken performans gibi çeşitli kısıtlamaları vardır (Zhao vd., 2021). Bu kısıtlamaların üstesinden gelmek için AÇ-mikrobiyal elektroliz hücresi (AÇ-MEH) teknolojisi geliştirilmiştir (Zakaria ve Dhar, 2019). Bununla birlikte, AÇ-MEH sistemleri için uygun başlatma prosedürlerine ilişkin kapsamlı araştırmalar sınırlı kalmaktadır. Bu çalışma, biyoelektrotlar olarak adlandırılan biyofilm öncesi elektrotların performansını bakir elektrotları ile karşılaştırarak biyofilm oluşumunun reaktör başlatma üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamaktadır.

Aktif hacmi 65 mL olan tek bölmeli MEH'lerde anot olarak grafit plakalar ve katot olarak paslanmaz çelik elek kullanılmıştır. Sığır gübresi ve anaerobik çürütücü çamuru sırasıyla besi stoğu ve aşı kültürü olarak kullanılmıştır. Reaktörler iki replika olarak 35°C'de işletilmiştir. AÇ-MEH işleminden önce elektrotlar üzerinde ön biyofilm oluşumu gerçekleştirilmiştir. Ardından, biyoelektrotlar tek bölmeli reaktörlere aktarılmıştır. Ayrıca, bakir elektrotlar kontrol olarak tek bölmeli reaktörlere yerleştirilmiştir. Konvansiyonel AÇ (Konv. AÇ), açık devre (AD) ve aşı kültürü kontrolü reaktörleri kontrol olarak kurulmuştur. Üç farklı katot potansiyelleri: (1) -0,9 V, (2) -1 V ve (3) -0,95 V (Ag/AgCl karşısında) ile beslemeli kesikli olarak işletilmiştir.

Metan ve hidrojen üretimi üç set boyunca izlenmiştir. Reaktör performanslarını karşılaştırmak için metan verimleri hesaplanmıştır. Biyoelektrot reaktörleri $-0,95$ V katot potansiyelinde en fazla metanı üretmiştir (454 ± 13 mL CH₄/g Uçucu katı madde (UKM)). Bu artış Konv. AÇ reaktörlerine kıyasla %105'tir. Bakir elektrot reaktörleri ise $-0,9$ V ve $0,95$ V katot potansiyellerinde benzer miktarda metan üretmiştir, ancak üretim hızı $-0,9$ V katot potansiyelinde daha yüksektir.

Biyoelektrot reaktörünün metan verimi $-0,9$ V katot potansiyelinde ise Bakir elektrota kıyasla daha düşüktür (305 ± 11 mL CH₄/g UKM). Konv. AÇ reaktörleri ile karşılaştırıldığında, metan verimi artışı Bakir elektrot ve Biyoelektrot reaktörleri için sırasıyla %51 ve %37'dir. Ayrıca, Konv. AÇ ve AD kontrolleri üç sette de benzer miktarlarda metan üretmiştir. Öte yandan, -1 V katot potansiyeli voltajı uygulanan reaktörlerde daha az metan üretimi gözlemlenmiştir. Bu nedenle, ikinci set inhibisyon nedeniyle sadece 9 gün sürmüştür. Reaktörlerin hidrojen kısmi basıncı $0,57$ atm olup, bu değer inhibitör değerlerden önemli ölçüde yüksektir (Kutlar vd., 2022).

Kümülatif metan verimi grafikleri modifiye edilmiş Gompertz ile modellenmiştir. Konv. AÇ ve AD reaktörlerinin benzer metan üretim hızlarına sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak, AÇ-MEH sistemi üretim hızını artırmış ancak reaktör başlatma süresini azaltmamıştır. En yüksek metan üretim hızı $-0,95$ V katot potansiyelinde Biyoelektrot reaktörlerinde gözlenmiştir ($24,2$ mL CH₄/g UKM/gün). Bu hız Konv. AÇ reaktörlerine kıyasla %41 daha yüksektir.

Genel olarak, Biyoelektrot reaktörü $-0,95$ V katot potansiyelinde çalıştırıldığında maksimum performansa sahip olmuştur. Bu durum, kontrollü bir ortam altında ön biyofilm oluşumunun yüksek katot potansiyellerinde kayda değer avantajlar sağladığını göstermektedir.

Teşekkür: Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Öncelikli Alanlar Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı (Proje no: 218M854) ve Bilim Akademisi tarafından BAGEP aracılığıyla desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: anaerobik çürütme, mikrobiyal elektroliz hücresi, paslanmaz çelik elek, sığır gübresi

INVESTIGATING THE EFFECT OF CATHODE POTENTIAL ON METHANE AND HYDROGEN PRODUCTION IN ANAEROBIC DIGESTION-MICROBIAL ELECTROLYSIS CELL (AD-MEC) SYSTEM FED WITH CATTLE MANURE

Feride Ece Kutlar¹, Yasemin Dilsad Yilmazel²

¹Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, Ankara, Türkiye, ece.kutlar@metu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6906-7663

²Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, Ankara, Türkiye, dilsad@metu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9223-9681

Persistent economic and environmental challenges are encountered by farmers and governmental entities due to high amounts of animal manure. In December 2021, Turkey recorded a total cattle population of 17.8 million (TUIK, 2022). Single cattle can generate approximately 14.5 tons/year of wet manure, resulting in a collective output of nearly 259 million tons on an annual basis (Atelge, 2021). Inadequate management of animal waste can result in significant environmental consequences, such as the release of animal-borne infections, and the contamination of surface and groundwater (Nasir et al., 2012). Anaerobic digestion (AD) is well recognized as a beneficial process in the treatment of cattle manure due to the production of biogas. However, the AD process has several bottlenecks, such as extended hydraulic retention times, poor efficiency, and unstable performance (Zhao et al., 2021). AD-microbial electrolysis cell (AD-MEC) has been developed to overcome these limitations (Zakaria and Dhar, 2019). However, comprehensive research on appropriate start-up procedures for AD-MEC systems remains limited. This study aims to examine the influence of biofilm formation on reactor start-ups by comparing the performance of pre-biofilm electrodes, referred to as bioelectrodes, with that of bare electrodes.

Single chamber MECs with an active volume of 65 mL were used with graphite plates as the anode and stainless-steel mesh as the cathode. Cattle manure and anaerobic digester sludge were used as feed and inoculum, respectively. All tests were conducted in duplicate at 35°C. Pre-biofilm formation on electrodes was performed before the AD-MEC operation. Then, bioelectrodes were transferred to a single-chamber reactor. Also, bare electrodes were placed in a single chamber reactor as a control. Conventional AD (Conv. AD), open circuit (OC), and blank reactors were set as controls. Three fed-batch cycles were employed with different cathode potentials: (1) -0.9 V, (2) -1 V, and (3) -0.95 V vs. Ag/AgCl.

Methane and hydrogen production were monitored during three cycles. Methane yields were calculated to compare reactor performances. The Bioelectrode reactors produced the most methane at -0.95 V cathode potential (454 ± 13 mL CH₄/g VS). The increase in yield is 105% compared to Conv. AD reactors. The Bare electrode reactors produced a similar amount of methane at -0.9 V and 0.95 V cathode potentials, but at different rates.

The methane yield of the Bioelectrode reactor (305 ± 11 mL CH₄/g VS) was lower compared to the Bare electrode at -0.9 V cathode potential. Compared to Conv. AD reactors, methane yield increased by 51% and 37% for Bare electrode and Bioelectrode, respectively. Additionally, Conv. AD and OC controls produced similar amounts of methane per cycle. On the other hand, at -1 V cathode potential voltage-applied reactors produced less methane. Thus, the second cycle lasted only 9 days due to inhibition. The hydrogen partial pressure of the reactors was 0.57 atm, which is significantly higher than inhibitory values (Kutlar et al. 2022).

The cumulative methane yield plots were fitted by the modified Gompertz model. It was observed that the Conv. AD and OC reactors had similar methane production rates. In general, the AD-MEC systems increased the rate but did not decrease the reactor start-up time. The highest methane production rate was observed for the Bioelectrode reactors at -0.95 V cathode potential (24.2 mL CH₄/g VS/d). This rate was 41% higher than Conv. AD reactors.

In general, the Bioelectrode reactor had the maximum performance when operated at a cathode potential of -0.95 V. This suggests that pre-biofilm formation in a controlled environment yields notable advantages in the presence of elevated cathode potentials.

Acknowledgments: This work was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Priority Areas R&D Projects Support Program (Grant no: 218M854) and the Science Academy through BAGEP.

