



ÇEVRE BİLİM VE TEKNOLOJİ

ISSN: 1302-5627 Cilt: 3

TEKNİK DERGİ

Sayı: 3

Kasım 2018



tmmob çevre mühendisleri odası

www.cmo.org.tr

Merhaba

Akademisyenlerin, öğrencilerin ve çevre alanındaki bilimsel, teknolojik gelişmeler ile ilgili kişi ve kurumların yakından takip ettiği hakemli bilimsel dergimiz "Çevre, Bilim ve Teknoloji" (ÇBT) dergisinin bir sayısını daha sizlerle buluşturmaktan mutluluk duyuyoruz.

Çevresel bilim ve teknolojinin her geçen gün çeşitlendiği ve geliştiği günümüzde, bu sürece katkı vermek ve halkımızı bilimsel bilgi ile buluşturmak Oda Yönetim Kurulumuzun temel hedefleri arasındadır. ÇBT'nin yayımlanmasında katkı veren tüm akademisyenlere, kişi ve kurumlara teşekkür ediyoruz.

Saygılarımızla,

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası 14. Dönem Yönetim Kurulu

Oda Adına Derginin Sahibi
Dr. Baran BOZOĞLU

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Kumru KOCAMAN

Editörler:
Doç. Dr. Efsun DİNDAR
Dr. Baran BOZOĞLU

Yayın kurulu:
Doç. Dr. Efsun DİNDAR
Uludağ Üniversitesi
Dr. Baran BOZOĞLU
Türk Akreditasyon Kurumu
Doç. Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Sema ARIMAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Dr. Ertan ÖZTÜRK
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Yayın İdare Merkezi
TMMOB Çevre Mühendisleri Odası
Hatay Sok. No: 24/17 Kızılay/ANKARA
Telefon: 0312 419 80 71
E-posta: cbt@cmo.org.tr

HAKEM LİSTESİ

Prof.Dr.A.Cemal SAYDAM

Prof.Dr.Ayşenur UĞURLU

Prof.Dr.Bülent TOPKAYA

Prof.Dr.Çağatay GÜLER

Prof.Dr.Filiz B.DİLEK

Prof.Dr.Gülfem BAKAN

Prof.Dr.H.Savaş AYBERK

Prof.Dr.Necdet ALPASLAN

Prof.Dr.Nesrin ALGAN

Prof.Dr.Nuri AZBAR

Prof.Dr.Aykan KARADEMİR

Prof.Dr.Azize AYOL

Prof.Dr.Deniz DÖLGEN

Prof.Dr.Feza KARAER

Prof.Dr.İpek İMAMOĞLU

Prof.Dr.Güray SALİHOĞLU

Prof.Dr.F.Olcay TOPAÇ ŞAĞBAN

Doç.Dr.Altunay PERENDECİ

Doç.Dr.Nadir DİZGE

Doç.Dr.Emre Burcu GÜNGÖR

Doç.Dr.Selnur UÇAROĞLU

Dr.Öğr.Üyesi Aşkın BİRGÜL

Dr.Öğr.Üyesi Ahmet AYGÜN

Dr.Öğr.Üyesi Berna KIRIL MERT

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası tarafından yılda iki kez Türkçe olarak basılır. Dergide yer alan eserlerin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.
Dergide yer alan eserlerin yayın hakkı TMMOB Çevre Mühendisleri Odası'na aittir.

ISSN: 1302-5627

İÇİNDEKİLER

Araştırma Makalesi

DÖKÜM ENDÜSTRİSİ ATIKLARININ BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

Zeynep ÇAKIR, Güray SALİHOĞLU

1

Derleme Makale

MİKROBİYAL BİYOPOLİMERLER: POLİHİDROKSİALKANOATLARIN BİYOPLASTİK ÜRETİMİNDE KULLANIMI ÜZERİNE GENEL DEĞERLENDİRME

Emine Çokgör, İlke Pala Özkök, Diğdem Güven, Gülsüm Emel Zengin, Didem Okutman Taş, Nevin Yağcı, Nilay Sayı Uçar, Gökşin Özyıldız, Güçlü İnel

21

Araştırma Makalesi

BURSA İLİ DENİZ KIYILARININ MİKROBİYOLOJİK KİRLİLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Berrak EROL NALBUR, Arzu TEKSOY, Aslıhan KATİP

53

Araştırma Makalesi

OTOMOTİV YAN SANAYİ SEKTÖRÜ ÇALIŞANLARININ MARUZ KALDIĞI İÇ ORTAM GÜRÜLTÜ DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Gizem Kavalcı, Dilek Bolat, Halil Çelik, Nilgün Akbulut Çoban, Kadir Gedik

68

Derleme Makale

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE TEMİZ ÜRETİM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Emrah ÖZTÜRK, Pınar HASANOĞLU ÖZTÜRK, Ertaç TANAÇAN, Cihan ÖZGÜR, Mustafa KARABOYACI, Mehmet KİTİŞ

79

Araştırma Makalesi

ACARLAR GÖLÜ LONGOZ ORMANI SULAK ALANINDA EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN KIYMETLENDİRİLMESİ

Dr. Asiye DÜŞÜNCELİ, Fuat BUDAK

108



Araştırma Makalesi

DÖKÜM ENDÜSTRİSİ ATIKLARININ BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

Zeynep ÇAKIR, Güray SALİHOĞLU¹

¹ Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
16059, Bursa, Türkiye, Tel:0-224-2942120, Faks:0-224-4429148

gurays@uludag.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, döküm endüstrisi imalat süreci incelenmiş, oluşan atık türleri belirlenmiş, oluşan atıkların beton üretiminde geri kazanım potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Cüruf, atık döküm kumu ve filtre tozu atıkları farklı oranlarda uygulanarak TS EN - 206 Beton Standardında beton numuneleri hazırlanmış ve 28 günlük basınç dayanımları incelenmiştir. Örneklerde su/çimento oranı sabit tutulmuş; standart atık malzemeler, kaba ve ince agrega ile ikame edilmiştir. Çalışma sonucunda atıklarla hazırlanan örneklerde, standart beton örneğine kıyasla basınç dayanımlarının zaman zaman artış gösterdiği görülmüştür. Atık döküm kumunun %20 oranında ikame edilmesi ile hazırlanan örneklerde %8, indüksiyon ocağı cürufunun %20 oranında ikame edilmesi ile hazırlanan örneklerde %5, ocak cürufunun %100 ikame edilmesi ile %8 basınç dayanımı artışı elde edilmiştir. Kupol cürufu ve filtre tozu ile hazırlanan örneklerde standart beton örneğine kıyasla basınç dayanımında artış görülmemiştir. Yapılan deneysel çalışmalar, döküm endüstrisi atıklarının, beton içerisinde, agrega ile ikame edilmesi yoluyla geri kazanımlarının mümkün olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Basınç Dayanımı, Beton, Cüruf, Döküm Kumu

THE EFFECT OF CASTING INDUSTRY WASTES ON CONCRETE PRESSURE STRENGTH

Abstract: Foundry industry manufacturing process was examined, and the wastes generated were determined. Recycling potential of the waste fraction was investigated in the scope of this study. Slag, waste foundry sand, and filter dust were applied to prepare concrete samples according to the TS EN 206 Concrete standard. Unconfined compressive strength after 28 days cure were examined. Water/cement ratio was kept fixed while the waste materials were substituted with aggregate. Compressive strength values of several samples were found to be higher than the standard concrete sample. When the waste foundry sand was substituted with fine aggregate by 20%, the compressive strength increased by 8%; when the induction furnace slag was substituted by 20%, the compressive strength increased by 5%. When the furnace slag was substituted by 100% the increase in the compressive strength was found to be 8%. However, when the cupola slag and filter

Makale Gönderim Tarihi: 18.10.2018

Makale Kabul Tarihi: 27.12.2018



dust were increased no increase in the compressive strength has been observed. The findings showed that the non-hazardous fraction of foundry waste can be recycled in concrete.

Keywords: Compressive Strength, Concrete, Slag, Foundry Sand

TS EN 206 Beton - Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk

TS EN 12390-3 Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleleri - Bölüm 3: Dene Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini

TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları

1. GİRİŞ

Üretim için gerekli kaynaklarının %70'inden fazlası yurt içinden temin edilmekte olan döküm endüstrisi, yüksek nitelikli istihdam yaratması ve bununla beraber üretilen mamul ve yarı mamuller birçok sanayi üretimi için temel oluşturması açısından ülkemizin en önemli sanayi kollarından biridir (Gönüllü, 2007).

Döküm sektöründeki üretim süreçlerinde yüksek miktarlarda tehlikesiz ve tehlikeli atık oluşmaktadır. Bu atıklar cüruf, baca tozu, filtre tozu, kum vb. olarak sıralanabilir. Döküm süreçlerinde, üretimin %2-8'i kadar cüruf, %40-60'ı kadar atık kum,

%0.1-2'si kadar baca tozu oluşmaktadır (HAWAMAN, 2009).

Cüruf, eriyiğin üzerinde yüzen metal oksitlerden oluşmaktadır (HAWAMAN, 2009). Ülkemizde, cürufların yaklaşık %87'si tesislerde bekletilmekte, %12'si düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmekte, sadece %1'i geri kazanılmaktadır.

1 ton döküm üretmek için, 4-5 ton kum kullanılmaktadır (Zannetti and Fiore, 2002). Döküm kumu belli bir çevrimden sonra döküm kalıplarında daha fazla kullanılamayacak hale geldiğinde, atık döküm kumu olarak



uzaklaştırılmaktadır. Daha önceleri depolama sahalarında yüzey örtüsü olarak kullanılmak suretiyle bertaraf edilen atık döküm kumunun, 2005 yılından itibaren düzenli depolama tesislerinde depolanması Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından zorunluluk haline getirilmiştir (Solmaz, 2008).

Ülkemizde baca tozu bertarafına ilişkin çalışmalar oldukça kısıtlı olmakla beraber, baca tozundaki çinko metalini geri kazanmak amacıyla bazı tesisler kurulmuştur. Baca tozu içerisindeki çinkonun geri kazanılabilmesi için belli bir oranın üzerinde olması gerekmektedir. Çinko geri kazanımı sonrasında, bu tesislerden de tehlikeli atık çıkışı olmaktadır.

Döküm üretim süreçlerinde, yüksek miktarda oluşan tehlikeli ve tehlikesiz bu atıklar, inşaat sektöründe faydalı olabilecek bazı özellikler taşıyabilmektedir. Bu çalışma kapsamında bu atıkların inşaat sektöründe geri kazanım potansiyeli araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. 10 09 07* Atık Döküm Kumu

Bu deneysel çalışmada kullanılan 10 09 07* kodlu atık döküm kumunun, Atıkların Düzenli Depolanmasına İlişkin Yönetmeliğe göre (Tehlikesiz Atıkların Düzenli Depolanabilme Kriterleri, Reaktif Olmayan ve Kararlı Tehlikeli Atıkların 2. Sınıf Depolama Tesislerine kabul edilebilmesi için sınır değerler) 2.sınıf depolama tesisleri için gerekli limit değerleri aşmadığı görülmektedir.

Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek-3B kapsamında, söz konusu döküm kumu örneğinde yapılan fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmektedir.



Çizelge 1. 10 09 07* (M) Atık Döküm Kumunun Fizikokimyasal Analizleri

Parametre	Sonuç
Görünüm/Koku	Siyah/kokusuz
pH değeri (Sulu Çözelti)	10,27
Su(nem) içeriği (% ağırlık)	2,7
Katı madde içeriği (% ağırlık)	97,38
Organik madde miktarı (% ağırlık)	2,96
İnorganik madde miktarı (% ağırlık)	94,42
Toplam organik karbon (mg/kg) (katı numunede)	34621
Üst ısı değeri (kcal/kg)- Kuru örnek	Negatif değer

İnorganik içerik açısından Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik EK- 3B'de verilen eşik konsantrasyonlar aşılmamaktadır. Söz konusu atık döküm kumu örneğinde yapılan tüm fizikokimyasal, kimyasal ve akut toksisite analizleri sonucunda bulgular değerlendirilerek, 'Döküm kumu' örneğinin ekotoksik ve GHS göre kategori 4 akut toksik özellik göstermesi nedeniyle 'tehlikeli atık' olduğu tespit edilmiştir.

2.1.2. 10 09 03 İndüksiyon Cürufu

Atık listesinde 10 09 03 kodu ile 'Ocak Cürufları' olarak tanımlanmıştır. Bu deneysel çalışmada kullanılan indüksiyon

ocağı cürufu üzerinde, Atıkların Düzenli Depolanmasına İlişkin Yönetmelik EK-2 'de belirtilen depolanabilirlik kriterlerine göre analiz yaptırılmıştır. Analiz sonucunda değerlerin inert atık depolama tesisleri için gerekli sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.



Çizelge 2. 10 09 İndüksiyon Cürufunun Depolanabilirlik Kriterlerine Göre Analizi

PARAMETRE	BİRİM	ANALİZ SONUÇLARI	Organik parametrelerin toplam içerikleri için sınır değerler			SONUÇ
			İnert atık depolama tesisleri için sınır değerler	Tehlikesiz atık depolama tesisleri için sınır değerler	Tehlikeli atık depolama tesisleri için sınır değerler	
Arsenik	mg/L	<0,004	0,05	0,2	2,5	İnert Atık
Baryum	mg/L	<0,01	2	10	30	İnert Atık
Kadmiyum	mg/L	<0,0005	0,004	0,1	0,5	İnert Atık
T. Krom	mg/L	<0,001	0,05	1	7	İnert Atık
Bakır	mg/L	<0,1	0,2	5	10	İnert Atık
Civa	mg/L	<0,001	0,001	0,02	0,2	İnert Atık
Molibden	mg/L	<0,004	0,05	1	3	İnert Atık
Selenyum	mg/L	<0,004	0,01	0,05	0,7	İnert Atık
Nikel	mg/L	<0,006	0,04	1	4	İnert Atık
Antimon	mg/L	<0,005	0,006	0,07	0,5	İnert Atık
Kurşun	mg/L	<0,005	0,05	1	5	İnert Atık
Çinko	mg/L	<0,02	0,4	5	20	İnert Atık
Klorür	mg/L	0,15	80	1500	2500	İnert Atık
Florür	mg/L	<0,05	1	15	50	İnert Atık
Sülfat	mg/L	0,75	100	2000	5000	İnert Atık
DOC (Çözünmüş Organik Karbon)	mg/L	37	50	80	100	İnert Atık
TOC (T.Organik Karbon)	mg/kg	9439	3000	5%	6%	İnert Atık
TDS (Top.Çözünen Katı)	mg/L	126	400	6000	10000	İnert Atık
Fenol İndeksi	mg/L	0,243	100	-	-	İnert Atık
BTEX (Benzen, Toluen, Etilbenzen ve Xylenes)	mg/kg	<0,1	6	-	-	İnert Atık
PCBs	mg/kg	<0,13	1	-	-	İnert Atık
Mineral Yağ	mg/kg	856	500	-	-	-
Kızdırma Kaybı	%	0,066	-	-	10%	-



(LOI)						
Nem	%	0,22	-	-	-	-

2.1.3. Çimento

Bu çalışmada Bursa Çimento'dan temin edilen dayanım sınıfı 42.5 olan CEM II /A-M (P-L) 42.5 R Portland kompoze çimento ana bağlayıcı materyal olarak kullanılmıştır.