Keywords: anaerobic digestion, microbial electrolysis cell, stainless-steel mesh, cattle manure

YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALIZI DESTEKLI BIR ENDÜSTRİYEL SİMBİYÖZ MODELİ

Berat Batuhan Kaplangı¹, Mehmet Ali Küçüker¹, Fehmi Görkem Üçtuğ², İstemi Berk³, Ali İnan⁴, Volkan Ş. Ediger⁵

¹İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Gülbahçe Kampüsü, 35430, Urla, İzmir, Türkiye

²İzmir Ekonomi Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Sakarya Caddesi No:156, 35330, Balçova, İzmir, Türkiye

³Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İngilizce İktisat Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi 35390 Buca, İzmir, Türkiye

⁴Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Balcalı Mah. Güney Kampüs 10 Sokak No:1U, Sarıçam, Adana, Türkiye

⁵Kadir Has Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Cibali Mah. Kadir Has Cad. 34083, Fatih, İstanbul, Türkiye,

Doğal kaynak ve hammadde tüketimini en aza indirmek amacıyla yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yenilenebilir enerji kullanımını benimseyen dögüsel ekonomi (DE), doğrusal ekonomiye alternatif olarak oluşturulmuş bir ekonomi modelidir. Dögüsel ekonominin en önemli uygulamalarından biri, yeni iş fırsatları yaratma, atık bertaraf maliyetlerini azaltma ve kaynak verimliliğini artırma amacıyla üretim tesisleri arasında atık ve yan ürünlerin değişimini sağlayan endüstriyel simbiyozdur (ES). Başta AB üyesi ülkeler olmak üzere birçok ülkede başarıyla hayata geçirilmiş ve sürdürülebilirliği teşvik ederek çevresel etkiyi azaltma potansiyeli kanıtlanmış ES uygulamaları Avrupa Yeşil Mutabakatı'na uyum aşamasında olan ülkemizin DE'ye geçişi için büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma, Adana Hacı Sabancı Organize Sanayi Bölgesi'nde (AOSB) 11 alt imalat sektöründe faaliyet gösteren 22 pilot sanayi firmasının üretim prosesleri kapsamında, hammadde, ürün ve yan ürün ile atık miktarı, su ve enerji tüketimi gibi verilerini kullanarak optimum bir ES modeli oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda ilk olarak firmaların üretim hatları, hammadde-ürün giriş çıkışları, atık oluşun noktaları ve atıkların tip ve miktarları ile enerji tüketimiyle ilgili bilgiler değer akış haritaları yardımıyla görselleştirilecektir. Daha sonra, her firmanın atık ve girdileri oluşturulan veri tabanı sayesinde dinamik olarak izlenerek firmalar arasında potansiyel ES eşleşmeleri senaryolaştırılacaktır. En sonunda da, oluşturulan ES senaryoları Ecoinvent 3.0 veritabanı ve CML2001 yöntemi vasıtasıyla yaşam dögüsü analizine (YDA) tabi tutularak çevresel etkinin en aza indirildiği ve ekonomik kazanımın maksimize

edildiği optimum bir ES modeli oluşturulacaktır. Çalışma neticesinde elde edilen bulgular, YDA yardımıyla optimum ES modelinin belirlenebilmesine, Türkiye’deki OSB’lerde ES uygulamalarını teşvik edilmesine ve organize sanayi bölgelerinin eko-endüstriyel parka dönüştürülmesi için yürürlüğe konulması gereken ulusal stratejinin ve yol haritasının oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel ekonomi, yaşam döngüsü analizi, endüstriyel simbiyoz, eko-endüstriyel park

AN INDUSTRIAL SYMBIOSIS MODEL SUPPORTED BY LIFE CYCLE ASSESSMENT

Berat Batuhan Kaplangı¹, Mehmet Ali Küçüker¹, Fehmi Görkem Üçtuğ², İstemi Berk³, Ali İnan⁴, Volkan Ş. Ediger⁵

¹İzmir Institute of Technology, Department of Environmental Engineering, Gülbahçe Campus, 35430, Urla, İzmir, Türkiye

²İzmir Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering, Gülbahçe Campus, Sakarya Caddesi No:156, 35330, Balçova, İzmir, Türkiye

³Dokuz Eylül University, Faculty of Business Administration, Department of Economics in English, Tınaztepe Campus 35390 Buca, İzmir, Türkiye

⁴Alparslan Türkeş Alpaslan Science and Technology University, Department of Computer Engineering, , Sarıçam, Adana, Türkiye

⁵Kadir Has University, Energy Systems Engineering, 34083, Fatih, İstanbul, Türkiye

Emphasizing the reuse, recycling, and use of renewable energy to minimize natural resources and raw material consumption, the circular economy is an alternative model to the linear economy. Industrial symbiosis (IS) is one of the most significant applications of the circular economy, promoting the exchange of waste and by-products among production facilities to create new business opportunities, reduce waste disposal costs, and enhance resource efficiency. IS practices have successfully been implemented in many countries, especially among EU member states, and demonstrated the remarkable potential to reduce environmental impact as well as promote sustainability. Applying these practices holds significant importance for our transition towards a circular economy as a nation, that aligns with the European Green Deal. This study aims to develop an optimal model for IS through the analysis of data obtained from 22 industrial firms operating in 11 sub-manufacturing sectors within the Adana Hacı Sabancı Organized Industrial Zone (AOSB). The data includes information on raw materials, product and by-product types and quantities, waste generation, water, and energy consumption. Within this framework, firstly, the production lines of the firms, the inflow and outflow of raw materials and products, points of waste generation, as well as the type and quantity of generated waste and energy consumption-related data will be visualized using visual stream mapping techniques. Subsequently, the waste and inputs of each firm will be dynamically monitored through a database, and potential IS matches among the firms will be scenario-planned. Ultimately, the generated IS scenarios will be

subjected to a comprehensive Life Cycle Analysis (LCA) via Ecoinvent 3.0 database and CML2001 method in order to establish an optimal IS model that minimizes environmental impact while maximizing economic gains. The findings of this study will contribute to the determination of an ideal IS model through LCA, the promotion of IS applications within industrial zones in Türkiye, and the formulation of a national strategy and roadmap to be implemented for the transformation of organized industrial zones into eco-industrial parks.

Keywords: Circular economy, life cycle assessment, industrial symbiosis, eco-industrial park

ARDAHAN İL MERKEZİNDE KATI ATIK TOPLAMA VE TAŞIMA OPTİMİZASYONU

Mustafa AKGÜN

Ardahan Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, mustafa.akgun@ardahan.edu.tr, 0000-0002-7172-1855

Ardahan ilinde katı atıkların toplanması ve taşınması belediye tarafından belli saatlerde değişik yerlere konumlandırılmış konteynırlardan sıkıştırılmalı çöp araçları ile yapılmaktadır. İl genelinde katı atıkların toplanmasında iki ana problem göze çarpmaktadır. Birincisi; çöp kamyonlarının depolama sahasına fazla sayıda sefer yapması, ikincisi ise halkın çöp toplama saatlerine özen göstermeyişidir.

Bu çalışmada; Ardahan kent merkezindeki katı atık verilerinin kullanılarak atıkların toplanması ve taşınması için bir plan belirlenmesi amaçlanmıştır. Belediyeden alınan veriler doğrultusunda Ardahan kent merkezi katı atıkların toplanması için 600 adet konteynır ve 450 adet direkt tipi çöp kutusu kullanıldığı ve bu atıkların taşınması ise 7 adet çöp kamyonu kullanıldığı tespit edilmiştir. Çöp kamyonları günde 3 sefer çöp depolama alanına gidip gelmektedir. Mevcut çöp depolama alanının merkeze uzaklığı 6 km dir. Taşıma ve toplama optimizasyonunun sağlanabilmesi için 600 adet konteynırın ve 450 adet direkt tipi çöp kutusunun yeterli olacağı görülmüştür. Ardahan belediyesinde mevcut olan 7 tane sıkıştırılmalı çöp toplama ve taşıma araç sayısının yeterli olduğu, ancak 5 tonluk araçların kapasitelerinin 10 tonluğa çıkarılarak çöp toplama alanına yapılan seferlerin azalacağı ve birkaç mahallenin daha atığının toplanabileceği öngörülmektedir. Bunun sonucu olarak çöp toplama ve taşıma maliyetinin azalacağı ve veriminin artacağı düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışma sonucunda Ardahan kent merkezi katı atıkların toplanması ve taşınması optimizasyonunu sağlamak amaçlı aşağıda belirtilen önerilerin uygulanması uygun olacaktır.

1. Katı atıkların yönetiminde verimi artırıp, masrafı düşürmek için iyi bir organizasyon hazırlanmalıdır.
2. Katı atıklarda geri kazanılabilir maddeler değerlendirilebilir.
3. Mevcut düzensiz depolama alanı düzenlenerek doğaya kazandırılabilir.
4. Katı atıkların azaltılması, sınıflandırılarak biriktirilmesi, verimli bir şekilde toplanması ve taşınması, nihayet düzenli bir depolama yapılması hususlarında halkın eğitilmesi uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ardahan, Düzenli depolama, Katı atık, Maliyet

SOLID WASTE COLLECTION AND TRANSPORT OPTIMIZATION IN ARDAHAN CITY CENTER

Mustafa AKGÜN

Ardahan University, Department of Environmental Engineering,
mustafa.akgun@ardahan.edu.tr, 0000-0002-7172-1855

In the province of Ardahan, the collection and transportation of solid wastes is carried out by the municipality using compressed garbage trucks from containers located at different locations at certain hours.

There are two main problems in the collection of solid wastes throughout the province. First one; The second is that the garbage trucks make a large number of trips to the landfill, and the second is that the public does not pay attention to the garbage collection times.

In this study; It is aimed to determine a plan for the collection and transportation of wastes using the solid waste data in Ardahan city center. In line with the data obtained from the municipality, it was determined that 600 containers and 450 direct type garbage bins were used for the collection of solid wastes in Ardahan city center and 7 garbage trucks were used to transport these wastes. Garbage trucks go to and from the landfill 3 times a day. The existing garbage storage area is 6 km from the center. It has been observed that 600 containers and 450 pole-type garbage bins will be sufficient to optimize the transport and collection. It is envisaged that the number of compressed garbage collection and transportation vehicles available in Ardahan municipality is sufficient, but the capacity of 5-ton vehicles will be increased to 10 tons and the trips to the garbage collection area will decrease and the waste of a few more neighborhoods may be collected. As a result, it is thought that the cost of garbage collection and transportation will decrease and its efficiency will increase. As a result of this study, it will be appropriate to apply the following recommendations to optimize the collection and transportation of solid wastes in Ardahan city center.

1. A good organization should be prepared in order to increase efficiency and reduce costs in the management of solid wastes.
2. Recyclable materials can be used in solid wastes.
3. The existing irregular storage area can be arranged and brought to nature.
4. It would be appropriate to educate the public about the reduction of solid wastes, their classification and storage, efficient collection and transportation, and finally a regular storage.

Keywords: Ardahan, Landfill, Solid waste, Cost

TÜRKİYE'DE TEHLİKELİ ATIK ÜRETİM ORANINI BELİRLEMeye YÖNELİK BİR TAHMİN MODELİ

Esra ATEŞ¹, Selim Latif SANİN²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, esra_ates@artvin.edu.tr, 0000-0002-4550-8612

²Hacettepe Üniversitesi, sanin@hacettepe.edu.tr, 0000-0003-2971-8385

Endüstri ve teknoloji alanındaki gelişmeler birçok çevresel problemi de beraberinde getirmektedir. Bu problemlerden bir tanesi her geçen yıl artan katı atık miktarıdır. Oluşan atık miktarının net olarak hesaplanması, özellikle de halen daha tehlikesiz atıklarla karıştırılan tehlikeli atık miktarının hesaplanması zor ve katı atık alanında ele alınması gereken önemli bir iştir. Yapılan bu çalışmanın amacı, tehlikeli atık miktarını etkileyen parametreleri araştırarak Türkiye'deki tehlikeli atık üretim hızının tahmin edilmesine yönelik bir yöntem geliştirmektir. Araştırmanın metodolojisi 6 modülden oluşmaktadır: tarihsel veri elde etme, gerekiyorsa varsayımlarda bulunma, göstergelerin seçimi, STATGRAFİK ile veri işleme-veri analizi ve son olarak tehlikeli atık miktarının tahmin edilmesi. Bu model geliştirilirken gelişmişlik düzeyleri Türkiye yakın olan 10 Avrupa ülkesi seçildi: Norveç, Almanya, Belçika, Fransa, İspanya, İtalya, Yunanistan, Polonya, Macaristan ve Bulgaristan. Bu ülkelerin verileri kullanılarak yedi model elde edildi. Bu modeller kullanılarak Türkiye'nin tehlikeli atık miktarı hesaplandı ve hesaplanan bu değerlerle TÜİK'ten elde edilen tehlikeli atık miktarı değerleri karşılaştırıldı. Sonuç olarak elde edilen modeller arasında, Model 3, 4 ve 6'nın Türkiye'deki tehlikeli atık miktarının tahmini için kullanılabileceği tespit edildi. Ancak son yıllarda Türkiye'ye olan atık ihracatı dikkate alındığında tehlikeli atık miktarının belirlenmesinde Model 3 ve 4'ün kullanılmasının daha doğru olacağı bulundu. Model 3 ve Model 4'ün Türkiye için daha uygun olduğu görülse de Belarus gibi diğer AB dışı ülkeler bu modeller için incelendiğinde Model 6'nın genel olarak daha doğru değerler verdiği anlaşıldı. Buradan yola çıkarak, tehlikeli atık miktarına ilişkin herhangi bir bilginin bilinmediği durumlarda, tehlikeli atık miktarının tahminine ilişkin iyi bir başlangıç elde edebilmek için Model 6'nın kullanılmasının uygun olabileceği belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Avrupa istatistikleri, Denklem, Tehlikeli atık göstergeleri, Tehlikeli atık miktarı, Yöntem

A FORECAST MODEL TO DETERMINE HAZARDOUS WASTE GENERATION RATE IN TÜRKİYE

Esra ATEŞ¹, Selim Latif SANİN²

Artvin Çoruh University, esra_ates@artvin.edu.tr, 0000-0002-4550-8612

Hacettepe University, sanin@hacettepe.edu.tr, 0000-0003-2971-8385

Developments in industry and technology bring with them many environmental problems. One of these problems is the amount of solid waste increasing every year. The calculation of the amount of waste generated exactly, especially the amount of hazardous waste that is still mixed with non-hazardous waste, is a difficult and important task that needs to be addressed in the field of solid waste. The aim of this study is to develop a method for estimating the hazardous waste production rate in Turkey by investigating the parameters affecting the amount of hazardous waste. The methodology of the research included 6 modules: historical data obtainment, making assumptions if necessary, choose of indicators, data processing and data analysis with STATGRAPHICS, and forecast hazardous waste amount. While developing this model, 10 European countries with similar development levels to Turkey were selected: Norway, Germany, Belgium, France, Spain, Italy, Greece, Poland, Hungary and Bulgaria. Seven models were obtained using the data of these countries. Using these models, Turkey's hazardous waste amount was calculated and these calculated values were compared with the hazardous waste amount values obtained from TURKSTAT. As a result, it was determined that among the models obtained, Models 3, 4 and 6 could be used to estimate the amount of hazardous waste in Turkey. However, considering the waste exports to Turkey in recent years, it was found that it would be more accurate to use Models 3 and 4 in determining the amount of hazardous waste. Although Model 3 and Model 4 were seen to be more suitable for Turkey, when other non-EU countries such as Belarus were examined for these models, it was understood that Model 6 generally gave more accurate values. Based on this, it was determined that in cases where no information about the amount of hazardous waste is known, it may be appropriate to use Model 6 to get a good start on estimating the amount of hazardous waste.

Keywords: Equation; European statistics; Hazardous waste amount; Hazardous waste indicators; Method

TÜRKİYE'DE İNŞAAT MALZEMELERİNİN YAYGIN YAŞAM SONU YÖNETİMİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Deniz Üçer Erduran

Bilkent Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, deniz.ucer@bilkent.edu.tr, 0000-0001-7284-7209

Betonarme, metaller ve ısı yalıtımı malzemelerine odaklanan bu çalışma, Ankara'da temel yapı malzemelerinin bina yıkıldıktan sonra nasıl bir yol izlediğini incelemiştir. Belediyenin mevcut kural ve düzenlemelerine uygun olarak bu malzemeler yaşam döngülerinin sonraki aşamaları için farklı rotalar izlemiştir. Metaller eritilip geri dönüştürülmüş, ısı yalıtımı entegre bir atık yönetimi tesisine taşınmış ve çelik donatı ayrıldıktan sonra beton kırıkları hafriyat sahasına aktarılmıştır. Bu üç yer (belediyenin hafriyat alanı, ticari bir metal geri dönüşüm tesisi ve özel bir endüstriyel atık yönetim tesisi) ziyaret edilmiş ve prosedürler fotoğraflar aracılığıyla belgelenmiştir. Uygulamalıların değerlendirilmesi amacıyla bu tesislerin mevcut durumuna ilişkin bir rapor oluşturulmuştur. Malzemelerin gizli potansiyelini daha iyi kullanmak amacıyla kullanım ömrü sonu yönetiminin iyileştirilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Beton, ısı yalıtımı, alüminyum, çelik, yaşam sonu

AN INVESTIGATION ON COMMON END-OF-LIFE MANAGEMENT OF CONSTRUCTION MATERIALS IN TURKEY

Deniz Üçer Erduran

Bilkent University, Department of Architecture, deniz.ucer@bilkent.edu.tr, 0000-0001-7284-7209

With a focus on reinforced concrete, various metals, and thermal insulation, this study examined how the primary building materials are handled in Ankara, Turkey, after the building being demolished. In accordance with the municipality's current rules and regulations, these materials follow different paths for the subsequent stages of their life cycle. The metals are melted and recycled, the thermal insulation is transported to an integrated waste management facility, and after the reinforcement has been removed, the concrete is landfilled. These three locations—the municipality's disposal area, a commercial metal recycler, and the privately run waste management facility the municipality initiated—were visited, and the procedures were documented through photographs. In order to assess the applications, a report on the current state of these facilities was created. Suggestions for improving the end-of-life management were made in order to better utilize the potential of materials.

Keywords: Concrete, thermal insulation, aluminium, steel, end of life

AGRO-EKOLOJİK KOMPOST ÜRETİMİ

Emel Atilla¹, Canan Koca², Mehmet Gençosmanoğulları³, M.Fatih Peker⁴, Fatih Hoşoğlu⁵

¹ ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul eatilla@istac.istanbul

² ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul ckoca@istac.istanbul

³ ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul mgencosmanogullari@istac.istanbul

⁴ ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul fpeker@istac.istanbul

⁵ ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul fhosoglu@istac.istanbul

Son zamanlarda ülkemizde evsel atıkların organik kısmı için kuru tip biyogaz tesisleri kurulumu yaygınlaşmaktadır. Bu tesislerde elektrik enerjisi üretimi sağlansa da oluşan katı fermente üründen elde edilen kompostun, girişteki organik atıkların safsızlığından dolayı verimi ve kalitesi düşüktür. Ayrıca üretim maliyetleri daha saf organik girdiyle üretilen kompost proseslerine göre daha yüksek kalmaktadır. Bu sebeple katı fermente ürünün değerlendirilmesi için daha az karıştırma ve sulama ihtiyacı olan özel bir bakteri kültürü aşilayarak desteklenen bokashi yöntemi ile kompost üretimi çalışması yapılmıştır. Çalışmada katı fermente ürün, hayvan gübresi ve park bahçe atıkları içeren farklı kompozisyonlarda 4 yığın oluşturulmuştur. Yığınlarda katı fermente ürün, hayvan gübresi ve park bahçe atıkları ağırlıkça 1. Yığın, % 77,8:11,1:11,1 , 2.Yığın % 60:20:20 , 3. Yığın % 40:30:30 , 4. Yığın % 12,5:50:37,5 olacak şekilde karıştırılmıştır. 12 hafta boyunca üzeri ışık geçirmez brandayla örtülü ortamda bekletilerek agro-ekolojik kompost üretilmiştir. Bu süreç sonrası yığınlar 15 mm'lik eleklerden geçirilmiş ve 1. Yığında %64,5, 2. Yığında %28,4 , 3. Yığında %20,3 , 4. Yığında %88,9 elek altı ürün elde edilmiştir. Her yığın için "Tarımda Kullanılan Organik, Mineral Ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik" kapsamında nihai ürün için istenen analizler yapılmıştır. Ayrıca çimlendirme deneyi yapılarak ortalama %80 çimlenme gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bokashi, Agro-Ekolojik Kompost, Fermente Ürün, Kompost