2.1.4. Agregalar

Çalışmada kullanılan agregalar SİMGE-MAT Madencilik Asfalt Ticaret ve Sanayi A.Ş. 'den alınmıştır. Agregaların tane büyüklüğü dağılımı ince agregalar için 0-4 mm ve kategorisi G_{F85} , iri agregalar için tane büyüklüğü dağılımı 4-11,2 mm ve kategorisi $G_{C80/20}$ 'dir. İnce agregalar ve iri agregalar için tane yoğunluğu maksimum $2,90 \text{ kg/dm}^3$ 'dir.

2.1.5. Beton Katkı Maddesi

Bu deneysel çalışmada kullanılan Poli Naftalin Sülfonat esaslı beton katkı kimyasalı kahverengi renge sahiptir. Literatürde kimyasalın

yapısı plastikleştirici ajan olarak geçmektedir. Non-iyonik yapısı gereği kılıf ayırıcı görevindedir ve bu sayede beton kalıplarının yağlanmasına gerek kalmamaktadır. Soğuk su ile kolayca karışarak emülsiyeye olabilmektedir. pH 2-12 değerleri arasında kullanılabilir. Prosesine uygun kullanım oranlarında priz hızlandırma sağlamaktadır. Yüksek türbülans altında çalışan mikserlerde kullanıma uygundur. Örneklerin hazırlanmasında 10,5 gr kimyasal katkı kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Örneklerde su/çimento oranı sabit tutularak, beton üretim hattında uygulanan menüdeki kaba ve ince agregalar ile standart atık malzemeler (atık döküm kumu, indüksiyon cürufu, kupol cürufu, filtre tozu) %20, 40, 60, 80 ve 100 oranlarında ikame edilerek beş farklı menü oluşturulmuştur. Her menüden 4 örnek hazırlanmış olup ilk örneklerin 7 günlük basınç



dayanımları diğer üç örneğin ise 28 günlük basınç dayanımları incelenmiştir.

İndüksiyon ocağı baca tozu ile hazırlanan menüde, standart beton menüsündeki ince agrega ile baca tozunun %10, 20 ve 30 oranlarında

ikame edilerek 3 farklı kombinasyon elde edilmiştir. Oluşturulan kombinasyonlardan 4 örnek hazırlanmıştır. İlk örneklerin 7 günlük basınç dayanımları diğer üç örneğin ise 28 günlük basınç dayanımları incelenmiştir.

Çizelge 3. Üretim Hattında Uygulanan Standart Menü

İnce agrega (Kum) (g)	Kaba agrega (Çakıl) (g)	Çimento (CEM II 42.5) (g)	Kimyasal Katkı (g)	Su (g)
900	1050	400	10,5	135

2.2.1. Küp Numune Basınç Dayanımı Deneyi

Döküm endüstrisi atıklarının geri kazanım potansiyeli araştırılması yapılan bu çalışmada, beton ana maddeleri yerine edilen döküm endüstrisi atıklarının beton basınç dayanımındaki etkilerini incelemek için basınç dayanım testi yapılmıştır.

Çalışmada uygulanan basınç dayanımı, TS EN 12390-3'e göre hazırlanmış numunelere uygulanmıştır. Bu çalışmada

15x15x15 cm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

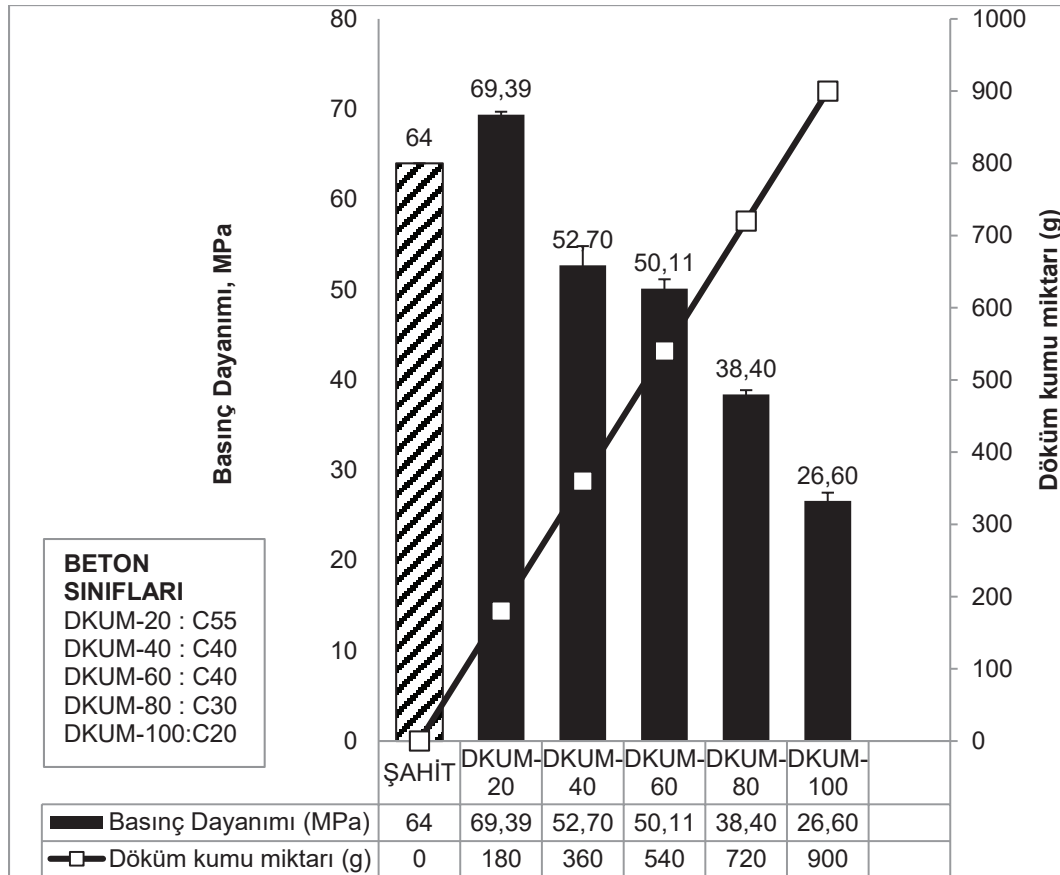
3.1. 10 09 07* Atık Döküm Kumu ile Elde Edilen Basınç Dayanımı

28 günlük priz alma süresi sonrası basınç dayanım testi sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Atık döküm kumunun ince agrega ile %20 ikamesi ile hazırlanan örneğin (DKUM-20) basınç dayanımı 69,39 MPa olarak ölçülmüştür. Bu sonuca göre şahit numuneye kıyasla basınç dayanımında %8.4



artış elde edilmiştir ve DKUM-20 örneği C55 beton sınıfı standartlarını sağlamaktadır. Grafik incelendiğinde örneklerdeki atık döküm kumu oranı arttıkça basınç dayanım değerlerinin tedrici olarak azaldığı görülmektedir. Atık döküm kumu içerisinde bulunan bağlayıcı maddelerin basınç dayanımlarının azalmasına sebep olan etkenlerden biri olduğu düşünülmektedir. Döküm kumunun kimyasal bileşiminde

yüksek oranda kil (bentonit) bulunmasının basınç dayanımını azalttığı düşünülmektedir. Kullanılan ince agreganın tane büyüklüğü dağılımı 0-4 mm arasındadır. 0,6 mm ile 0,15 mm arasında tane büyüklüğündeki döküm kumunun bileşik içinde daha fazla oranlarda kullanılmaya başlanması ile basınç dayanımının azaldığı, bu düşüşün tane büyüklüğü ile de ilgili olduğunu düşündürmektedir.



Şekil 1. 10 09 07 *Atık Döküm Kumu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı

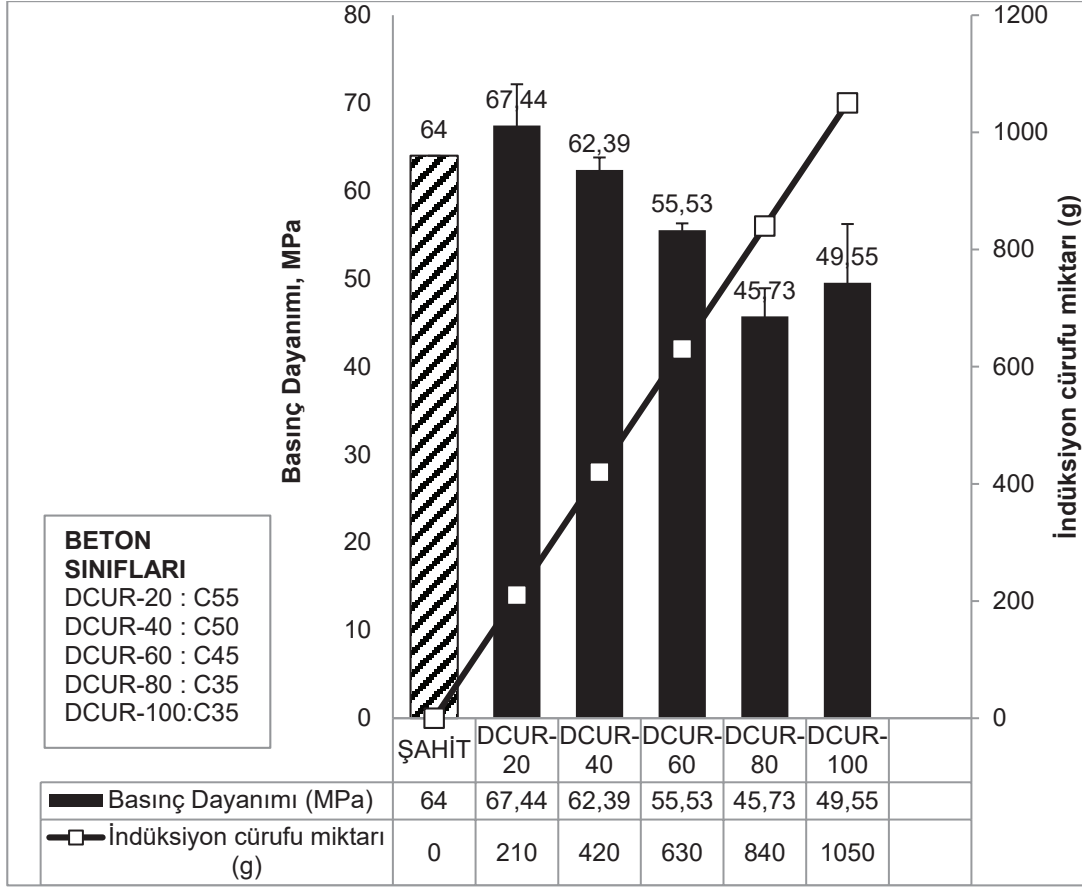


Şubat 2000 tarihinde revize edilen TS 500 "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardı" C14 ve daha aşağı mukavemet sınıflarındaki betonların taşıyıcı sistemlerde kullanılmayacağı hükmü ve 01.01.1998 tarihinde yürürlüğe giren deprem yönetmeliği gereğince deprem bölgelerinde kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C20 olarak belirlenmiştir. Bu yasal dayanaklara göre; atık döküm kumu, kum ile %100 ikame edildiğinde bile sonuçların C20 beton sınıfında olduğu görülmektedir. Türkiye'de yapı ve inşaat sektöründe beton

sınıflarından en sık kullanılanları %86 oranla C20 ile C30 arası betonlardır ve bu durum atık döküm kumunun ince agregaya yerine kullanımının mümkün olduğunu doğrulamaktadır.

3.2. 10 09 03 İndüksiyon Cürufu ile Elde Edilen Basınç Dayanımı

Döküm işlemi süreçlerinden metalin ergitilmesi esnasında oluşan indüksiyon cürufunun kaba agregaya ile ikame edilmesi ile hazırlanan örneklerde, indüksiyon cürufunun kaba agregaya ile %20 ikamesi ile hazırlanan DCUR-20 örneğinde 67,44 MPa basınç dayanımı elde edildiği görülmektedir.



Şekil 2. 10 09 03 İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı

Şahit numune ile karşılaştırıldığında, oluşturulan bu kombinasyon, basınç dayanımında %5.4 oranında artış sağlamıştır. Fakat örneklerde indüksiyon cürufu oranı arttıkça basınç dayanım değerlerinin çok büyük bir orana olmasa da tedrici olarak azaldığı görülmektedir. Bu durumun indüksiyon cürufu tane boyut dağılımı ile kaba agrega tane boyutunun farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İndüksiyon cürufu, çakıl ile %100 ikame edildiğinde 49 MPa değerine ulaşıldığı C35 beton sınıfı standartlarının sağlandığı görülmektedir. Tüm örnekler göz önünde bulundurulduğunda elde edilen basınç dayanımlarının C35 ve üstü beton sınıflarında olduğu görülmekte olup, yasal standartların üzerindedir. Yapılan deneysel çalışma indüksiyon cürufunun beton üretiminde kaba agrega olarak geri



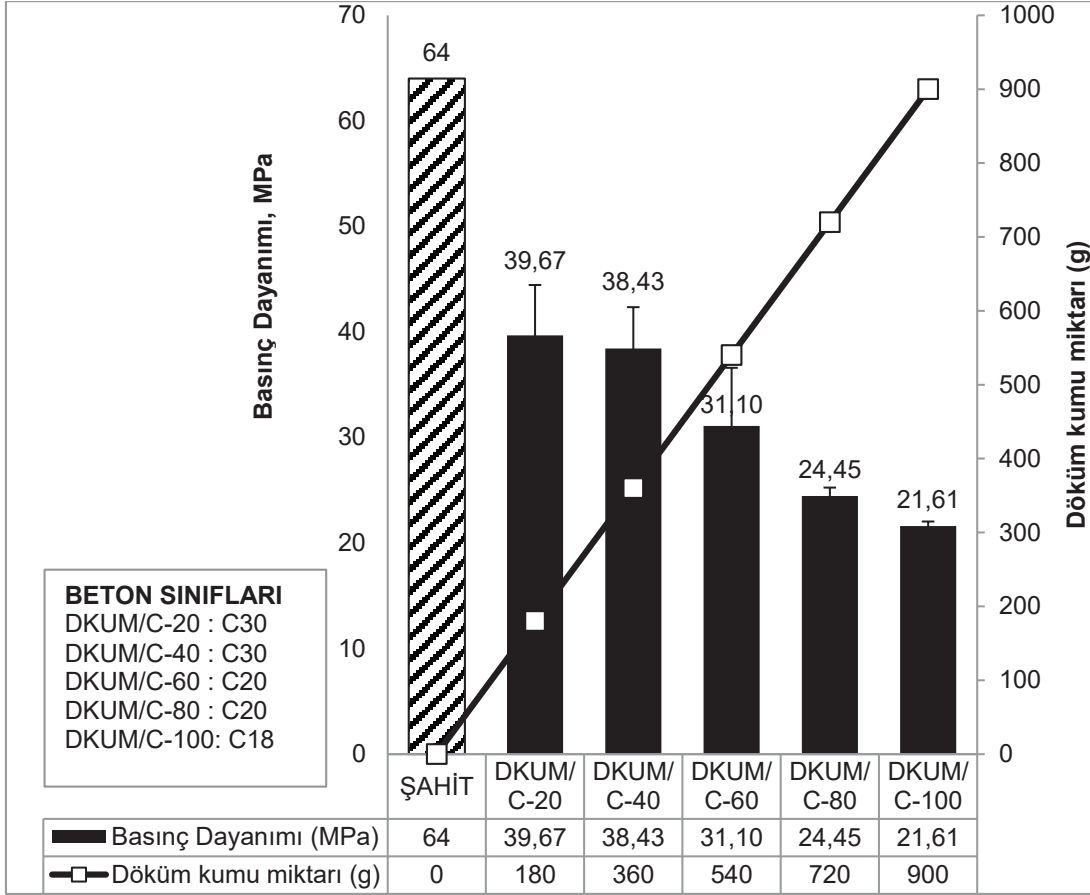
kazanılabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda tehlikeli bir atık olmaması nedeni ile de çevresel açıdan bir problem teşkil etmemektedir.

3.3. 10 09 07* Döküm Kumu ve 10 09 03 İndüksiyon Cürufu ile Elde Edilen Basınç Dayanımı

Bu deneysel çalışma kapsamında döküm kumu ve indüksiyon cürufunun birlikte kullanıldığı menüler oluşturulmuş ve her iki atığı da içeren beton örneklerinin basınç dayanımına karşı davranışları incelenmiştir. Reaktif Beton A.Ş'nin beton üretim hattında uyguladığı menüde kaba agregaya sabit %100 oran (1050 g) kullanılarak indüksiyon cürufu ile ikame edilirken, döküm kumu %20, 40, 60, 80 ve 100 oranlarında ince

agrega ile ikame edilmiştir. Şekil 3'te her bir örnekte kullanılan döküm kumu miktarları görülmektedir. 28 günlük basınç dayanımları incelenen örneklerde atık döküm kumu miktarı arttıkça basınç dayanımlarının azaldığı görülmektedir.

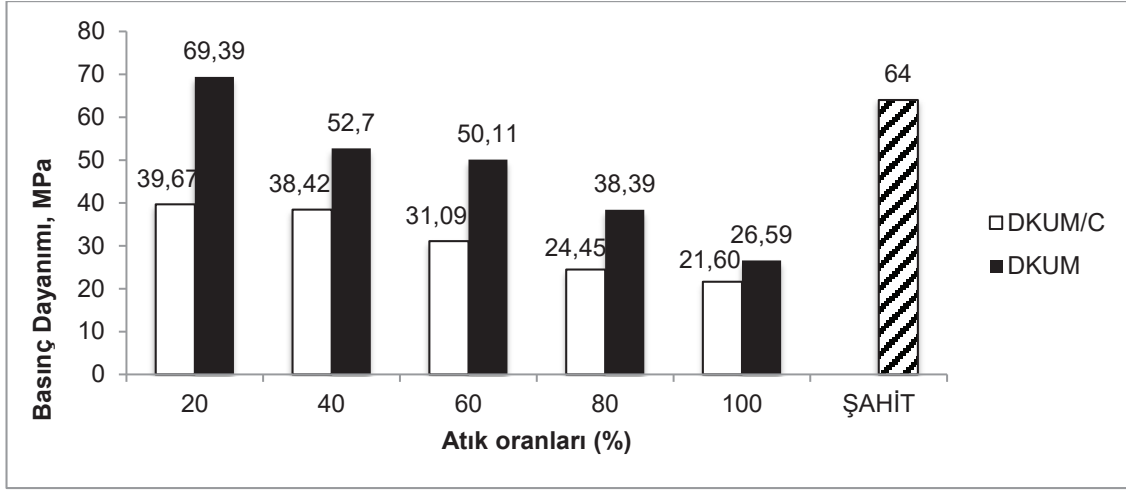
Şekil 3'te atık döküm kumunun %20 indüksiyon cürufunun %100 ikame edilmesi durumunda elde edilen basınç dayanımının şahit numuneye kıyasla %38 oranında düşük olduğu görülmektedir. Ancak C30 beton sınıfı standartlarını sağlamaktadır. Düşük oranlarda ikame edilmesi durumunda döküm kumu ve indüksiyon cürufunun birlikte beton üretiminde geri kazanımının mümkün olabileceğini doğrulamaktadır.



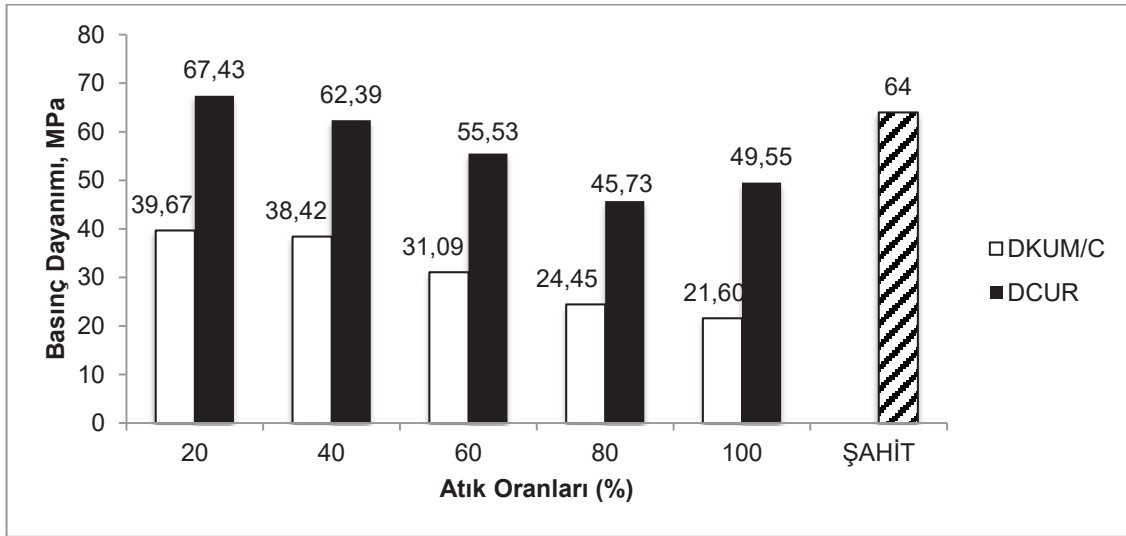
Şekil 3. 10 09 07*Döküm Kumu ve 10 09 03 İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı

Döküm kumunun bulunmadığı, yalnız indüksiyon cürufu kaba agrega ile %100 ikame edildiği örnek, 49 MPa basınç dayanımı göstermiştir. Yalnız başına döküm kumunun bulunduğu örneklerde döküm kumu %100 ikame edildiğinde 26 MPa basınç

dayanımı gösterebilmiştir. Şahit numune ile karşılaştırıldığında indüksiyon cürufu yalnız başına basınç dayanımını %28,4 azaltırken, döküm kumu %59,3 azaltmaktadır. Her iki atık birlikte %100 ikame edildiğinde basınç dayanımı %67,2 düşmektedir.



Şekil 4. Döküm Kumu ve İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerin Şahit Numune ve Yalnız Döküm Kumu İçeren Örneklerle Karşılaştırılması



Şekil 5. Döküm Kumu ve İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerin Şahit Numune ve Yalnız İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerle Karşılaştırılması

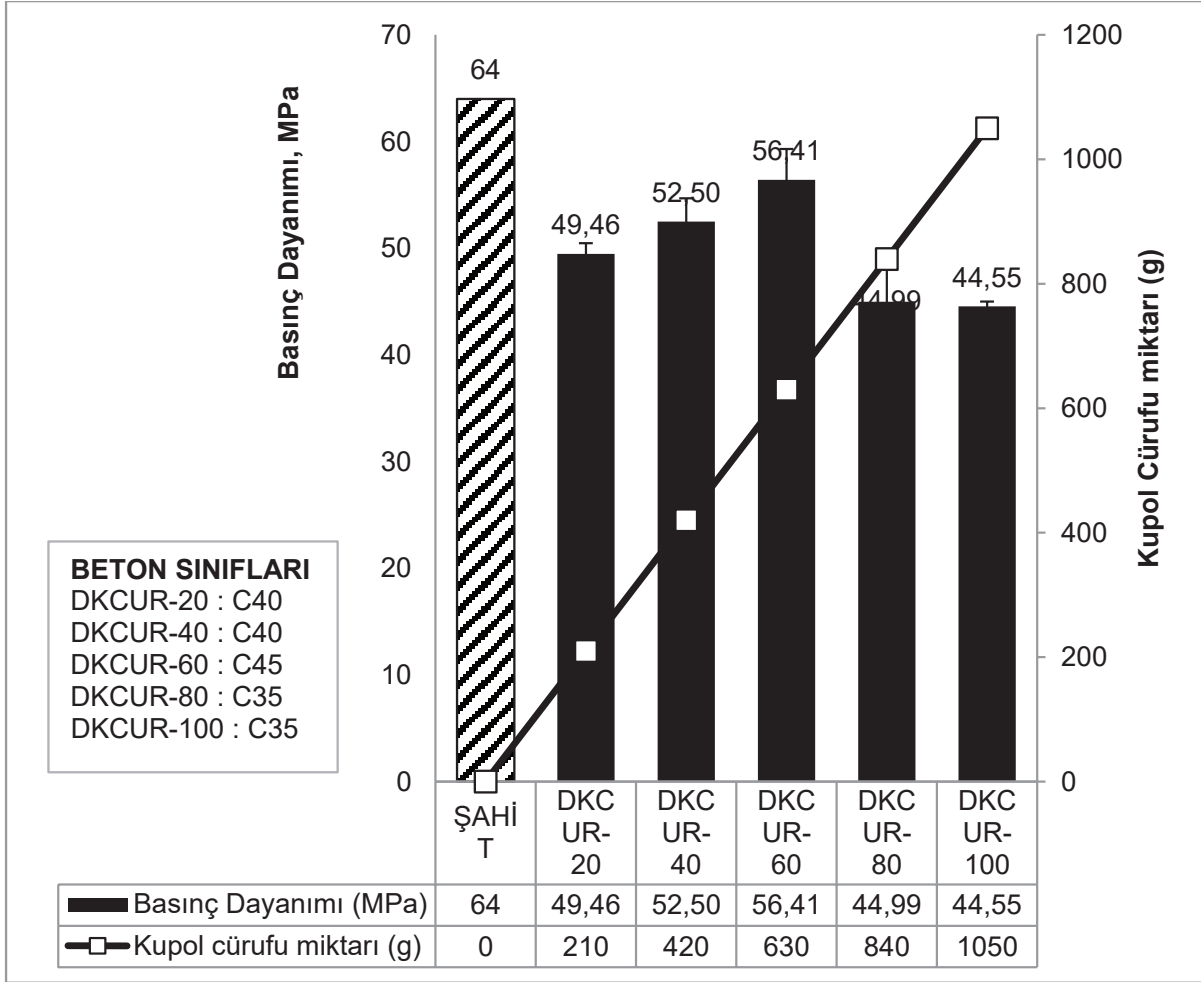
3.4. 10 09 03 Kupol Cürufu ile Elde Edilen Basınç Dayanımı

Dökümhanelerde metalin eriyik haline geçmesi için kullanılan kupol ocaklarında oluşan kupol cürufunu içeren örneklerin 28 günlük basınç dayanım verilerine göre kupol

cürufu oranı arttıkça basınç dayanım değerlerinde artma ya da azalma eğilimi net olarak anlaşılamamaktadır. Bu durumun kupol cürufunun tane boyutunun homojenlik göstermemesi gibi etkenlere bağlı olduğu

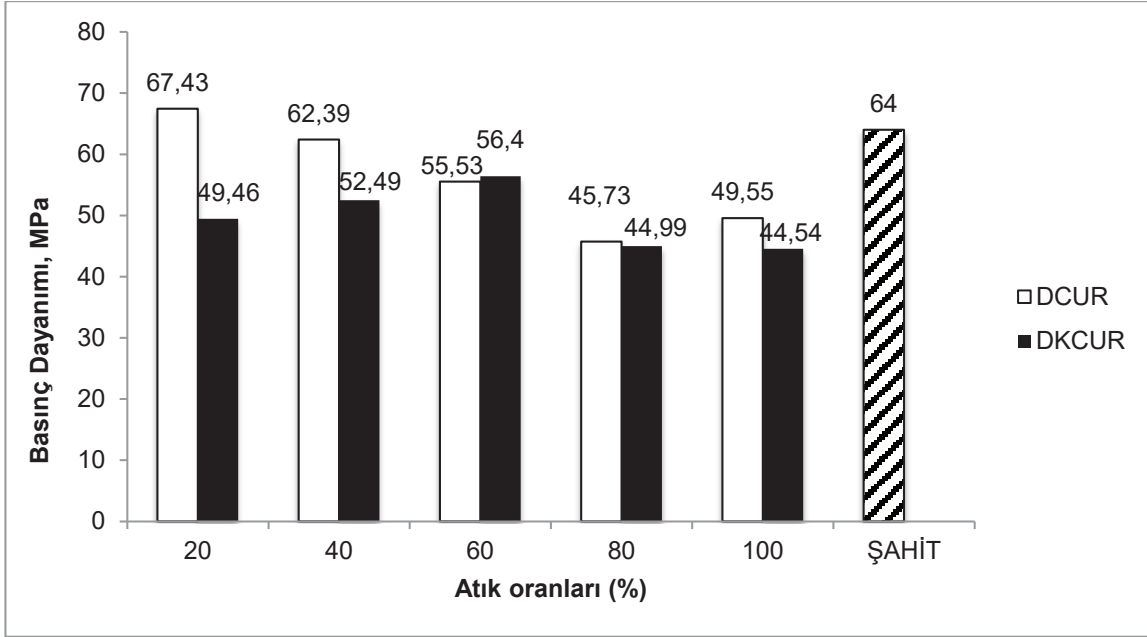


düşünülmektedir.