AGRO-ECOLOGICAL COMPOST PRODUCTION

Canan Koca¹, Emel Atilla², Mehmet Gençosmanoğulları³, M.Fatih Peker⁴, Fatih Hoşoğlu⁵

¹ ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul ckoca@istac.istanbul

² ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul eatilla@istac.istanbul

³ ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul mgencosmanogullari@istac.istanbul

⁴ ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul fpeker@istac.istanbul

⁵ ISTAC Inc. Istanbul Environment Management Industry and Trade Company, 34379, Sisli/Istanbul fhosoglu@istac.istanbul

Recently, the establishment of dry type biogas plants for the organic part of domestic waste has become widespread in our country. Although electrical energy is produced in these facilities, the yield and quality of the compost obtained from the solid fermented product is low due to the impurities of the organic wastes at the entrance. Additionally, production costs remain higher than compost processes produced with pure organic input. For this reason, compost production study was carried out with the bokashi method supported by inoculating a special bacterial culture that needs less mixing and irrigation for the evaluation of the solid fermented product. In the study, 4 batches of different compositions containing solid fermented product, animal manure and park and garden waste were constituted. Solid fermented products, animal manure and park and garden wastes in batches by weight 1st Batch, % 77.8:11.1,1:11.1 , 2nd Batch % 60:20:20 , 3rd Batch % 40:30:30 , 4th The batch was mixed to 12.5:50:37.5%. The agro-ecological compost was produced by keeping it in an environment covered with a lightproof tarpaulin for 12 weeks. After this process, the batches were passed through 15 mm sieves and 64.5% in the 1st batch, 28.4% in the 2nd batch, 20.3% in the 3rd batch, and 88.9% in the 4th batch were obtained. For each batch, the required analyzes were made for the final product within the scope of the "Regulation on Organic, Mineral and Microbial Fertilizers Used in Agriculture". In addition, germination test was performed and an average of 80% germination was observed.

Key Words: Bokashi, Agro-Ecological Compost, Fermented Product, Compost

ARDAHAN İLİ HAYVANSAL ATIKLARINDAN BİYOKÖMÜR ÜRETİM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Nesrin DURSUN^{1*}

¹Ardahan Üniversitesi, Çevre Sağlığı Ana Bilim Dalı, Ardahan, Türkiye, nesrindursun@ardahan.edu.tr

Biyokömür toprak (gözeneklilik, su tutma kapasitesi, pH, katyon değişim kapasitesi gibi) özelliklerini iyileştirme, ürün verimliliğini arttırma ve sera (CO₂, CH₄, N₂O) gazı emisyonlarını azaltma özellikleri nedeniyle, dünya genelinde araştırmacıların odak noktası haline gelmiştir. Biyokömür üretimi için, çeşitli tipte organik atıkların kullanıldığı bildirilmiştir. Çalışmada, üretim yöntemi olarak, farklı piroliz koşullarında elde edilen katı ürünlerin dönüşüm oranı, en yüksek % 35 oran ile yavaş piroliz yönteminde olduğu için, bu yöntem oranı tercih edilerek hesaplama yapılmıştır. Araştırmada, hayvansal üretim faaliyetlerinin yoğun yapıldığı Ardahan ilinde, hayvansal atıkların kullanımı ile elde edilebilecek biyokömür'ün dönüşüm potansiyeli belirlenmiştir. Atık miktarını bilmek, iyi bir atık yönetimi için önem arz etmektedir. Bu kapsamda, Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2015, 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılı Hayvancılık İstatistikleri dataları kullanılmıştır. Biyokömür üretim potansiyelinin belirlenmesinde büyükbaş (süt sığırları), küçükbaş (süt veren koyun ve keçi) ve kümes (yumurta tavuğu, hindi, kaz ve ördek) hayvan sayıları dikkate alınarak, atık miktarları tespit edilmiştir. Çalışmada, hayvansal atık tipleri belirlenirken, barnaklarda kısa süreli bulunan/bulunabilecek hayvan grupları, sürdürülebilir olmadığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Ardahan ilinin 2015, 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılı hayvansal atık kaynaklı biyokömür dönüşüm potansiyeli; hayvan sınıflarının toplamına göre 270210 ton ve yıllık ortalama 54042 ton/yıl olarak belirlenmiştir. Biyokömür dönüşüm potansiyeli yıllara göre; 2015 yılında 53348 ton/yıl, 2016 yılında 49915 ton/yıl, 2017 yılında 51283 ton/yıl, 2018 yılında 53964 ton/yıl ve 2019 yılında 61700 ton/yıl olarak saptanmıştır. Hayvan sınıfına göre beş yıl içinde en yüksek biyokömür potansiyeli olan yıl değerlendirildiğinde, hayvan sınıflarının kendi içinde en yüksek biyokömür potansiyeli; büyükbaş hayvanda 2019 yılında 60551 ton/yıl, küçükbaş hayvanda 2019 yılında 483 ton/yıl ve kümes hayvanda 2016 yılında 722 ton/yıl olarak tespit edilmiştir. Hayvan sınıfına göre her yıl için, en yüksek biyokömür dönüşüm potansiyeli değerlendirmesi yapıldığında; tüm yıllarda büyükbaş hayvan atıkları biyokömür dönüşüm potansiyelinin yaklaşık % 98'ini oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ardahan, Atık gerikazanımı, Biyokömür, Hayvansal atık

DETERMINING THE POTENTIAL OF PRODUCTION BIOCHAR FROM ANIMAL WASTES OF ARDAHAN PROVINCE

Nesrin DURSUN^{1*}

¹Ardahan University, Department of Environmental Health, Ardahan, Turkey, nesrindursun@ardahan.edu.tr

Biochar has become the focus of researchers worldwide due to its properties of improving the soil (such as porosity, water holding capacity, pH, cation exchange capacity), increasing product efficiency and reducing greenhouse (CO₂, CH₄, N₂O) gas emissions. It is reported that various types of organic wastes are used for producing biochar. In this study, calculations were made based on the rates of the slow pyrolysis method due to the fact that the conversion rate of solid products obtained under different pyrolysis conditions was highest in the slow pyrolysis with 35%. This study determined the transformation potential of biochar, which could be obtained using animal wastes in Ardahan province, where intense animal production activities were carried out. It is important to know the amount of waste to perform a good waste management. In this context, the Livestock Statistics data of 2015, 2016, 2017, 2018 and 2019 obtained from the Turkish Statistical Institute were used. Waste amounts were identified by considering the number of bovine (dairy cattle), ovine (milk giving sheep and goat) and poultry (laying hen, turkey, goose and duck) to determine production potential of the biochar. In the study, while determining the types of animal waste, animal groups that were found/could be found in shelters for a short period of time were not considered since they were not sustainable. The potential of biochar conversion from animal waste in Ardahan for the years of 2015, 2016, 2017, 2018 and 2019 was calculated as 270210 tons according to the total of animal species with an annual average of 54042 tons/year. The conversion potential of biochar by years was determined as 53348 tons/year in 2015, 49915 tons/year in 2016, 51283 tons/year in 2017, 53964 tons/year in 2018, and 61700 tons/year in 2019. When the year with the highest biochar potential in five years according to the animal species was evaluated, the highest biochar potential in the animal species was determined as 60551 tons/year for bovine in 2019, 483 tons/year for ovine in 2019, 722 tons/year for poultry in 2016. When the highest biochar conversion potential assessment was made for each year according to the animal species; bovine wastes accounted for approximately 98% of the biochar conversion potential in all years.

Keywords: Ardahan, Waste recycling, Biochar, Animal waste

PEYNİR ALTI SUYUNUN MANYETİK NANOPARTİKÜL (MNP) İLE ARITILMASINDAN ELDE EDİLEN ÇAMURUN, GIDA VEYA YEM OLARAK KULLANIM POTANSİYELİ

Yusuf Esen¹, Mustafa Akgün², Rövsen Güliye³

¹Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü, yusufesen@ardahan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1173-0677>

²Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, mustafaakgun@ardahan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7172-1855>

³Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, rovsenguliyev@ardahan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-2396-8201>

Peynir altı suyu, süt endüstrisinden kaynaklanan büyük bir çevre kirliliği sorunu olup, etkili ve uzun vadeli bir çözüm gerektirmektedir. Büyük süt fabrikalarında çevresel etkiyi azaltmak için ultrafiltrasyon teknolojisi veya ısıl pıhtılaştırma yöntemleri benimsenmiş olsa da orta ve küçük ölçekli tesislerde bu teknolojiler ekonomik ve yerel nedenlerle uygulanabilir değildir. Bu çalışmada, Türkiye, Ardahan'da bulunan yerel peynir üreticilerinden temin edilen peynir altı suyu, çevresel etkisini en aza indirmek için MNP'lerle arıtılmış ve işlem sonucunda elde edilen protein çamurunun gıda ve yem endüstrisinde kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda MNP geri kazanımı yaklaşık %85 oranında gerçekleştiğinden diğer yaklaşık %15'lik kısım çamur içerisinde kalmıştır. Çok farklı metotlar denenmişse de geri kazanım oranı artırılmamıştır. Bu nedenle peynir altı suyu çamurunun protein oranı yaklaşık %0,6 olmasına rağmen, içerisinde kalan %15'lik MNP (Fe₃O₄) kısmının insan ya da hayvan beslenmesi açısından riskli bulunmasından dolayı gıda veya yem katkısı olarak kullanımına uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Her ne kadar belirli analizlerle, çamur içerisinde "Fe" iyonlarının konsantrasyonu belirlenebilir olsa da bu demir formu Türk Gıda Kodeksi Takviye Edici Gıdalar Tebliği'nde izin verilen formlar arasında bulunmamaktadır (T GK, 2013). Dolayısıyla MNP geri kazanımının %100 olması gerekmektedir. Ancak buna rağmen Fe₃O₄ formunun bitki ve hayvan beslemesinde kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalar bulunmakla birlikte bu çalışmalarda demir kaynakları bitkisel veya hayvansaldır. Yani çalışmamızda olduğu gibi kimyasal kaynaklı değildir. Bunun yanı sıra insan beslenmesi açısından incelendiği çalışmalar oldukça sınırlıdır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda MNP içeriğinin tamamının geri kazanılması için metotlar geliştirilmesi ve bu sayede çamurun protein kaynağı olarak kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Manyetik Nanopartikül, peynir altı suyu, arıtma, protein kaynağı