Şekil 6. 10 09 03 Kupol Cürufu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı

Cüruf, çakıl ile %100 ikame ulaşıldığı görülmektedir.
edildiğinde 44 MPa değerine



Şekil 7. İndüksiyon Cürufu İçeren Örnekler ile Kupol Cürufu İçeren Örneklerin Karşılaştırılması

Bu çalışma ile indüksiyon cürufu ile yapılan çalışma sonucunda elde edilen basınç dayanımları ile karşılaştırıldığında, indüksiyon cürufu ile hazırlanan örneklerin daha yüksek basınç dayanım sonuçları verdiği görülmektedir. İndüksiyon ocaklarında ısı herhangi bir yanma olayı ile sağlanmadığı için metalin ergitilmesi esnasında sıvı metalin yüzeyinde oluşan cürufun bileşimde yabancı maddelerin, kupol ocağında oluşan cüruflara göre oldukça az olması bu durumun nedenlerinden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca,

indüksiyon ocaklarının ve kupol ocaklarının metal şarjlarının kimyasal bileşimleri arasındaki farkın da bu basınç dayanımını etkilediği söylenebilir.

3.5. 10 09 10 Filtre Tozu ile Hazırlanan Kombinasyonlar ve Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Şekil 8'de örneklerin içerdiği filtre tozu miktarına karşılık 28 günlük priz alma süresi sonrası basınç dayanım testi sonuçları verilmiştir. Filtre tozunun ince agrega ile %20 ikamesi ile hazırlanmış örnekte (DFT-20) 61 MPa değeri elde

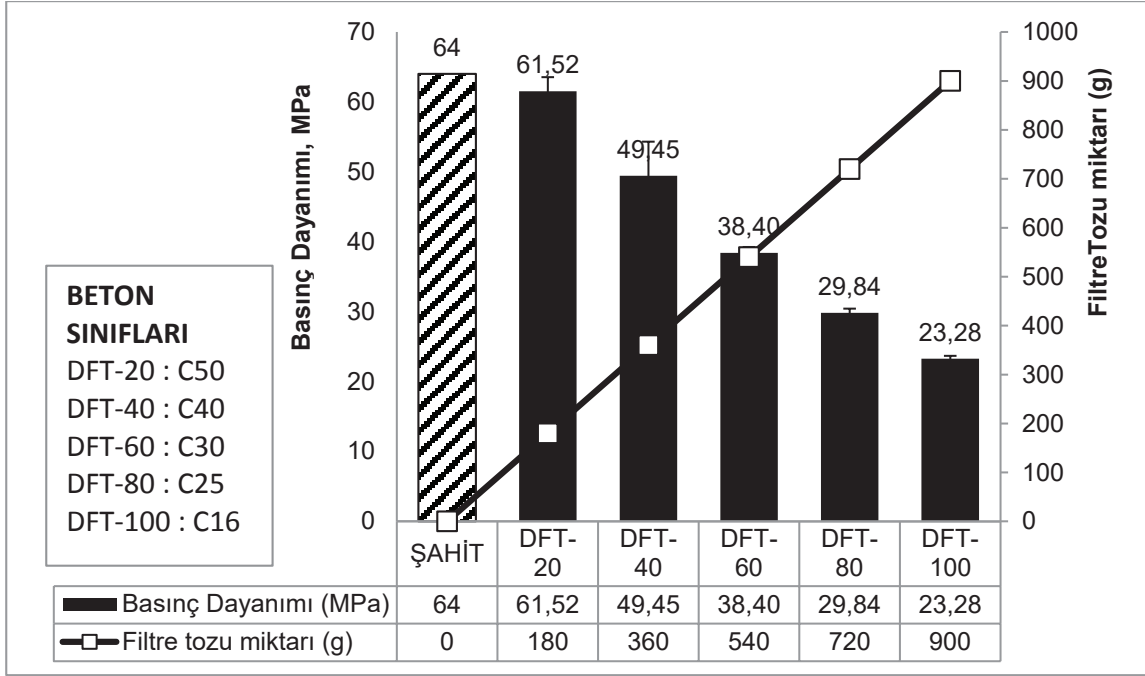


edilmiştir. Örneklerdeki atık miktarı arttıkça basınç dayanımlarındaki düşüş ve dayanımlara karşı sağladıkları beton sınıfı standartları Şekil 8'de görülmektedir. Beton basınç dayanımı düşüren etkenlerden birinin agrega içerisinde bulunan kil, silt, humus ve organik maddeler gibi elemanlar olduğu bilinmektedir. Filtre tozunun kimyasal bileşiminde kil (bentonit) bulunması basınç dayanımları açısından sorun teşkil ettiği sonuçlarda görülmektedir. Filtre tozu üzerinde fizikokimyasal testler yapılarak basınç değerlerinde düşüşün net olarak belirlenmesi gerekmektedir.

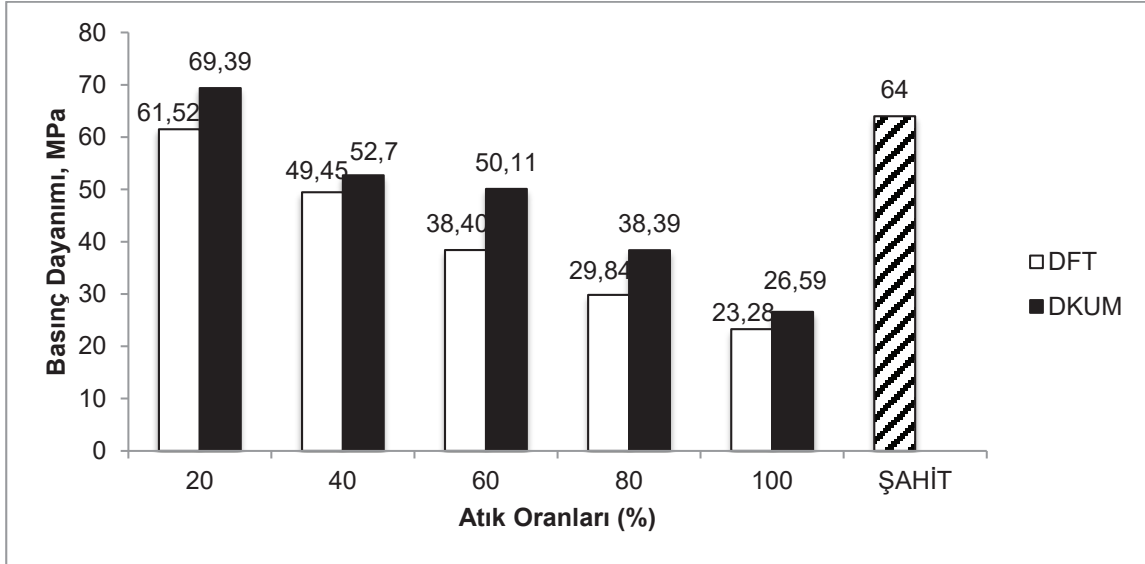
Filtre tozu, kum ile %100 ikame edildiğinde elde edilen basınç değeri C16 beton sınıfı standardını sağlamaktadır. Şubat 2000

tarihinde revize edilen TS 500 "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardı" C14 ve daha aşağı mukavemet sınıflarındaki betonların taşıyıcı sistemlerde kullanılmayacağını hükmü gereğince elde edilen sonuçların standartları sağladığı görülmektedir.

Ancak 01.01.1998 tarihinde yürürlüğe giren deprem yönetmeliği gereğince deprem bölgelerinde kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C20 olarak belirlenmiştir. Buna göre filtre tozu deprem bölgelerinde bu yeterliliği sağlayamamaktadır. Filtre tozu belirli oranlarda sabit tutularak beton üretiminde ince agrega olarak kullanımının mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 8. 10 09 10 Filtre Tozu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı



Şekil 9. Filtre Tozu İçeren Örnekler ile Döküm Kumu İçeren Örneklerin Karşılaştırılması

Tüm durumlarda, filtre tozu içeren örneklerin döküm kumu içeren örneklere kıyasla daha düşük basınç dayanımlarına sahip olduğu Şekil 9'da görülmektedir.

4. SONUÇ

Döküm kumu ile hazırlanan örneklerin 28 günlük basınç dayanım verileri incelendiğinde elde edilen en düşük değer 26.60



MPa olduğu ve C20 beton sınıfı standardını sağladığı gözlenmiştir. Aynı zamanda atık döküm kumunun ince agrega ile %20 ikamesi durumunda şahit numuneye kıyasla basınç dayanımında %8,4 artış olduğu saptanmıştır. Fakat atık miktarı arttıkça basınç dayanımları azalan bir grafik izlemiştir.

İndüksiyon cürufunun %20 kaba agrega ile ikame edilmesi durumunda şahit numune basınç dayanımı ile karşılaştırıldığında %5.4 oranında daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğu tespit edilmiştir. Döküm kumu ile hazırlanan örneklerde olduğu gibi atık miktarı artış gösterdikçe basınç dayanım değerleri düşmüştür. Kaba agrega yerine %100 indüksiyon cürufu kullanılarak hazırlanan örneğin 49 MPa basınç dayanımına sahip olduğu ve C35 beton sınıfında olduğu sonucuna varılmıştır.

Döküm kumunun değişen oranlarda ince agrega ile

indüksiyon cürufunun ise sabit %100 oranında kaba agrega ile ikame edilerek hazırlanmış örneklerde şahit numunenin basınç dayanımının üzerinde bir basınç dayanımı elde edilememiştir. Döküm kumunun %20 ikamesi durumunda şahit numuneye kıyasla %38 oranında düşüş olduğu görülmektedir. Bu durumda bile elde edilen basınç dayanımı C30 beton sınıfı standardındadır. %20 ikame durumu ile %100 ikame durumu karşılaştırıldığında, %100 ikame halinde basınç dayanımında %45,5 azalış olmuştur.

Yalnız döküm kumunun ve yalnız indüksiyon cürufunun kullanıldığı örnekler ile her iki atığın birlikte kullanıldığı örnekler göz önüne alındığında, iki atığın birlikte ikame edildiği durumlar her oranda daha düşük basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.

Kupol cürufu içeren örneklerde, şahit numunenin basınç dayanımından yüksek bir değer ölçülmemiştir. Örneklerin içerdiği



atık miktarı ve basınç dayanımları arasında doğrusal bir ilişki bulunmamaktadır. %100 ikame durumunda 44 MPa değeri elde edilmiş ve örnek C35 beton sınıfındadır.

İndüksiyon cürufu ile kupol cürufu içeren örnekler karşılaştırıldığında, indüksiyon cürufu içeren örneklerin %60 oranında yapılan ikame durumu hariç olmak üzere daha yüksek basınç dayanım değerlerine ulaşıldığı görülmüştür.

Filtre tozunun %20 ikamesi ile hazırlanan beton örneğinde (DFT-20), 61MPa değerinde basınç dayanımı elde edilmiş ve C50 beton sınıfında olup şahit numunenin sahip olduğu basınç dayanımına yakın sonuç vermiştir. Örneklerde filtre tozu miktarı arttırıldıkça basınç dayanımları düşüş göstermiştir. Filtre tozu içeren örnekler ile bileşimi benzer olan atık döküm kumu ile hazırlanan örnekler karşılaştırıldığında, tüm durumlarda filtre tozu içeren

örneklerde daha düşük değerler ölçülmüştür.

Döküm tesislerinden kaynaklanan ve döküm esnasında yüksek oranlarda ortaya çıkan cüruf, atık döküm kumu ve filtre tozu gibi atıkların, çevre dostu teknolojilerle faydalı ve ekonomik ürünlere dönüştürülmesi ve sanayide uygulamaya aktarılması gerekmektedir. Bu amaçla yürütülen deneysel çalışmada kullanılan atıkların her birinin, çevresel ve ekonomik fayda göz ardı edilmeden uygun atık oranları seçilmesi suretiyle beton üretiminde kullanılarak geri kazanımının sağlanması mümkün görülmektedir.

KAYNAKÇA

Gönüllü, M.T., 2007, *Döküm Kumu Rejenerasyonu Değerlendirmesi*, 2. Uluslararası Döküm ve Çevre Sempozyumu ve Sergisi, 24-26 Ekim, İstanbul.

HAWAMAN, 2009, *Türkiye'de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi*, Döküm Sektörü Rehber



*Doküman, LIFE HAWAMAN
Projesi, LIFE06
TCY/TR/000292, OB, Ankara.*

*Solmaz, P., 2008, Atık Döküm Kumunun
Geçirimsiz Perde Yapılarak
Tekrar Kullanımı, Yüksek Lisans
Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,
İstanbul.*

*Zannetti, M. C. and Fiore., S., 2002,
Foundry Processes: The
Recovery of Green Moulding
Sands for Core Operations,
Resources, Conservation and
Recycling, Vol.38, pp.243-254.*



Derleme Makale

MİKROBİYAL BİYOPOLİMERLER: POLİHİDROKSİALKANOATLARIN BİYOPLASTİK ÜRETİMİNDE KULLANIMI ÜZERİNE GENEL DEĞERLENDİRME

Emine Çokgör^{1,2*}, İlke Pala Özkök^{1,2}, Diğdem Güven², Gülsüm Emel Zengin^{1,2},
Didem Okutman Taş^{1,2}, Nevin Yağcı^{1,2}, Nilay Sayı Uçar^{1,2}, Gökşin Özyıldız^{1,2}, Güçlü
İnsel^{1,2}

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34469,
İstanbul, Türkiye

²Uygulamalı Biyopolimer ve Biyoplastik Üretim Teknolojileri Araştırma Merkezi
(UBÜTAM), İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü, 34469, İstanbul, Türkiye

*ubay@itu.edu.tr

Öz: Plastikler hafiflik, sağlamlık ve düşük maliyet özellikleri ile sanayi sektörlerinde yaygın olarak kullanılmakta ve küresel ekonomide önemli yer tutmaktadır. Petrol kökenli plastikler biyolojik olarak ayrışmayan bir yapıdadır ve bu şekilde doğada uzun yıllar kalarak birikmekte ve çevresel sorunlar oluşturmaktadır. Son yıllarda üretimi ve kullanımı yaygınlaşan biyobozunur karakterdeki biyoplastikler kimyasal sentez veya mikrobiyal proseslerle üretilebilmektedir. Biyobozunur bir mikrobiyal biyopolimer olan polihidroksialkanoatların (PHA) üretim maliyetinin önemli bir kısmını (%30-50) kullanılan organik madde oluşturmaktadır. Bu nedenle besi maddesi olarak ucuz alternatif kaynakların (karbon içeriği yüksek evsel ve endüstriyel olan atıksular/atıklar) kullanımı ön plana çıkmaktadır. Atıksulardan organik madde gideriminin PHA üretimiyle birleştirmek, çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir yaklaşım olmaktadır. Evsel atıksuların, karbonca zengin endüstriyel atıklar veya organik katı atıkların PHA üretimi için kaynak olarak kullanımını ekonomik bir çözüm olabileceği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyobozunur, Biyopolimer, Maliyet, Organik Atık, Atıksu

MICROBIAL BIOPOLYMERS: GENERAL EVALUATION ON POLYHYDROXYALKANOATES USAGE IN BIOPLASTIC PRODUCTION

Abstract: Plastics are widely used in industrial sectors with their lightness, durability and low cost characteristics and they have an important place in the global economy. Petroleum derived plastics are mostly non-biodegradable, which is left in

Makale Gönderim Tarihi:01.10.2018

Makale Kabul Tarihi: 03.12.2018



nature for many years to accumulate in the environment and create environmental problems. Biodegradable bioplastics, which have become increasingly common in recent years, can be produced by chemical synthesis or microbial fermentation. A significant portion (30-50%) of biodegradable biopolymer PHA production cost is the raw organic matter used as substrate. For this reason, the use of cheap alternative resources (carbon rich domestic/industrial wastewater/wastes) as the feedstock is at the forefront. Combining organic waste removal from wastewater with PHA production is an environmental and economically sustainable approach. The use of domestic wastewater, carbon-rich industrial wastes or organic solid wastes as a source for PHA production seems to be an economical solution.

Keywords: Biodegradable, Biopolymer, Cost, Organic Waste, Wastewater

KISALTMALAR

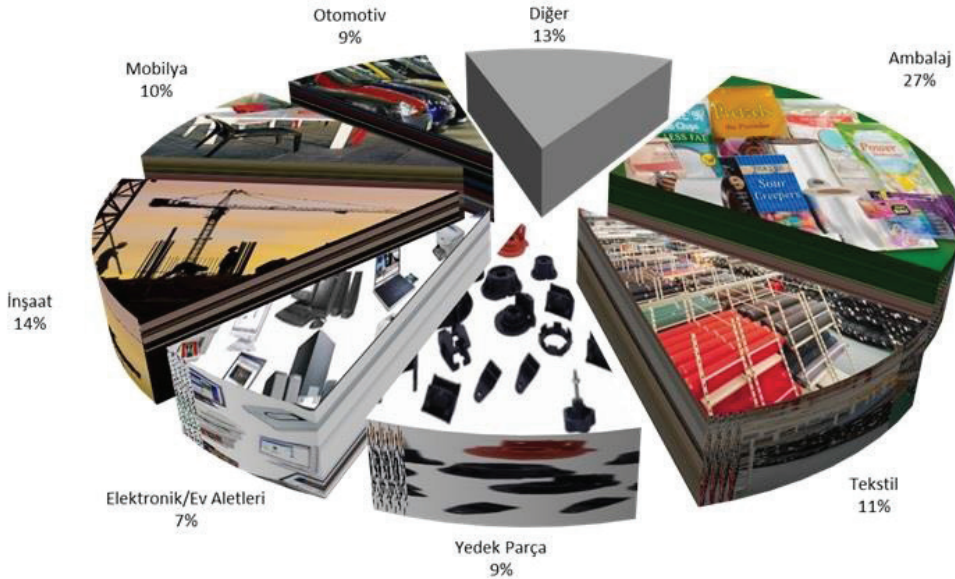
PHA	Polihidroksialkanoat
PLC	Polikaprolakton
PBAT	Polietilen Adipat-Koterefitalat
PLA	Polilaktik Asit
PBS	Polibutilen Süksinat
PPC	Polipropilen Karbonat
PTT	Polytrimetilenterefitalat
bio-PE	Bio-polietilen
bio-PP	Bio-polipropilen
bio-PET	Bio-polietilen Terefitalat
PHB	Poli(3-hidroksibütirat)
PHV	Poli(3-hidroksivalerat)
PHBV	Poli(3-hidroksibütirat-ko-3-hidroksivalerat)
HHx	3-hidroksihekzanoat
HH	3-hidroksiheptanoat
HD	3-hidroksidekanoat
PHO	Poli(3-hidroksioktanoat)
PHN	Poli(3-hidroksinonanoat)
ICI	plc Imperial Chemical Industries
AKR	Ardışık Kesikli Reaktör
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
ÇO	Çözünmüş Oksijen



1. GİRİŞ

Plastik, petrol kökenli hammaddelerden elde edilen sentetik ya da yarı sentetik organik bileşiklerden oluşan malzemelerin genel adıdır. Plastikler, ana bileşeni karbon, hidrojen, oksijen, azot, klorür ve sülfür gibi elementlerin bir karışımı olan ve “monomer” adı verilen daha küçük moleküllerin kovalent bağlarla birbirine bağlanmasıyla oluşan yüksek moleküler ağırlıklı sentetik polimerlerdir. Ayrıca şekillendirme, ısı ve kimyasal maddelerin

mukavemetini artırmak amacıyla plastikler elde edilirken organik/inorganik dolgu malzemeleri, pigmentler gibi muhtelif katkı malzemeleri kullanılır. Plastikler hafiflik, yüksek kimyasal dayanıklılık, yüksek esneklik ve darbe mukavemeti özellikleriyle 1940’lı yıllardan itibaren cam, odun ve metal gibi maddelere alternatif olarak kullanım alanı bulmaya başlamış (Şekil 1) ve hızla yaygınlaşmıştır (Sevilmiş, 2012).



Şekil 1. Plastiğin Türkiye'deki Kullanım Alanları (Sevilmiş, 2012)



Petrol kökenli hammaddelerden üretilen plastikler dünyada oluşan çevre kirliliğinin en temel nedenlerinden biridir. Plastik üretimi 1950 yılında 1,7 milyon ton iken, 2010 yılında 57 milyon tonu Avrupa'da olmak üzere 265 milyon tona ulaşmıştır. Dünyada her yıl 500 milyon ile 1 trilyon adet arasında plastik poşet tüketilmektedir. Plastik malzemelerin, dolayısıyla sentetik polimer kullanımının artması, bu malzemeler atığa dönüştüğünde uygulanacak atık yönetimi problemini beraberinde getirmiştir. Evsel atıkların ağırlıkça %12'sini plastik atıklar oluşturmaktadır. Kullanılan plastiklerin yaklaşık %25'i geri dönüştürülmektedir. Yılda yaklaşık 25 milyon ton plastik atık uzaklaştırılmak üzere katı atık sahalarına gönderilmektedir. Geri kalan kısım ise toprak, deniz, göl ve nehirlere ulaşmakta; doğada birikerek toprak ve su yoluyla besin zincirine girmektedir. Toprak ve su ortamlarındaki plastikler hem doğanın görünümünü bozmakta, hem de bu ortamlarda yaşayan

balık ve diğer canlıların yutma, vücuda dolanma gibi sebeplerle boğulma ve yaralanmalarına yol açabilmektedir (European Bioplastics, 2016).

Son yıllarda yapılan araştırmalar, petrol kökenli plastiklerin insan sağlığı üzerinde de zararlı etkiler yarattığını göstermektedir. Plastik üretimi sırasında oluşan dioksin, karbon monoksit, hidrojen siyanür gibi gazlar solunum, bağışıklık ve sinir sistemini olumsuz etkiler. Ayrıca petrol kökenli plastiklerde bulunan bisfenol-A gibi bazı kimyasallar hormonal sistemi etkilemekte (endokrin bozucu özellik), günümüzde dünya genelinde dramatik artış gösteren obezite ve tip-2 diyabet (şeker) hastalığına sebep olmaktadır. ABD'de yapılan bir araştırmada insanların %95'inin vücudunda bisfenol-A tespit edilmiştir. Bununla birlikte plastik bünyesinde bulunan ftalatların kanser yapıcı özelliği olduğu bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur (Maffini et al., 2006).



Doğada yüzlerce yıl parçalanmadan kalabilen petrol kökenli plastikler fotokimyasal olarak bozunarak daha zehirli petro-kimyasallara dönüşürler. Plastiklerin doğada ayrışması türlerine göre farklılık gösterir. Polipropilenin ve düşük yoğunluklu polietilenin doğada ayrışması 500 ile 1000 yıl arasında gerçekleşirken, polivinilklorür doğada tamamen bozunmamaktadır.

Geri dönüşüm plastik atıkların uzaklaştırılması için uygun bir çözüm gibi gözükmesine rağmen pahalı bir işlem olması, ticari açıdan uygulanabilirliği azaltmaktadır. Sentetik plastiklerin üretiminde kullanılan çeşitli katkı maddeleri geri dönüşümü/yeniden kullanımı sınırlayan önemli bir faktördür. Bir diğer çözüm olan plastiklerin yakılarak uzaklaştırılması, sağlanan enerji açısından büyük bir avantaj olsa da yeterli teknolojinin olmadığı ya da düşük ısıda yakma gibi yanlış işletme durumlarında çevreye

toksik maddeler salması nedeniyle uygun bir alternatif olmamaktadır.

Çevre kirliliğinin yanı sıra, plastik üretiminde hammadde olarak kullanılan petrol yenilenemeyen bir kaynaktır ve dünyada petrol rezervlerinin sınırlıdır. Günümüzde 1 yıllık fosil kaynaklı plastik üretimi için yaklaşık 150 milyon ton petrol kullanılmaktadır. Dünyanın kısıtlı petrol kaynakları ve oluşan çevre kirliliği sebebiyle petrol kökenli plastiklere alternatif olarak istenilen fiziksel ve kimyasal özellikleri taşıyan biyolojik olarak ayrışabilen malzemelerin geliştirilmesine yoğun ilgi duyulmaya başlanmıştır.

2. PETROL BAZLI PLASTİKLERE ALTERNATİF OLARAK BİYOPLASTİK

Plastiklerin çevresel ortamlarda yarattığı sorunların azaltılması ve yönetimi için biyolojik ayrışabilir plastik üretimi sürdürülebilir bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyoplastik, kısmi ya da tamamen biyolojik malzemeden üretilen (biyobazlı) ve/veya



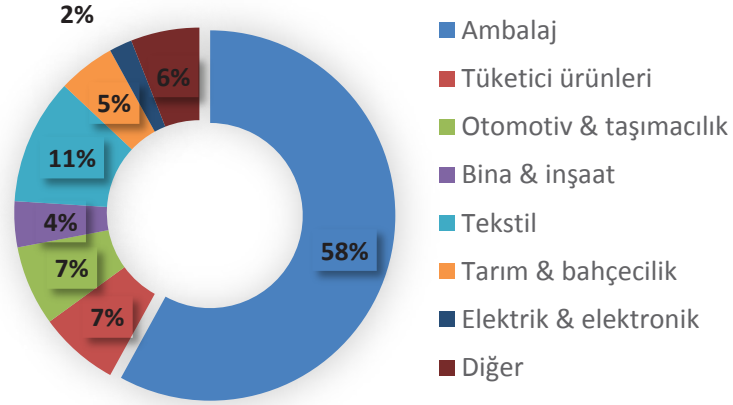
Biyoplastik üretiminde kullanılan biyopolimerler, kimyasal sentez veya mikrobiyal proseslerle üretilmektedir. Bitkiler tarafından üretilen nişasta, selülozdan üretilen biyopolimerler, polilaktik asit biyopolimerleri (PLA), mikroorganizmaların hücre içi depolarından elde edilen Poli-3-hidroksialkanoat (PHA) biyopolimerleri, poliamid kökenli biyopolimerler ve biyolojik etanol kökenli polietilenler, biyoplastik üretimince yaygın olarak kullanılan biyopolimerlere örnek olarak verilebilir. PLA (polilaktik asit) ve PHA (polihidroksialkanoatlar) gibi yenilikçi biyopolimerler, biyobazlı, biyobozunur plastikler alanında giderek artan öneme sahiptir. Özellikle PHA, son yıllarda geliştirilmekte olan ve halihazırda endüstriyel ölçekte pazara giren biyopolimerlerdir; önümüzdeki beş yıl içinde de üretim kapasitelerinin üç katına çıkacağı öngörülmektedir. Bu biyopolimerler, biyobazlı, biyolojik olarak parçalanabilir ve kimyasal bileşimine bağlı olarak çok çeşitli

fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir. Dünyada PLA üretim kapasitesinin 2017 yılına göre 2022 yılına kadar %50 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Mevcut durumda, biyoplastikler yıllık toplam üretilen plastik miktarının yaklaşık olarak %1'ini teşkil etmektedir. Fakat artan talep ve gelişen teknoloji ile birlikte biyoplastik üretiminde yıllık olarak %20 artış görülmektedir. 2014 verilerine göre dünyada biyoplastik üretim kapasitesi toplamda 1,7 milyon tona ulaşmıştır. Biyoplastiklerin 2017 yılındaki küresel üretim kapasiteleri Şekil 3'te verilmektedir. Bu rakamın 2019 yılında 7,9 milyon tona ulaşması öngörülmektedir. Mevcut durumda, biyobazlı, biyobozunur olmayan biyoplastikler toplam biyoplastik üretim kapasitesinin %60'ını oluşturmaktadır. PLA, PHA gibi biyobozunur biyoplastiklerin üretim kapasitesinin 2019 yılı itibarıyla 1,2 milyon tona ulaşması beklenmektedir. Asya ve Amerika'da artırılan kapasiteler sebebiyle, özellikle PHA üretim



kapasitesinin 2014 yılına kıyasla
2019 yılında iki katına çıkması

öngörülmektedir (European
Bioplastics, 2017).