THE POTENTIAL USE OF SLUDGE OBTAINED FROM THE TREATMENT OF WHEY WITH MAGNETIC NANOPARTICLES (MNPS) AS FOOD OR ANIMAL FEED

Yusuf Esen¹, Mustafa Akgün², Rövsen Güliyev³

¹Ardahan University Technical Sciences Vocational School Food Processing Department, yusufesen@ardahan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1173-0677>

²Ardahan University Technical Sciences Vocational School Occupational Health and Safety Program, mustafaakgun@ardahan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7172-1855>

³Ardahan University Engineering Faculty Department of Environmental Engineering, rovsenguliyev@ardahan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-2396-8201>

Whey, originating from the dairy industry, poses a significant environmental pollution challenge, necessitating an effective and long-term solution. While large dairy factories have adopted ultrafiltration technology or thermal coagulation methods to reduce environmental impact, these technologies are not economically viable for medium and small-scale facilities due to local reasons. In this study, whey obtained from local cheese producers in Ardahan, Turkey, was treated with magnetic nanoparticles (MNPs) to minimize its environmental impact, and the potential use of the protein sludge obtained as a result of the process in the food and feed industries was evaluated. The study results revealed that MNP recovery was approximately 85%, leaving approximately 15% of the material in the sludge. Despite various methods being attempted, the recovery rate could not be increased. Therefore, it was concluded that the remaining 15% portion, consisting of MNP (Fe₃O₄), posed a potential risk for human or animal consumption, making it unsuitable for use as a food or feed additive. Although specific analyses can determine the concentration of "Fe" ions in the sludge, this form of iron is not among the permitted forms according to the Turkish Food Codex Regulation on Food Supplements (TGK, 2013). Therefore, achieving 100% MNP recovery is essential. Nevertheless, studies on the suitability of Fe₃O₄ for plant and animal nutrition exist, but these studies primarily involve plant-based or animal-based iron sources, rather than chemical sources, as in our study. Additionally, studies examining its suitability for human consumption are limited. Therefore, it is recommended that future research focuses on developing methods for the complete recovery of MNP content, allowing for the utilization of the sludge as a protein source.

Keywords: Magnetic Nanoparticle, whey, treatment, protein source

DÖNGÜSEL EKONOMİ ÇERÇEVESİNDE TÜRKİYE VE AB ÜLKELERİNDE ATIK YÖNETİM SÜRECİNİN İNCELENMESİ

Zeynep Ceylan¹, Dilek ÖZDEMİR², Faruk ŞAHİN³

¹Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, zceylan@atauni.edu.tr

²Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, pdilek@atauni.edu.tr, 04422312065, 0000-0002-8048-7730

³Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, faruksahin@atauni.edu.tr, 05443010052, 0000-0002-9708-9085

Sanayi devrimi insan nüfusunun hızlı bir şekilde artışında önemli bir dönüm noktası olarak görülmektedir. Bu döneme kadar olan üretimde hem günlük ihtiyaçlar karşılanabilirken hem de ticaret yapılabilir. Ancak insan nüfusunun hızlı artışı, ihtiyaçların çeşidinin ve miktarının da artmasına sebep olmaktadır. İhtiyaçların çeşit ve miktarındaki artışın karşılanabilmesi sanayi devrimi sonrası ortaya çıkan kitlesel üretim ile sağlanabilmektedir. Kitlesel üretim ile birlikte nüfus artışından kaynaklı talebin karşılanması sağlanmıştır ancak takip eden dönemde doğal kaynakların hızla tükenmesi, çevresel bozulmanın artması ve iklim değişikliği gibi olumsuz etkiler ortaya çıkmıştır. Çevresel bozulmanın göz ardı edildiği yalnızca ekonomik kâra odaklanan bu üretim modeline doğrusal ekonomi modeli denilmektedir. Doğrusal ekonomi modelinde hammaddeden atığa (doğal kaynak-üretim-tüketim-atık) doğru giden bir süreç işlenmektedir. Bu süreç doğal kaynakları azaltırken çevresel bozulmayı da hızla arttırdığı için küresel ısınmanın da en önemli sebeplerinden görülmektedir. Doğal kaynakların hızla tükenmesi, çevre bilincinin gelişmesi, üretim yöntemlerindeki teknolojik yenilikler sonucunda döngüsel ekonomi kavramı ortaya çıkmıştır. Döngüsel ekonomide temel amaç kar elde etmek değil doğal kaynağın verimli bir şekilde kullanıldığı, üretimde çevreye verilen zararın en aza indirildiği, üretim aşamasında ve tüketim sonrasında ortaya çıkan atıkların azaltıldığı ve yeniden değerlendirildiği bir üretim yapısını ifade etmektedir.

2015 yılında Avrupa komisyonu tarafından oluşturulan “Döngüsel Ekonomi için AB Eylem Planı” ‘nda AB üye ve aday ülkeleri için geri dönüşüm kapasitelerinin artırılması ve atık yönetiminin iyileştirilmesi gibi önemli hedefler koyulmuştur. Bu kapsamda atık yönetiminde ve geri dönüşümünde önemli gelişmeler yaşanmıştır ancak bu gelişmeler yeterli düzeye ulaşamamaktadır. Bu çalışmada Türkiye ve AB ülkelerindeki atık yönetim sürecinin incelenmesi amaçlanmıştır. AB üyesi ülkelerde geri dönüşüm oranı 2015 yılında %44,9 iken

2021 yılında %48,7 düzeyine çıkmıştır. Türkiye’de aynı yıllarda bu oran 9,2’den %12,3’e yükselmiştir. Bu oranlar Türkiye’nin atık geri dönüşüm alanındaki ilginin arttığını ancak olması gereken seviyelerin çok gerisinde kaldığını göstermektedir. Türkiye’de belediyeler tarafından toplanan atıkların bertaraf ve geri kazanım yöntemlerinden olan vahşi depolama alanlarına (Belediye çöplüğü) gönderilen atıkların, toplam atıklar içerisindeki payı 2020 yılı itibari ile yaklaşık %17 civarındadır. Bu da oluşturulan atıkların önemli bir kısmının hala çevreye zarar verici şekilde yönetildiğini göstermektedir. Döngüsel ekonomi hedeflerine ulaşma yolunda öncelikle atıkların kontrollü bir şekilde toplanıp çevreye etkisinin azaltılması daha sonra ise geri dönüşüm sektörlerine verilen desteklerin artırılması ile atıkların depolama sahasına varmadan azaltılması ile kaynak verimliliği ve ekonomik etkinlik sağlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Atık Yönetimi, Döngüsel Ekonomi, Atık Geri Dönüşümü

INVESTIGATION OF WASTE MANAGEMENT PROCESS IN TURKEY AND EU COUNTRIES WITHIN THE FRAMEWORK OF CIRCULAR ECONOMY

Zeynep Ceylan¹, Dilek ÖZDEMİR², Faruk ŞAHİN³

¹Atatürk University Department of Environmental Engineering, zceylan@atauni.edu.tr

²Atatürk University Faculty of Economics and Administrative Sciences, pdilek@atauni.edu.tr, 04422312065, 0000-0002-8048-7730

³Atatürk University Faculty of Economics and Administrative Sciences, faruksahin@atauni.edu.tr, 05443010052, 0000-0002-9708-9085

The industrial revolution is seen as an important turning point in the rapid increase in the human population. In production until this period, both daily needs could be met and trade could be carried out. However, the rapid increase in the human population leads to an increase in the variety and quantity of needs. The increase in the variety and quantity of needs can be met through mass production that emerged after the industrial revolution. With mass production, the demand arising from population growth has been met, but in the following period, negative effects such as the rapid depletion of natural resources, increased environmental degradation and climate change have emerged. This production model, which focuses only on economic profit while ignoring environmental degradation, is called the linear economy model. In the linear economy model, a process that goes from raw materials to waste (natural resource-production-consumption-waste) is processed. This process is seen as one of the most important causes of global warming as it rapidly increases environmental degradation while reducing natural resources. As a result of the rapid depletion of natural resources, the development of environmental awareness and technological innovations in production methods, the concept of circular economy has emerged. The main purpose of the circular economy is not to make a profit, but to use natural resources efficiently, minimize the damage to the environment in production, reduce and reuse the wastes generated during the production phase and after consumption.

In 2015, the "EU Action Plan for the Circular Economy" established by the European Commission set important targets for EU member and candidate countries such as increasing recycling capacities and improving waste management. In this context, there have been significant developments in waste management and recycling, but these developments cannot reach a sufficient level. This study aims to examine the waste management process in Turkey and EU countries. While the recycling rate in EU member

countries was 44.9% in 2015, it increased to 48.7% in 2021. In Turkey, this rate increased from 9.2% to 12.3% in the same years. These rates show that Turkey's interest in waste recycling is increasing, but remains far behind where it should be. The share of waste sent to wild landfills (municipal dumpsites), which is one of the disposal and recovery methods of waste collected by municipalities in Turkey, in total waste is around 17% as of 2020. This shows that a significant portion of the waste generated is still managed in an environmentally damaging way. In order to achieve circular economy targets, resource efficiency and economic efficiency should be ensured by first collecting waste in a controlled manner and reducing its impact on the environment, and then reducing waste before it reaches the landfill by increasing the support given to the recycling sectors.