Şekil 3. Biyoplastiklerin Küresel Üretim Kapasiteleri

3. YENİ NESİL BİYOPLASTİKLERİN ÜRETİMİNDE POLİHDİROKSİALKANOATLAR

3.1. Genel Yapısı ve Özellikleri

Polihidroksialkanoatlar (PHA), mikroorganizmalar tarafından sentezlenen ve biyoplastik üretimi için ekstrakte edilen biyobozunur özellikte doğal bir polimerdir (Şekil 4). PHA'lar ilk olarak 1925'te Fransız bilim insanı Lemoigne tarafından bakteri hücrelerinin sitoplazmasındaki yağ granülleri olarak tanımlanmıştır. Polilaktik

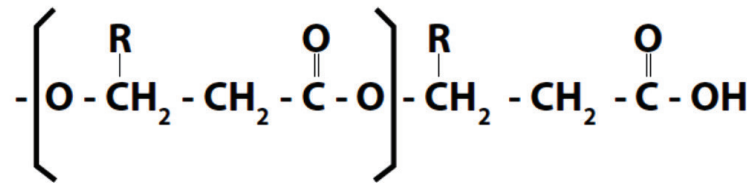
asit (PLA), polibutilen süksinat (PBS), polipropilen karbonat (PPC), polytrimetilenterefitalat (PTT), bio-polietilen (bio-PE), bio-polipropilen (bio-PP), bio-polietilen terefitalat (bio-PET) gibi diğer biyobazlı polimerlerden farklı olarak PHA tamamen biyolojik olarak sentezlenir ve polimerize edilir.

PHA'nın 150'den fazla monomer çeşitliliği olduğu için çok geniş aralıkta sınıflandırılabilir malzeme özellikleri göstermektedir (Steinbüchel and Valentin, 1995; Chen and Wu, 2005). PHA,



monomerlerindeki karbon sayılarına bağlı olarak üç grupta sınıflandırılmaktadır: (i) kısa zincir uzunluğunda PHA'lar, 3-5 karbon monomerinden oluşur, (ii) orta zincir uzunluğunda PHA'lar, 3-hidroksialkanoate yapısında 6-14 karbon monomerinden oluşur, (iii) uzun zincir uzunluğunda PHA'lar 14'ten büyük karbon atomlu uzun zincirli yağ asitlerinden elde edilir (Roy and Visakh, 2015; Li et al., 2016). Poli(3-hidroksibütirat) (PHB), poli(3-hidroksivalerat) (PHV) ve kopolimerleri (poli(3-hidroksibütirat-ko-3-hidroksivalerat), PHBV) kısa zincir uzunluğundaki PHA'ların tipik örnekleridir. 3-hidroksiheksanoat (HHx), 3-hidroksiheptanoat (HH) ve/veya 3-hidroksidekanoat (HD)

ile birlikte kopolimer olarak oluşan poli(3-hidroksioktanoat) (PHO) ve poli(3-hidroksinonanoat) (PHN) orta zincir uzunluğunda PHA'ların tipik örnekleridir. PHA'ların monomer kompozisyonu, fiziksel ve kimyasal özellikleri, mikroorganizmaların türüne ve mikrobiyal çoğalmada kullanılan karbon kaynağına bağlı olarak değişim göstermektedir (Chen, 2009). Farklı fiziksel/kimyasal özelliklere sahip PHA'ların biyoplastik olarak farklı kullanım alanları mevcuttur. Mikrobiyal PHA'lar çoğunlukla ambalaj, tüketici ürünleri ve tıp ve eczacılıkta uygulama alanı bulmaktadır (European Bioplastics, 2017).



Şekil 4. PHA'nın Genel Yapısı



3.2. PHA Depolayan Mikroorganizmalar

Doğal polimerlerden biri olan PHA'lar farklı türlerde pek çok mikroorganizma tarafından hücre içi karbon ve enerji depolama amacıyla üretilmektedir. Mikroorganizmalar, PHA sentezini çoğalma prosesleri boyunca maruz kaldıkları kısıtlayıcı ortam koşullarında bir çeşit hayatta kalma mekanizması olarak gerçekleştirirler (Chen, 2009). Mikroorganizmaların metabolik aktivitelerini sürdürebilmek için stres koşullarında (döngüsel tokluk-açlık metabolizması, çoğalmayı kısıtlayan nütrient eksikliği, yüksek tuzluluk, sınırlı oksijen, vb) ve karbon kaynağı fazlalığında mikrobiyal hücre içerisinde organik madde PHA olarak depolanmaktadır (Singh Saharan et al., 2014).

PHA, taksonomik ve fizyolojik olarak geniş bir aralıkta farklılık gösteren bakteriler ve arkeler tarafından hücre içi yağ granülleri olarak depolanır (Muhammadi et

al., 2015). Gram-negatif ve pozitif türler içeren 300'den fazla farklı bakteri türünün PHA depolayabildiği rapor edilmiştir. PHA üretimini gerçekleştiren arkeler çoğunlukla halofilik arke türleridir (Han et al., 2010). PHA üreten bakteriler, kültür besiyerinde besi maddesi kısıtlaması olması durumuna göre iki temel gruba ayrılabilir (Khanna and Srivastava, 2005). Birinci gruptaki bakteriler (örn. *Ralstonia eutropha*, *Protomonas extorquens* ve *Pseudomonas oleovorans*) azot, fosfor, magnezyum veya sülfür gibi gerekli besi maddelerinin kısıtlı olduğu spesifik stres koşullarında PHA'yı ortamda aşırı miktarda bulunan karbon kaynağından sentezler. *Ralstonia eutropha* (*Cupriavidus necator* olarak yeniden isimlendirilmiştir), tek başına veya bazı laktik asit üreten bakteriler (*Lactococcus lactis* veya *Lactobacillus delbrueckii*) ile birlikte PHB sentezinde en çok kullanılan saf kültürdür (Patnaik, 2005). İkinci gruptaki bakteriler ise karbon kaynağının ve besi maddelerinin



bol olduğu çoğalma fazında PHA'yı depo polimeri olarak sentezler. *Alcaligenes latus*, *Paracoccus denitrificans*, *Azotobacter vinelandii*'nin mutant suşu, ve rekombinant *Escherichia coli*, PHA sentezi için besi maddesi kısıtlamasına gereksinim duymaz ve depo polimeri karbon ve besi maddesi kısıtlaması olmadan depolanır. PHA sentezleyen bakteriler, üretilen PHA'nın monomerlerindeki karbon sayısına göre 4 grupta sınıflandırılabilir. *Ralstonia eutropha* (*Alcaligenes eutrophus*) kısa zincirli PHA (scl-PHA) sentezlerken, *Pseudomonas oleovorans* ve çoğu *Pseudomonads* türleri, β -oksidasyon çevriminin ara ürünleri 3-hydroxyacyl-CoA'yı kullanarak orta uzunlukta zincirli PHA'yı (mcl-PHA) depolar. *Azohydromonas*, *Burkholderia* ve *Cupriavidus* türleri kısa zincirli PHA'yı genellikle yüksek miktarda sentezler (Tan et al., 2014). *Azohydromonas lata* (ATCC 29714), glikoz, fruktoz ve sukroz içeren çeşitli şekerlerden %50 ile %88 hücre kuru ağırlığında

poli(3-hidroksibütirat) (P3HB) sentezleyebilirken (Wang et al., 1997) *Burkholderia* türleri USM (JCM 15050) yağ asitlerinden %69 hücre kuru ağırlığında P3HB üretebilmektedir (Chee et al., 2010). *Cupriavidus necator* H16 (ATCC 17699), şekerler (örn. glikoz ve fruktoz), n-alkanoik asitler (örn. 4-hidroksiheksanoik asit), bitkisel yağlar (örn. zeytinyağı, mısır yağı ve palm yağı) gibi farklı karbon kaynaklarını kullanarak %67 ile 88,9 hücre kuru ağırlığında P3HB depolayabilmektedir (Valentin et al., 1994). Diğer taraftan, *Alcaligenes eutrophus*, *Rhodospirillum rubrum*, *Rhodocyclus gelatinosus*, *Rhodococcus* sp., *Aeromonas caviae*, *Pseudomonas* suşu GP4BH1, *Pseudomonas* sp. suş 61-3, *Photobacterium leiognathi* ve *Vibrio harveyi* üçüncü gruptaki bakterilere örnek verilebilir; kısa ve orta uzunlukta zincirli hidroksialkanoik asitlere (-HA) sahip PHA kopolimelerini sentezleyebildikleri belirlenmiştir. *Fluorescent pseudomonas* ve



çeşitli diğer *Pseudomonas* suşlarını içeren son gruptaki bakteriler ise uzun zincirli PHA'ları (Icl-PHA) sentezleyebilmektedir (Muhammadi et al., 2015).

PHA'lar pek çok bakteriyel kültür tarafından depolanabiliyor olmasına rağmen, *Cupriavidus necator* üzerinde en çok çalışılan organizmadır. Bu bakteri türü ilk defa Imperial Chemical Industries (ICI plc) tarafından PHBV kopolimerini "Biopol" ticari ismiyle üretmek üzere kullanılmıştır (Verlinden et al., 2007). *Bacillus*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas* türleri ile *Aeromonas hydrophila*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Escherichia coli*, *Burkholderia sacchari* ve *Halomonas boliviensis* türleri de endüstriyel PHA üretiminde son yıllarda yaygın olarak çalışılmaktadır (Verlinden et al., 2007). Bununla birlikte saf kültürlerin yerine karışık kültürlerin kullanılması, saf kültürlerde uygulanması gereken sterilizasyon gibi bazı işlemleri gerektirmediği için PHA üretiminde maliyeti

düşürmektedir. Biyolojik aktif çamur sistemlerden alınan karışık kültürler üretim maliyetini azaltarak PHA'nın market potansiyelini artırabilir (Satoh et al., 1999; Chua et al., 2003; Lemos et al., 2006; Patnaik, 2005). Polihidroksialkanoatlar biyobozunur plastik hammadde olarak son yıllarda geliştirilmekte olmasına rağmen konvansiyonel üretim yöntemleri karşısında yüksek üretim maliyeti ve proseste yaşanan zorluklar sebebiyle PHA'nın plastik piyasasındaki payı hala oldukça sınırlıdır (Laycock et al., 2013). Doğal gaz ve petrol rezervlerinin günümüzde yaygın kullanımı ve fiyatlarının özellikle son yıllarda düşük olması PHA'yı hammadde olarak düşük maliyetli petrol bazlı plastikler karşısında rekabet edemez duruma getirmektedir (Wang et al., 2014). Bu sebeple, PHA'nın konvansiyonel petrol bazlı biyopolimerler karşısında rekabetçi olabilmesi için özellikle maliyetinin düşürülmesi konusunda çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu



alanda çalışan araştırmacılar, petrol bazlı biyoplastikler yerine sürdürülebilir ve çevre dostu PHA plastik biyo hammaddesinin gerek üretim maliyetini gerek market değerini artırma yolunda teknolojilerin geliştirilmesi gerektiği bildirilmektedir (Wang et al., 2014).

3.3. Mikrobiyal Karışık Kültür ile PHA Üretimi

Zenginleştirilmiş kültürle substrat olarak atık akımları kullanarak PHA üretim sürecinin verimliliği ve ekonomik uygulanabilirliği için hem yüksek çoğalma hızına hem de yüksek PHA depolanma oranına sahip karışık mikrobiyal kültürlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Karışık kültürler kullanılarak maksimum PHA üretimi çoğunlukla ardışık kesikli reaktörlerde (AKR) açlık-tokluk koşullarının uygulanmasıyla elde edilir. Çalışmalar; açlık ve tokluk besleme koşulları altında çalışan AKR'lerin, yüksek PHA depolanma kapasitesi ve yüksek PHA verimlerini sağlayan zenginleştirilmiş kültürün

oluşumunu desteklediklerini kanıtlamıştır. Zenginleştirilmiş kültür, substratı açlık fazında depolayabildikleri ve depolanmış polimeri sonraki kıtlık fazında içsel karbon kaynağı olarak kullanabildikleri için diğer mikroorganizmalara göre bir rekabet avantajına sahip olmaktadır (Salehizadeh, H. and Van Loosdrecht, M.C.M., 2004).

3.3.1. İşletme Koşullarının PHA Üretimine Etkisinin Değerlendirilmesi

AKR'lerde yüksek PHA eldesi işletme parametrelerin seçimine büyük ölçüde bağlıdır. Organik yükleme oranı, karbon/azot oranı, çamur yaşı, çözülmüş oksijen konsantrasyonu, sıcaklık, pH, açlık/tokluk süresi ve çevrim sayısı, yüksek PHA eldesi için en önemli işletme parametreleridir. AKR'de bir çevrim, besleme, reaksiyon, çökelme ve dinlenme fazlarını içerir. Substrat besleme süresi çoğunlukla 3 ila 10 dakika gibi çok kısa tutulur. Günde çevrim sayısı 6 ila 12 arasında değişir, bu da 2 ila



12 saate karşılık gelir. Maksimum PHA eldesi daha kısa çevrim süreleriyle elde edilir. PHA depolama verimi (KOİ bazında) %50,2 saatlik bir çevrim süresinde organik yükleme oranı 8,5 g KOİ/L.gün ve çamur yaşı 5 gün olarak çalıştırılan bir AKR'de elde edilmiştir (Valentino et al., 2014). Bununla birlikte, büyük ölçekli uygulamalarda proses kontrolünü ve yönetimini basitleştirmek için yüksek PHA eldesi açısından hala daha uygulanabilir olan 6 saatlik bir çevrim süresi tercih edilebilir (Valentino et al., 2014). Fermente gıda atığı kullanan çalışmaların büyük çoğunluğunda, maksimum PHA depolama verimine sahip mikrobiyal kültürü zenginleştirmek için AKR'ler 4 ila 6 saatlik çevrim sürelerinde çalıştırılmıştır. Bununla birlikte, çevrim sayısı, birbiri ile ilişkili olan organik yükleme oranı ve çamur yaşı parametreleri ile optimize edilmelidir (Dionisi et al., 2005; Moita and Lemos, 2012; Liu et al., 2013; Villano et al., 2014; Valentino et al., 2014; Montiel-Jarillo et al., 2017).

Açlık/tokluk oranı, karışık kültürün PHA depolama kapasitesini arttırmak için önemli bir parametredir (Chen et al., 2015). Baskın PHA biriktiren mikroorganizmaların, uzun açlık fazında hücre içi depolanmış PHA kullanılarak hayatta kalacağı için açlık/tokluk oranı 0,25'i geçmemelidir (Lee et al., 2015; Silva et al., 2016). Düşük organik yükleme hızında (0,3-1,2 gKOİ/L.gün) AKR olarak işletilen çok sayıda çalışmada tokluk/açlık fazında yüksek PHA depolama verimi elde edilmiştir (Beun et al., 2000; Serafim et al., 2004). Orta seviyede organik yükleme oranlarında (8,5-12,75 g KOİ/L.gün) organik atıkların uygulandığı ve 2 saatlik besleme periyoduna sahip AKR'de yüksek PHA depolama gözlenirken, organik yükleme oranının 8,5'dan 12,75 gKOİ/L.gün'e çıkarılmasıyla PHA depolama veriminin düştüğü bildirilmektedir (Dionisi et al., 2004). Aynı araştırmacılar tarafından yüksek organik yükleme oranının (8,5-31,25 gKOİ/L.gün)



PHA depolama verimi üzerine etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada ise en yüksek PHA depolama veriminin (0,25 g PHA/L.saat) 20 gKOİ/L.gün değerinde elde edildiği ancak yüksek depolama veriminin uzun süre sürdürülemediği ve ani bir düşüş gözlemlendiği bildirilmektedir (Dionisi et al., 2006).

Çamur yaşı, karışık mikrobiyal kültürün zenginleştirilmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Çamur yaşı > 2 gün olarak çalıştırılan bir AKR'de PHB üretiminin asetat tüketimine oranının sabit olduğunu görülmüştür (Beun et al., 2002). Literatürdeki bir çalışmada 0,37 ila 3 günlük bir çamur yaşı aralığında nispeten sabit bir PHA depolama verimi elde edilmiştir (Dionisi et al., 2001). Bir başka çalışmada, çamur yaşı 10 günden 5 güne düşürüldüğünde substrat alım/PHA üretim kapasitesi üzerinde bir iyileşme olduğu gözlemlenmiştir (Moita and Lemos, 2012). Bununla birlikte, yüksek ve kararlı PHA depolama veriminin 9,5 günlük

yüksek çamur yaşlarında elde edildiği bildirilmiştir (Silva et al., 2016). Tokluk ve açlık fazlarında belirli bir süre boyunca harici nütrient kısıtlamasına gerek olmaksızın aktif çamur sistemleri işletildiğinde, yüksek depolama kapasitesine sahip karışık popülasyon seçici olarak zenginleştirilebilmektedir. Özellikle endüstriyel atıklar için besin maddelerinin varlığı PHA depolama kapasitesi açısından önemlidir ve PHB sentezi için optimum oran olarak KOİ/N oranı 100 olarak bildirilmiştir (maksimum PHB içeriği kuru hücre ağırlığının %64,2'sine ulaşmıştır) (Liu et al., 2013). AKR'lerin düşük sıcaklıklarda çalıştırılması (15 ila 20°C aralığında) ile PHA eldesi daha az maliyetli olmakta ve PHA'in hacimsel verimliliği artmaktadır.

Kesikli işletilen reaktörlerde, tokluk fazında ortam pH'sının yükseldiği, açlık fazında ise tekrar nötral değerlere ulaştığı bildirilmektedir. Tokluk fazındaki yükseliş 8,0-9,5



aralığında kalmakta ve çoğunlukla substrat inhibisyonuna sebep olmamaktadır (Roy and Visakh, 2015). Ayrıca pH kontrol edilmeyen sistemlerde PHA birikiminin arttığı gözlenmiştir (Silva et al., 2016).

Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun PHA üretimi üzerindeki etkisi önemlidir. Anaerobik/aerobik döngü ve aerobik dinamik beslenme şekli en yaygın kullanılan kültür zenginleştirme yöntemleridir (Kourmentza et al., 2017). Anaerobik/aerobik koşullar altında işletilen sistemlerde PHA depolama kapasiteleri yaklaşık %20 (kuru hücre ağırlığı) iken, son zamanlardaki çalışmalar zenginleştirilmiş mikrobiyal kültür ile PHA depolama kapasitelerinin %60'a kadar çıktığı aerobik dinamik besleme sistemine odaklanmıştır. Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda kısıtlayıcı faktörün elektron alıcısından ziyade substratın olduğu aerobik dinamik besleme koşulları uygulanmıştır (Reis et al., 2003).

Saf veya karışık mikrobiyal kültürler kullanılarak aerobik dinamik besleme ile kültür zenginleştirme yoluyla kuru hücre ağırlığının %90'ına kadar ulaşan PHA içerikleri bildirilmiştir. Mikroaerofilik-aerobik koşullarda gerçekleştirilen bir çalışmada kuru hücre ağırlığının %62'sine kadar PHA birikimi elde edilmiştir (Satoh et al., 1998). Fermantasyona uğramış süt atıkları ile beslenen bir AKR'den alınan zenginleştirilmiş bir PHA kültürü kullanılarak birikme fazı sırasında mikroaerofilik koşulların etkisi araştırılmış ve mikroaerofilik koşullar altında yüksek ÇO (çözünmüş oksijen) koşullarına kıyasla daha yüksek bir PHA artışı gözlenmiştir (Pratt et al., 2012). Bununla birlikte, yüksek ÇO konsantrasyonuna kıyasla düşük ÇO seviyesinde maksimum PHA içeriğinin elde edilmesi için daha uzun süreye ihtiyaç vardır. Mikroaerofilik şartlar enerji maliyetlerinden tasarruf etme avantajına sahiptir, ancak düşük ÇO ortamlarında PHA birikiminin önemli ölçüde daha yavaş

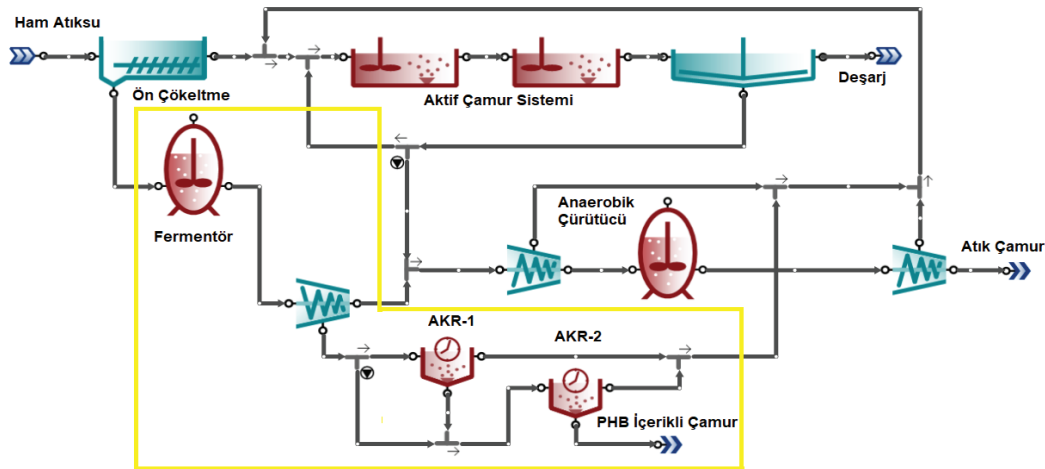


olabileceğine dikkat edilmelidir (Reis et al., 2003).

Son yıllarda gıda endüstrilerinin yüksek tuzluluk içeren atıksuları kullanılarak halojenik mikroorganizmalar ile PHA polimer üretimi üzerinde çalışmalar bildirilmektedir (Kourmentza et al., 2017). Aerobik dinamik besleme koşulları altında zenginleştirilen halofilik PHA depolayan karışık mikrobiyal kültür ile asetat ve glukoz beslemesi altında elde edilen PHA depolama verimleri %65 ve %61 olarak bildirilmektedir (Cui et al., 2016).

Şekil 5'te konvansiyonel aktif çamur sisteminin kullanıldığı kentsel atıksu arıtma tesisine

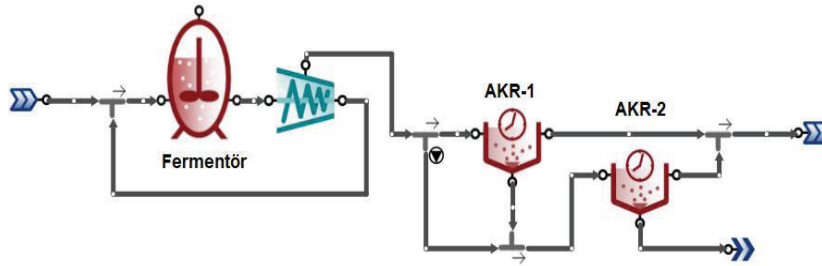
entegre edilen iki kademeli bir biyoreaktör sistemi gösterilmektedir. Özetle, ön çökeltme ile atıksudan ayrılan ayrışabilen organik maddeler fermentörde asetat, bütirat, propiyonat vb. uçucu yağ asitlerine dönüştürülmektedir. Su fazına geçen bu yağ asitleri katı fazdan ayrılarak uygun koşullarda işletilen Ardışık Kesikli Reaktör (AKR-1) sistemine PHA depolama özelliğine sahip biyokütle elde etmek amacı ile beslenmektedir. İkinci aşamada, uçucu yağ asidi içeriği yüksek atıksuyun beslendiği biyokütle AKR-2 sisteminde ile PHA'nın depolaması sağlanabilmektedir.



Şekil 5. Konvansiyonel Atıksu Arıtma Tesisine Entegre PHA Üretimi

PHA üretimi organik içeriği yüksek endüstriyel atıksu/atık akımlarından da sağlanabilmektedir (Şekil 6). Öncelikle atıksuya doğrudan uygulanan fermentasyon prosesi

ile ayrışabilir organik maddeler, uçucu yağ asitlerine dönüştürülmektedir. Sonrasında, PHA içeriği yüksek biyokütle de uygun biyoreaktörler kullanılarak benzer şekilde üretilebilmektedir.



Şekil 6. Organik İçeriği Yüksek Atıklar için PHA Üretimi

3.3.2. PHA Üretiminde Ekonomik Karbon Kaynağı Olarak Atıksuların/Atıkların Kullanılmasının Değerlendirilmesi

Literatürde üretim maliyetini düşürmek için maksimum verimde PHA depolayabilecek özel mikrobiyal türün geliştirilmesi ve ileri fermentasyon teknolojilerinin geliştirilmesi gerekliliğine (Wang et al., 2014) işaret edilmekle beraber, özellikle saf kültürlerle PHA üretiminde mikrobiyal çoğalma ortamı olarak kullanılan su ve besin maddelerinin (substrat ve

mineraller) maliyetinin düşürülmesi gerektiği de dikkate alınmalıdır. Yüksek maliyetlerin düşürülmesi amacıyla karbon kaynağı olarak atıksu kullanımı da önemli bir çalışma alanı oluşturmaktadır. PHA üretimi ve çoğalma için çeşitli karbon kaynakları kullanılabilir. Bu karbon kaynakları başlıca melas ve sukroz, nişasta ve maltoz, buğdaydan üretilen laktoz, selüloz hidroliz ürünleri (kâğıt endüstrisinde hidroliz ve iyon değişiminden sonra kalan atıklar), alkoller, biyodizel üretim atıkları (gliserol, metanol), yağlar (bitkisel



ve hayvansal atıklardan gelen yağlar) ve organik asitler (katı faz fermantasyonundan elde edilen laktik asit), olarak sıralanabilir. Böylelikle, karışık kültür ve karbon kaynağı olarak atık organik madde içeriği yüksek atıksu kullanımı ile hem sterilizasyon ihtiyacı olmayan düşük maliyetli üretim işlemleri kullanımı mümkün olmaktadır. PHA üretim maliyetinin önemli bir kısmını (%30-50) kullanılan substrat (karbon kaynağı) oluşturmaktadır. Bu nedenle substrat olarak ucuz alternatif kaynakların (karbon içeriği yüksek evsel ve endüstriyel olan atıksular/atıklar) kullanımı ön plana çıkmıştır. Bu kaynakların kullanımı aynı zamanda atıksulardan fosfor giderimine ve atılan çamur miktarında azalmaya katkı sağlamaktadır. Atıksu arıtımını PHA üretimi ile birleştirmek çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde sadece atıksu kullanılarak PHA üretim kapasitesi %6-30 aralığında (kuru hücre ağırlığı) rapor

edilmiştir. Evsel atıksuyun diğer karbonca zengin endüstriyel atıksu/atıklar ile karıştırılmasının da ekonomik bir çözüm olduğu ortaya konmuştur. Mikrobiyal karışık kültürler tarafından PHA üretim metabolizması kullanılarak biyoplastik üretimi yapılabilen stratejiler anaerobik-aerobik sistemler, tokluk-açlık besleme (karbon kaynağı kısıtlı) sistemleri, yüksek karbon içerikli azot ve/veya fosfor kısıtlı atıksular ile beslenen sistemler, mikroaerofilik (oksijen kısıtlı) sistemlerdir. Gıda endüstrisi atıksularını arıtan aktif çamur kültürünü kontrollü karbon/azot (C/N) oranlarında polimer depolamak üzere aklime edilen deneysel bir çalışmada, karbon/azot oranınının 144 olması durumunda aktif çamurun %33 oranında polimer depolayabildiğini gözlemlenmiştir (Kumar et al., 2004). Bu çalışmanın sonucunda, aktif çamurdan PHB üretimi ve geri kazanımı ile PHB üretim maliyetini azaltırken, atıksu arıtımı sırasında oluşan fazla çamur miktarını da azalttığı sonucuna varmışlardır.