Keywords: Waste Management, Circular Economy, Waste Recycling

ARTVIN İLİ'NİN İKLİM VE ENERJİ ANALİZİ

Arda ÖZTÜRK¹, Gökhan ÖMEROĞLU²

¹Atatürk Üniversitesi Yüksek Lisans Öğrencisi, 05070509085, 0009-0007-3012-9787

²Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, gomeroglu@atauni.edu.tr

Ülkelerin gelişmesi, nüfusun artması, sanayi ve endüstrinin keşfedilmesi ve insanların hammadde ihtiyacından dolayı enerjiye duyulan ihtiyaç artmaktadır. Bu ihtiyaçların karşısında doğal kaynaklar yetersiz kalmaya başlamış ve insanların bu kaynakları bilinçsizce tüketmesi çevre kirliliği sorununu ortaya çıkarmıştır. Bu kirlilik ve fosil yakıtların kontrolsüz kullanımı dünyanın en büyük sorunu olan küresel ısınmaya sebep olmuştur. Küresel ısınmanın en büyük etkilerinden biri iklimin değişikliğidir.

İnsanlar hayatta kalabilmek için iklim şartlarına uyum sağlamaya çalışmaktadır. İklimle birebir uyum içerisinde yaşamak için sıcak iklimlerin soğutulması buna paralel olarak soğuk iklimlerin ısıtılması en temel ihtiyaçtır. Enerji bir sistemin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmakta olup aynı zamanda dünyada yenilenebilir ve yenilenemez enerji olarak ikiye ayrılmaktadır. Yenilenebilir enerji fosil yakıtlara göre çevreye daha az zararı olan alternatif enerji kaynakları arasına girmektedir.

Türkiye'nin 8. İli olan Artvin; yazları sıcak, kışları soğuk ve kar yağışlı, ilkbahar ve sonbahar da yağışları yoğun olan ve dört mevsimi olması gerektiği gibi geçiren coğrafyaya sahiptir. Bundan dolayı Artvin ilinin yenilenebilir enerji potansiyelinin yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada 1970-2020 yılları arası Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan değerler ile enerji analiz yöntemlerinden derece-gün uzun iklim verileri kullanılmıştır. Bu analiz yapılırken, aylık kar yağışlı günler sayısı, aylık donlu günler sayısı, aylık ortalama bulutluluk, aylık ortalama açık günler sayısı, aylık ortalama günlük toplam güneşlenme şiddeti, aylık ortalama kapalı günler sayısı, aylık toplam güneşlenme süresi ve aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarda yağış miktarları ile karlı örtülü gün sayısında azalma ve güneşlenme sürelerinde artma olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji Analizi, Derece-Gün

CLIMATE AND ENERGY ANALYSIS OF ARTVIN PROVINCE

Arda ÖZTÜRK¹, Gökhan ÖMEROĞLU²

¹Atatürk University Institute of Science and Technology, 0009-0007-3012-9787

²Ataturk University Faculty of Engineering, gomeroğlu@atauni.edu.tr

The need for energy is increasing due to the development of countries, the increase in population, the discovery of industry, and people's raw material requirement. Natural resources have become insufficient in the face of these needs, and people's unconscious consumption of these resources has revealed the problem of environmental pollution. This pollution and the uncontrolled use of fossil fuels have caused global warming, the world's biggest problem. One of the biggest effects of global warming is climate change.

Humans try to adapt to climatic conditions in order to survive. In order to live in one-to-one harmony with the climate, cooling of hot climates and heating of cold climates is the most basic need in parallel. Energy is defined as the ability of a system to do work, and it is also divided into two in the world: renewable and non-renewable energy. Renewable energy, which is among the alternative energy sources are less harmful to the environment than fossil fuels.

Artvin, which is the 8th province of Turkey, has a geography with hot summers, cold and snowy winters, heavy rainfall in spring and autumn, and spending the four seasons as they should. Therefore, it is thought that the renewable energy potential of Artvin province is high. In this study, the values taken from the Regional Directorate of Meteorology between 1970-2020 and degree-day-long climate data from energy analysis methods were used. While making this analysis, monthly number of snowy days, monthly frosty days, monthly average cloudiness, monthly average number of clear days, monthly average daily total sunshine intensity, monthly average number of closed days, monthly total sunshine duration and monthly total precipitation data have used. In the results obtained, it has determined that there is a decrease in the amount of precipitation and the number of days covered with snow, and an increase in the duration of sunshine.

Keywords: Energy, Analysis, Degree-Day

TIBBİ ATIKLARIN TOPLANMASI, TAŞINMASI VE BERTARAFINDA İSTANBUL ÖRNEĞİ

Burcu TAŞKINOĞLU

İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, Atık Yönetimi Şube Müdürlüğü, burcu.taskinoglu@ibb.gov.tr

Tıbbi Atıkların Toplanması, Taşınması

İstanbul'da tıbbi atıklarının toplanması, taşınması ve bertarafı hizmeti, 29959 sayılı 25.01.2017 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği doğrultusunda yürütülmektedir. Sağlık kuruluşlarında Yönetmelik gereğince diğer atıklardan ayrı toplanmış tıbbi atıklar, bu iş için eğitilmiş, özel iş kıyafetleri ile muhafazası sağlanmış personelle toplanıp, bu işe uygun araçlarla toplanmakta, taşınmakta ve bertaraf tesislerinde bertaraf edilmektedir.

İstanbul'da tıbbi atık toplama hizmeti verilen sağlık kuruluşu sayısı 10.009 adettir. Bunların 251 tanesi hastane olup, diğerleri tıbbi atık üreten muayenehaneler, poliklinikler, tıp merkezleri, laboratuvarlar vb. yataksız sağlık kuruluşlarıdır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından hastane sayısı olarak Türkiye genelinin yaklaşık %20'sine ve tıbbi atık miktarı olarak ise %25'ine hizmet verilmektedir.

Tıbbi atık toplama, taşıma ve bertarafı hizmeti, 195 personel ve 64 adet lisanslı ve Yönetmelikte belirtilen şartları sağlayan tıbbi atık aracı ile Avrupa Yakasında Eyüpsultan ve Kırcaç, Asya Yakasında Hekimbaşı ve Küçükbakkalköy olmak üzere dört ayrı lokasyondan yürütülmektedir.

Tıbbi atıkların sağlık kuruluşlarından toplanması ve bertaraf tesislerine taşınması işlemleri, optimum şekilde iş emirlerinin oluşturulması amacıyla belli bir rota optimizasyon çalışması ile sağlanmaktadır. Avrupa ve Asya yakasında toplamda 98 adet rota oluşturulmuştur. Rota dışında gelen acil telefon ve mailler olduğunda müdahale edilerek tıbbi atıklar programa dahil edilmekte ve alınması sağlanmaktadır. 2022 yılında İstanbul'da 34.401 ton (günde yaklaşık 86 ton) tıbbi atık toplanmıştır.

Tıbbi atık miktarlarının kayıt altına alınması, yıllık atık beyanı ve kütle-denge bildirim işleri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Entegre Çevre Bilgi Sistemi (EÇBS) içinde oluşturmuş olduğu Atık Yönetim Uygulaması (Atık Beyan Sistemi (TABS) / Mobil Atık Takip Sistemi (MoTAT) / Kütle Denge Sistemi (KDS)) üzerinden online olarak yapılmaktadır.

Tıbbi Atıkların Bertarafı

Odayeri Atık Yakma Tesisi

İBB sınırları içinde tıbbi atık üreten sağlık kuruluşlarının tıbbi atıkları özel tıbbi atık araçları ile toplanmakta ve tıbbi atıkların bir kısmı 1995 yılında faaliyete başlayan ve kapasitesi 24 ton/gün olan Odayeri Atık Yakma Tesisinde bertaraf edilmektedir.

İBB Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi

2013 yılında faaliyete başlayan İBB Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi'nin (Şekil 8) kapasitesi 6 ton/saattir (144 ton/gün).

Toplanan tıbbi atıkların diğer bir kısmı ise, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin "*Tanımlar*" alt başlıklı 4. Maddesinde belirtilen özelliklere sahip enfeksiyon yapıcı atıklar ile kesici-delici atıkları içerecek şekilde, sterilizasyon işlemine tabi tutularak zararsız hale getirilmektedir ve zararsız hale getirilen bu atıklar 26.03.2010 tarihli ve 27533 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelikte tanımlanan II. Sınıf Düzenli Depolama Alanlarında depolanarak bertaraf edilmektedir.

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin "*Enfeksiyon Yapıcı Atıkların Sterilizasyonu*" başlıklı 17. Maddesi gereği sterilizasyon işlemine tabi tutulacak atıkların içinde herhangi bir kimyasalla muamele görmüş patolojik atıklar ile uçucu ve yarı uçucu organik maddeler ve cıva başta olmak üzere kimyasal maddeler, genotoksik/sitotoksik ajanlar, radyolojik atıklar ve basınçlı kaplar bulunmaması gerekmektedir.

Tıbbi Atık Protokolü ve Tıbbi Atıkların Ücretlendirilmesi

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği doğrultusunda İstanbul'da her yıl bir sonraki yıla ait tıbbi atık bertaraf ücretleri İl Mahalli Çevre Kurulu (İMÇK) Kararı ile belirlenmektedir.

Tıbbi atık bertaraf ücretini hastaneler tartılan atık miktarına, diyaliz merkezleri toplam seans miktarına göre öderken hastaneler ve diyaliz merkezleri dışında tıbbi hizmet veren diğer tüm sağlık kuruluşları yıllık aidat usulü ödemektedirler.

Sağlık kuruluşları Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği gereğince tıbbi atık toplama-taşıma ve bertaraf hizmeti veren Belediye ile tıbbi atık protokolü yapmak zorundadır. Bu doğrultuda; sağlık kuruluşları İBB online tıbbi atık uygulaması üzerinden başvurularını yapmakta, tıbbi atık aidat ücretlerini ödemekte ve tıbbi atık kabul belgelerini online sistemden e-imzalı bir şekilde indirebilmektedir.

Tıbbi Atık Kontrolleri

Tıbbi atık hizmeti verilen sağlık kuruluşlarına Belediyemiz ekiplerince düzenli olarak ziyaretler gerçekleştirilmektedir. Bu ziyaretlerde; tıbbi atık toplanması-taşınması ve bertarafı işinin sağlık kuruluşlarından başlayarak sahada Yönetmelikte belirtilen kriterlere uygun yürütülüp yürütülmediği kontrol edilmekte olup, iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Ayrıca, tespit edilen uygunsuzluklar yetkili kurumlara bildirilmektedir.

AKILLI ŞEHİRLER

Günay Kocasoy

Başkan, Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi, İstanbul, Türkiye,
kocasoy@retired.boun.edu.tr

Tüm dünyada çevre sorunları gündemin en önemli sorunları arasında yer almaktadır. Kuraklık, doğal kaynakların yok olması, katı atıklardan ve atıksulardan çevrenin ve denizlerin kirlenmesi, çarpık kentleşme, ekolojik dengenin bozulması sonucu yaşanan iklim değişikliği. Bütün bu olumsuzluklar ise şüursuzca artan nüfus yoğunluğu, teknolojik gelişmeler, toplumun tüketim alışkanlıklarının değişimi ve gerek kırsal alanlardan ve gerekse başka ülkelerden yoğun bir şekilde kentlere oluşan göçlerden kaynaklanmaktadır. İkinci Dünya Savaşından sonra doğal kaynakların ve doğanın korunmasına özen gösterilmeden, hiçbir önlem alınmadan süratli ve sürekli olarak sanayileşme çabalarına girilmiş, sanayi devriminin gerçekleşmesi sağlanmıştır. Yeni teknolojilerin geliştirilmesi, dolayısı ile ülkelerin ekonomileri gittikçe güçlenirken şehirler hava kirliliği, su kirliliği, evsel ve tehlikeli atık kümeleri/yığınakları, iklim değişikliği ve orman ve yeşil alanların yok olması ile karşı karşıya kalmıştır. Ancak bütün bu olumsuzluklara neden olan en önemli faktörün bütün faaliyetlerimizin plansız ve de faaliyetlerimizin olumsuz etkilerinin gözardı edilerek gerçekleştirilmesi, şehirlerimizi betonlaştırarak çarpık kentleşmeyi yaratmış olmamızı gözardı etmiş olmamızdır..

Çevre sorunlarının dünyayı tehdit eden boyutlara ulaşması, toplumların özellikle Z kuşağı olarak adlandırılan gençliğin baskısının sürekli olarak artması sonunda yetkililer gezegenimizin sürdürülebilirliği için bu önemli soruna çözüm arayışına girmişlerdir. Bu alanda yapılacak çalışmalar sadece bir konu üzerinde değil birçok konu üzerinde yoğunlaşmak zorundadır. Dünya nüfusunun yüzde 69-70'inin şehirlerde yaşadığı bilinmekte, 2050 yılında ise 9.5 milyara ulaşacağı tahmin edilen bu nüfusun yüzde 75'inin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Bu durum ise şehirler taşıma kapasitelerinin çok üzerinde bir nüfus yoğunluğu ile karşı karşıya kalacak, bölgesel ve merkezi yöneticileri sadece fiziksel çevre sorunları ile değil, oluşacak göçlerden kaynaklanan sosyo-ekonomik sorunlarla da mücadele etmek zorunda kalacaklardır.

Değişik ülkelerin yetkilileri şehirleri sürdürülebilir bir geleceğe hazırlamak için bazı önlemleri planlanmaya ve uygulanmaya başlamışlardır. Bu şehirler için “çevre dostu şehirler”, sürdürülebilir şehirler” ve “akıllı şehirler” gibi değişik terminolojiler kullanılmaktadır. Ülkeler gönüllü olarak belli sürelerde şehirlerindeki çevre kirliliğinin azaltılması konusunda hedefler belirleyerek ilan etmektedirler. Hava kalitesi, atık kirliliği, gürültü kirliliği, doğa ve biyo

çeşitliliği, iklim değişikliği, şehir alanlarının sürdürülebilirliğe uygun olarak kullanımı, enerji performansı, yeşil alanların artırılması, çevre dostu faaliyetlerin, yönetimin ve sürdürülebilir göç hareketlerinin planlanması, karbon emisyonlarının azaltılmasını hedefledikleri çevre kirlilikleri arasında yer almaktadır. Ülkeler 2030 ve 2050 yılları için hedefledikleri karbon emisyonlarının azaltılma miktarlarını beyan etmiş, “beşiktenden mezara” prensibi “beşikten beşiğe” prensibi olarak değiştirilmiş böylece “doğrusal ekonomi”den “ döngüsel ekonomi”ye dönüş yapılmıştır.

Finlandiya’da nüfusu 120 000 olan Lahiti şehrinin yetkilileri karbon emisyonundaki azaltma hedeflerini 1990 yılındakinin yüzde 90 mertebesinde azaltmayı ve 2050 yılında tamamiyle nötr karbon emisyonuna ulaşmayı hedeflemektedirler. Yetkililer toplumları döngüsel ekonomi uygulaması ve toplumun gidecekleri yere yürümelere, bisiklet ve/veya toplu taşıma vasıtaları kullanmalarını teşvik ederek “sıfır atık” hedefine ulaşmayı planlamaktadırlar. Lahiti şehrinin belirlediği hedef Finlandiyanın belirlediği hedeften 10 yıl, AB’nin hedeflediğinden ise 25 yıl daha öndedir. Lahiti şehri bu faaliyetlerinden ötürü “Avrupa Yeşil Başkent (kapital) Ödülü” ile taçlandırılmıştır.

Tebliğde şehirlerin renovasyonu, Amsterdam, San Francisco, Reykjavik ve Cape Town gibi doğa ostu şehirlerin kurulması için uygulanan kriterler ve sürdürülebilirlik için gerekli planların hazırlanması ve uygulanması için uluslararası kuruluşlar tarafından yapılan finans destekleri detaylı olarak açıklanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı şehirler beşikten beşiğe prensibi. çevre dostu şehirler, enerji performansı, karbon emisyonu

SMART CITIES

Günay Kocasoy

President, Turkish National Committee on Solid Wastes, İstanbul, Türkiye,
kocasoy@retired.boun.edu.tr

Due to the increase in the population, development of technology, changing the consumption behavior of people and the massive immigration both from the rural areas to cities as well as from the other countries caused the deterioration of the environment extensively. After the World War II, industrialization activities had been continuously performed without taking any precaution for the protection of environment, prevention of pollution and preservation of natural resources. While the new technologies had been developing and the economy of the countries had been growing, all the cities had been suffering from heavy air pollution, water pollution, climate change and mountains of waste-municipal and hazardous—and deforestation

Experiencing the environmental disasters and the indications of the threat for the world and the pressure of the demand of the community especially of the Generation Z, the authorities of the countries started to look for solution for this global problem for the sustainability of the planet. At this combat the authorities should focus not only on one issue, but on many different issues. They have observed that almost 69-70 percent of the world population is living at the cities. It is estimated that the world population will be almost 9.5 billion and 75 per cent of it will be living at cities at 2050. This indicates that cities will be very crowded and both the central and the regional authorities will combat not only with the physical environmental problems, but also with the social-economic-adaptation problems of the immigrants

Authorities of the countries decided to plan and apply some necessary precautions to prepare the cities to be sustainable at future. The terminologies such as “environmentally friendly cities”, “sustainable cities” and “smart cities” are used for these cities. The countries declared their targets for the reduction of pollution at their cities voluntarily. Among combatting with the issues such as air quality, water quality, waste, noise, nature and biodiversity, climate change, sustainable usage of the areas, energy performance, green growth and environmentally friendly innovation, administration and sustainable mobility plans of immigrants, the authorities have been mostly focusing on the reduction of the carbon emissions. Countries have been declaring their targets for the reduction of carbon emissions for the years 2030 and 2050. The principle “cradle to grave” has been also abandoned and replaced with the principle “from cradle to cradle”. In other words, switching from “linear economy” to “circular economy” has been emerged.

As an example, the authorities of Lahti – a city with a population of 120 000 at Finland- declared their target as 90 percent reduction of the green gas emissions from the value of the year 1990 and will have neutral carbon at 2050. They are targeting to realize the “zero waste” by the application of circular economy and apply the sustainable transportation by encouraging people to walk, to ride bicycles, to ski and use public transportation, etc. The targets of Lahti are 10 years ahead of the target of Finland and 25 years ahead of EU. Lahti was crowned with the “Europe Green Capital Award” .

At the final manuscript criteria and features for the renovation of the cities, plans to be made for the construction of sustainable cities and the commitments made by the authorities of eco-friendly cities of the world such as Amsterdam, San Francisco, Reykjavik, Cape Town will be presented in detail

Key Words: carbon reduction, cradle to cradle, energy performance, environmentally friendly cities, smart cities, sustainable cities

BÖLGESEL BAZDA KARAÇI ŞEHRİNİN (PAKISTAN) BELEDİYE KATI ATIKLARIN KARAKTERİZASYONU

Taliye Bulut Ahmad¹, Tuba Hande Ergüder², Ayşegül Aksoy³

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara, bulut.taliye@metu.edu.tr

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara, etubahan@metu.edu.tr, ORCID:0000-0002-9669-171X

³Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara, aaksoy@metu.edu.tr, ORCID:0000-0003-0099-348X

Etkili bir katı atık yönetiminin tasarlanması, üretilen katı atık miktarının tayini ve karakterizasyonu ile başlar. Uygun şekilde yönetilmesi gereken belediye katı atıklarının üretimi, dünyanın farklı şehirlerinde 0,11 kg/kişi.gün ile 4,54 kg/kişi.gün arasında değişmektedir. Gelişmekte olan diğer birçok ülke gibi Pakistan da katı atık yönetiminde önemli zorluklarla karşılaşmaktadır. Yaklaşık 87.000 ton/gün miktarında katı atık, halk sağlığı ve çevrenin korunması için ve sürdürülebilir kalkınma için işlenmelidir. Pakistan'daki kentsel alanların yaklaşık %43-%60'ında atık toplama hizmetlerine erişimi vardır. Sera gazı emisyonlarına ve yanlış atık yönetimi ile ilgili diğer sorunlara katkıda bulunan vahşi depolama, birincil atık bertaraf yöntemidir. Sürdürülebilir bir atık yönetimi programı geliştirmek için ele alınması gereken zorluklar arasında güvenilir atık üretimi ve bileşimi verilerinin olmaması, yetersiz ve güncelliğini yitirmiş yasal ve düzenleyici mevzuat, yetersiz ekipman ve sınırlı teknik kapasite yer almaktadır. Diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, atığın ve kompost ve biyogaz gibi yan ürünlerinin yararlı kullanımını ve ekonomik potansiyelini en üst düzeye çıkaracak teknolojileri kullanma isteği vardır.. Bununla birlikte, atık türlerinin doğru bir şekilde ölçülmesi ve karakterizasyonu, etkili bir atık yönetimi programı tasarlanmasının ilk adımlarıdır. Ek olarak, katı atığın bileşiminin değerlendirilmesi, kompostlama için uygunluğunu ve biyogaz ve enerji üretimi potansiyelini belirlemek için kritik önem taşır. Bu çalışmada, daha iyi bir katı atık yönetimi için potansiyel yöntemler hakkında bilgi sağlamak amacıyla Pakistan'ın Karaçi kentindeki farklı bölgelerindeki çöplük alanlarından toplanan belediye katı atıklarının bileşimleri değerlendirilmiştir. Çok sayıda alt kategoriye ayrılan atıklar daha sonra genel sınıflara atanmıştır. Kompozisyonlardaki bölge bazındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bileşimlerde ve fiziksel özelliklerde önemli farklılıklara işaret etmiştir.

Anahtar Kelimeler: belediye katı atığı, atık karakterizasyonu, atık üretimi

DISTRICT-WISE MUNICIPAL SOLID WASTE CHARACTERIZATION IN KARACHI CITY (PAKISTAN)**Taliye Bulut Ahmad¹, Tuba Hande Ergüder², Ayşegül Aksoy³**

¹Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800 Ankara, bulut.taliye@metu.edu.tr

²Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800 Ankara, etubahan@metu.edu.tr, ORCID:0000-0002-9669-171X

³Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, 06800 Ankara, aaksoy@metu.edu.tr, ORCID:0000-0003-0099-348X

Designing effective solid waste management starts with the quantification and characterization of the solid waste produced. The production rate of municipal solid waste, which must be managed properly, varies between 0.11 kg/person.day and 4.54 kg/person.day in different cities of the world. Like many other developing nations, Pakistan also encounters significant challenges in solid waste management. Approximately 87,000 tonnes/day of waste needs handling for public health and environmental protection. About 43%-60% of urban areas have access to waste collection services in Pakistan. Open dumping is the primary waste disposal method, contributing to greenhouse gas emissions and other problems related to improper waste handling. Lack of reliable waste generation and composition data, deficient and outdated legal and regulatory framework, inadequate equipment, and limited technical capacity are among the challenges that should be addressed to develop a sustainable waste management program. As for other developing countries, there is a will to adopt technologies to maximize beneficial usage and economic potential of waste and its byproducts, such as compost and biogas. However, accurate quantification and characterization of waste types are the initial steps for designing an effective waste management program. Additionally, assessing the composition of solid waste is vital for determining its suitability for composting and its potential for biogas and energy production. In this study, the compositions of municipal solid waste collected from dumping sites in different districts of Karachi City in Pakistan were evaluated to provide insight into potential methods for better solid waste management. Wastes divided into several subcategories were then assigned to general classes. District-wise differences in compositions were evaluated. Results pointed out important differences in the compositions and physical properties.

Keywords: municipal solid waste, waste characterization, waste generation

LABORATUVARLARDA ATIK YÖNETİMİ İÇİN İZLENECEK YOL

Duygu Totur Pamık¹, Ayşe Filibeli²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, 35390 Buca, İzmir, Türkiye, duygu.totur@deu.edu.tr, 0000-0003-1411-3500

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, 35390, Buca, İzmir, Türkiye, ayse.filibeli@deu.edu.tr, 0000-0003-2475-7246

İnsan sağlığına ve çevreye tehdit oluşturabilecek en önemli atık kaynaklarından bir tanesi laboratuvar atıklarıdır. Laboratuvarlarda çok çeşitli türlerde analiz yapılmakta ve çok fazla sayıda analiz metodu uygulanmaktadır, dolayısıyla da çok farklı türlerde atık meydana gelmektedir. Bir laboratuvarda ilgili yönetmeliklere göre atık yönetim planı oluşturmak çok önemlidir. Her laboratuvarda mutlaka atık sorumlusu belirlenmelidir. Bu sorumlu atık yönetim sistemindeki tüm aşamaları uygun bir şekilde uygulamak, organize etmek ve denetlemekten sorumludur. Atık yönetimindeki ilk basamak atıkları uygun bir şekilde sınıflandırmaktır. Laboratuvar atıkları kimyasal, biyolojik ve radyoaktif olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir [1]. 2 Nisan 2015 tarihli, 29314 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Atık Yönetimi Yönetmeliğine göre atıklar önce sınıflandırılarak uygun kodlama yapılmalı ve kodlama yapılan etiket ilgili atığın konulduğu kaba yapıştırılmalıdır. Daha sonra atıklar, laboratuvara tahsis edilmiş geçici depolama alanına götürülmelidir. Geçici depolama alanındaki atıkların geri kazanımı ve bertarafı için, bakanlık tarafından lisans verilmiş, yetkili firmalarla sözleşme imzalanması zorunludur [2]. Tüm bu işlemlerin yanısıra, en önemli konu laboratuvarda oluşan atığı azaltmaktır. Daha az atık oluşturmak için kullanılacak yöntemlerle ilgili laboratuvar sorumlularının ilgili eğitimleri vermesi gerekmektedir. Ayrıca kimyasalları satın alırken daha az tehlikeli kimyasalların seçilmesi, eğer ki tehlikeli kimyasalların kullanılması şart ise daha az miktarlarda satın alınması gerekmektedir [3]. Laboratuvarda bulunan tüm personelin insan sağlığına ve çevreye en az zarar verecek şekilde hareket etmesi, tüm analiz basamaklarını bu bilinçle yapması, ilgili yönetmelik ve prosedürlerdeki talimatları uygulaması elzemdir.

Bu bildiri kapsamında laboratuvarlarda atık yönetimi uygulamalarına örnekler verilerek detaylı bir şekilde tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Laboratuvar, Atık Yönetimi, Tehlikeli atık

THE WAY TO FOLLOW FOR WASTE MANAGEMENT IN LABORATORIES

Duygu Totur Pamık¹, Ayşe Filibeli²

¹Dokuz Eylül University, Department of Environmental Engineering, Tınaztepe Campus, 35390 Buca, İzmir, Türkiye, duygu.totur@deu.edu.tr, 0000-0003-1411-3500

²Dokuz Eylül University, Department of Environmental Engineering, Tınaztepe Yerleşkesi, 35390, Buca, İzmir, Türkiye, ayse.filibeli@deu.edu.tr, 0000-0003-2475-7246

One of the most important waste sources that may pose a threat to human health and the environment is laboratory waste. Many different types of analyzes are performed in laboratories and many analysis methods are applied, resulting in many different types of waste. It is very important to create a waste management plan in a laboratory according to relevant regulations. A waste manager must be determined in every laboratory. This responsible person is responsible for properly implementing, organizing and supervising all stages in the waste management system. The first step in waste management is to classify waste appropriately. Laboratory waste can be divided into three classes: chemical, biological and radioactive [1]. According to the Waste Management Regulation published in the Official Gazette No. 29314 dated April 2, 2015, wastes must first be classified and appropriate coding must be done and the coded label must be pasted on the container where the relevant waste is placed. The waste should then be taken to the temporary storage area allocated to the laboratory. For the recovery and disposal of waste in temporary storage areas, it is mandatory to sign a contract with authorized companies licensed by the ministry [2]. In addition to all these processes, the most important issue is to reduce the waste generated in the laboratory. Laboratory managers must provide relevant training on the methods to be used to create less waste. In addition, when purchasing chemicals, less hazardous chemicals should be chosen, and if hazardous chemicals must be used, they should be purchased in smaller quantities [3]. It is essential that all personnel in the laboratory act in a way that will cause the least harm to human health and the environment, carry out all analysis steps with this awareness, and follow the instructions in the relevant regulations and procedures. In this study, waste management practices in laboratories will be discussed in detail.

Keywords : Laboratory, Waste Management, Hazardous Wastes