Günümüzde çeşitli evsel, endüstriyel atık ve atıksular kullanılarak PHA üretiminin araştırıldığı laboratuvar ölçekli çok sayıda çalışma olmasına karşılık, gerçek ölçekte bir uygulama bulunmamaktadır. Ancak, 2016 yılında pilot ölçekte Hollanda, İsveç, İsviçre ve Almanya'dan çeşitli su otoriteleri ve firmalarının

ortaklığında atıksulardan PHA üretimi pilot ölçekte gerçekleştirilmiştir (Stowa, 2017). Saf/karışık kültürlerle farklı işletme koşullarında ve farklı substrat kaynakları ile gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen PHA depolama verimi Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Saf ve Karışık Kültürle Farklı Atık-Atıksu Kaynakları ile Elde Edilen PHA Depolama Verimi

Atık/Atıksu kaynağı		PHA içeriği*	Kaynak
Saf kültürde yapılan çalışmalar			
Zeytinyağı atıksuyu	<i>A. chroococum</i>	886	Pozo et al., 2002
Melas	<i>K. aerogenes recombinants</i>	65	Zhang vd. 1994
Hurma çekirdeği yağı	<i>P. aeruginosa</i>	37	Tan et al., 1997
Soya fasulyesi yağı	<i>P. aeruginosa</i>	661	Fernández et al., 2005
Atık kızartmalık yağ	<i>P. aeruginosa</i>	294	Fernández et al., 2005
Malt atığı	<i>A. latus</i>	70	Peter et al., 1999
Peyniraltı suyu	<i>H. mediterranei</i>	66	Koller, 2015
Karışık kültürde farklı işletme koşullarında yapılan çalışmalar			
Fermente gıda atıkları	Anaerobik- Aerobik	60	Rhu et al, 2003
Fermente atıksu	Anaerobik- Aerobik	40	Coats et al., 2007
Fermente kağıt endüstrisi atıksuyu	Anaerobik- Aerobik	42	Bengtsson et al. 2008



Şekerleme fabrikası fermente atıksuyu	Tokluk-Açlık	70-76	Tamis et al., 2014
Kağıt endüstrisi atıksuyu	Tokluk-Açlık	48	Bengtsson and Werker, 2008
Fermente melas	Tokluk-Açlık	56	Albuquerque et al., 2011
Fermente atık çamur	Tokluk-Açlık	34	Morgan-Sagastume et al., 2011
Fermente kağıt endüstrisi atıksuyu	Tokluk-Açlık	48	Bengtsson et al., 2008

* % *kuru ağırlık*

3.4. PHA Üretimi İçin Maliyet Analizi

PHA polimerinin ticarileştirilmesi ve yaygın kullanımı, petrol bazlı sentetik plastiklere kıyasla daha yüksek üretim maliyeti nedeniyle sınırlıdır. Mikrobiyal proseslerle PHA üretim maliyeti bileşenleri (1) yüksek saflıkta substratların yüksek fiyatı, (2) mikrobiyal biyokütle ön-işlemi, (3) polimer ekstraksiyonu ve oluşan ürünün saflaştırılması adımlarından oluşmaktadır (Kourmentza et al., 2017; Jacquell et al., 2008).

Kullanılan substrat kaynağı, proseste kullanılan biyokatalizörler, polimer ekstraksiyon yöntemi ve kullanılan teknolojinin karmaşıklığı,

PHA üretim maliyetinde önemli bir değişikliğe neden olmaktadır. PHB üretim maliyeti 2,5-3,0 €/kg - 12 €/kg arasında olduğu bildirilirken, kopolimer (P (3HB-co-3HV)) maliyeti 3-5 €/kg ile 12 €/kg arasındadır (Chanprattap, 2010; Castilho et al., 2009). Endüstriyel ölçekli PHB üretim maliyeti (2,0 ila 6,5 ABD \$/kg) diğer biyoplastik kaynaklarından nişasta bazlı biyoplastiklerin üretimi (2,60-5,80 US \$/kg) ve polilaktikasit (PLA) üretimi (2,0-3,0 US \$/kg) maliyetlerine kıyasla hala yüksektir (Levett et al., 2014).

Mevcut teknolojiler, yüksek üretim maliyetleri ve işletme/üretim maliyetinde önemli farklılıkların bir



sonucu olarak, PHA'ların biyoplastik pazardaki payı %2,0 ile sınırlıdır (Samori et al., 2015). Endüstriyel ölçekteki çalışmalar PHA üretimi maliyetinin konvansiyonel petrol bazlı plastiklerden (<1,0 \$/kg) çok daha pahalı olduğunu açıkça göstermektedir (Jacquel et al., 2008). Dolayısıyla, sürdürülebilir süreçlerle ticari olarak PHA polimerleri üretmek için düşük maliyetli yollara odaklanmak önemlidir.

Sözü edilen ekonomik dezavantajlara ve PHA polimerlerinin sınırlı kullanımlarına rağmen, PHA'lar hala potansiyel adaylardır ve son yıllardaki çalışmalar biyoplastik pazarında rekabette kalmak için üretimi arttırmaya ve üretim maliyetlerini düşürmeye adanmıştır. Son zamanlarda, steril şartlar gerektirmeyen karışık mikrobiyal kültürün kullanımı, daha geniş metabolik potansiyele sahip olduğu ve substratlar olarak atık akımlarını kullanmak için daha yüksek

adaptasyona sahip olduğu için üretim maliyetini düşürmek için saf kültür çalışmalarına alternatif olarak gösterilmektedir (Kourmentza et al., 2017; Salehizadeh and Van Loosdrecht, 2004; Liu et al., 2013; Moita and Lemos, 2012; Carvalho et al., 2014). Tarımsal endüstriyel organik atıklar veya yan ürünleri gibi yenilenebilir hammaddelerin, PHA üretimi için alternatif olarak daha ucuz bir substrat olarak değerlendirilmesi için biyoproseslerin geliştirilmesi çok önemlidir. PHA üretim maliyetini düşürme çabası, ekstraksiyon prosesi için çevre dostu tekniklerin kullanımı, yüksek miktarda kimyasal kullanımının azaltılması ve basit alt proseslerin kullanımına odaklanmaktadır (Kourmentza et al., 2017). Yenilenebilir ham maddelerin mevcudiyeti ve biyomedikal, ambalajlama ve gıda uygulamaları için biyobazlı polimerlerin yeşil tedarik politikaları ile birlikte artan taleplerinden dolayı PHA piyasasına olan talebin artması beklenmektedir



(Kourmentza et al., 2017). Küresel PHA piyasasının, 2016 yılında 73,6 milyon \$ olan yıllık %4,88'lik bir yıllık büyüme oranı ile 2021 yılına kadar 93,5 milyon \$'a ulaşması beklenmektedir (Markets and Markets, 2017).

4. SONUÇ/DEĞERLENDİRME

Günümüzde sentetik polimer üretimi değerli kaynakların tüketilmesine neden olduğu gibi ciddi çevresel ve sağlık problemlerini beraberinde getirmektedir. Sürdürülebilirliğin sağlanması ve çevresel risklerin azaltılması açısından sentetik polimerlere alternatif olacak üretim alternatifleri bu problemlerin çözümünü beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak, özellikle atık organik maddelerin biyoplastiklere dönüştürülmesi yenilikçi yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Biyoplastiklerin üretimi ve kullanımı son yıllarda özellikle Avrupa'da yaygınlaşmaktadır. Çeşitli biyokütle kaynakları biyoplastik üretiminde kullanılabilmekle birlikte

atıklar/atıksulardaki organik maddelerin çeşitli biyopolimere dönüştürülmesi uluslararası ölçekte teşvik edilmektedir. Bu şekilde atıksu arıtımının biyoplastik üretimiyle entegre edilmesinin çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir yaklaşım olduğu anlaşılmaktadır. Atıksu arıtımına konvansiyonel yaklaşımın, atık ve atıksulardan biyoplastik vb. kaynak geri kazanımı yönünde değiştirilmesi ve yenilikçi yaklaşımlar ile birlikte sürdürülebilir çözümler geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Albuquerque, M.G.E., Martino, V., Pollet, E., Avérous, L. and Reis, M.A.M., 2011, Mixed Culture Polyhydroxyalkanoate (PHA) Production from Volatile Fatty Acid (VFA)-Rich Streams: Effect of Substrate Composition and Feeding Regime on PHA Productivity, Composition and Properties, Journal of Biotechnology, Vol.151/1, pp.66-76.



- Bengtsson, S., Werker, A., Christensson, M. and Welander, T., 2008, *Production of Polyhydroxyalkanoates by Activated Sludge Treating a Paper Mill Wastewater, Bioresource technology, Vol.99/3, pp.509-516.*
- Beun, J.J., Dircks, K., Van Loosdrecht, M.C.M. and Heijnen, J.J., 2002, *Poly-β-Hydroxybutyrate Metabolism in Dynamically Fed Mixed Microbial Cultures, Water Research, Vol.36/5, pp.1167-1180.*
- Beun, J.J., Paletta, F., Van Loosdrecht, M.C.M. and Heijnen, J.J., 2000, *Stoichiometry and Kinetics of Poly-β-Hydroxybutyrate Metabolism in Aerobic, Slow Growing, Activated Sludge Cultures, Biotechnology and Bioengineering, Vol.67/4, pp.379-389.*
- Carvalho, G., Oehmen, A., Albuquerque, M.G. and Reis, M.A., 2014, *The Relationship between Mixed Microbial Culture Composition and PHA Production Performance from Fermented Molasses, New Biotechnology, Vol.31/4, pp.257-263.*
- Castilho, L.R., Mitchell, D.A. and Freire, D.M., 2009, *Production of Polyhydroxyalkanoates (PHAs) from Waste Materials and by-Products by Submerged and Solid-State Fermentation, Bioresource Technology, Vol.100/23, pp.5996-6009.*
- Chanprateep, S., 2010, *Current Trends in Biodegradable Polyhydroxyalkanoates, Journal of Bioscience and Bioengineering, Vol.110/6, pp.621-632.*
- Chen, G.Q. and Wu, Q., 2005, *Microbial Production and Applications of Chiral Hydroxyalkanoates, Applied Microbiology and Biotechnology, Vol.67/5, pp.592-599.*
- Chen, G.Q., 2009, *A Microbial Polyhydroxyalkanoates (PHA) Based Bio-and Materials Industry, Chemical Society Reviews, Vol.38/8, pp.2434-2446.*
- Chen, Z., Guo, Z., Wen, Q., Huang, L., Bakke, R. and Du, M., 2015, *A New Method for Polyhydroxyalkanoate (PHA) Accumulating Bacteria Selection under Physical Selective Pressure, International Journal*



- of *Biological Macromolecules*, Vol.72, pp.1329-1334.
- Chua, A.S., Takabatake, H., Satoh, H. and Mino, T., 2003, *Production of Polyhydroxyalkanoates (PHA) by Activated Sludge Treating Municipal Wastewater: Effect of pH, Sludge Retention Time (SRT), and Acetate Concentration in Influent*, *Water Research*, Vol.37/15, pp.3602-3611.
- Coats, E.R., Loge, F.J., Wolcott, M.P., Englund, K. and McDonald, A.G., 2007, *Synthesis of Polyhydroxyalkanoates in Municipal Wastewater Treatment*, *Water Environment Research*, Vol.79/12, pp.2396-2403.
- Cui, Y.W., Zhang, H.Y., Lu, P.F. and Peng, Y.Z., 2016, *Effects of Carbon Sources on the Enrichment of Halophilic Polyhydroxyalkanoate-Storing Mixed Microbial Culture in an Aerobic Dynamic Feeding Process*, *Scientific Reports*, Vol.6, p.30766.
- Dias, J.M., Lemos, P.C., Serafim, L.S., Oliveira, C., Eiroa, M., Albuquerque, M.G., Ramos, A.M., Oliveira, R. and Reis, M.A., 2006, *Recent Advances in Polyhydroxyalkanoate Production by Mixed Aerobic Cultures: from the Substrate to the Final Product*, *Macromolecular Bioscience*, Vol.6/11, pp.885-906.
- Dionisi, D., Beccari, M., Di Gregorio, S., Majone, M., Papini, M.P. and Vallini, G., 2005, *Storage of Biodegradable Polymers by an Enriched Microbial Community in a Sequencing Batch Reactor Operated at High Organic Load Rate*, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol.80/11, pp.1306-1318.
- Dionisi, D., Majone, M., Papa, V. and Beccari, M., 2004, *Biodegradable Polymers from Organic Acids by Using Activated Sludge Enriched by Aerobic Periodic Feeding*, *Biotechnology and Bioengineering*, Vol.85/6, pp.569-579.
- Dionisi, D., Majone, M., Tandoi, V. and Beccari, M., 2001, *Sequencing Batch Reactor: Influence of Periodic Operation on Performance of Activated Sludges in Biological Wastewater Treatment*, *Industrial & Engineering*



- Chemistry Research, Vol.40/23, pp.5110-5119.*
- Dionisi, D., Majone, M., Vallini, G., Di Gregorio, S. and Beccari, M., 2006, *Effect of the Applied Organic Load Rate on Biodegradable Polymer Production by Mixed Microbial Cultures in a Sequencing Batch Reactor, Biotechnology and Bioengineering, Vol.93/1, pp.76-88.*
- European Bioplastics, 2016, *Fact Sheet: What are Bioplastics, http://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP_fs_what_are_bioplastics.pdf, Erişim Tarihi: 02.05.2018.*
- European Bioplastics, 2017, *Report: Bioplastics Market Data, http://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/2017/Report_Bioplastics_Market_Data_2017.pdf, Erişim Tarihi: 02.05.2018.*
- Fernández, D., Rodríguez, E., Bassas, M., Viñas, M., Solanas, A.M., Llorens, J., Marqués, A.M. and Manresa, A., 2005, *Agro-Industrial Oily Wastes as Substrates for PHA Production by the New Strain Pseudomonas Aeruginosa NCIB 40045: Effect of Culture Conditions, Biochemical Engineering Journal, Vol.26/2-3, pp.159-167.*
- Han, J., Hou, J., Liu, H., Cai, S., Feng, B., Zhou, J. and Xiang, H., 2010, *Wide Distribution Among Halophilic Archaea of a Novel Polyhydroxyalkanoate Synthase Subtype with Homology to Bacterial Type III Synthases, Applied and Environmental Microbiology, Vol.76/23, pp.7811-7819.*
- Jacquel, N., Lo, C.W., Wei, Y.H., Wu, H.S. and Wang, S.S., 2008, *Isolation and Purification of Bacterial Poly (3-hydroxyalkanoates), Biochemical Engineering Journal, Vol.39/1, pp.15-27.*
- Khanna, S. and Srivastava, A.K., 2005, *Recent Advances in Microbial Polyhydroxyalkanoates, Process Biochemistry, Vol.40/2, pp.607-619.*
- Koller, M., 2015, *Recycling of Waste Streams of the Biotechnological Poly(hydroxyalkanoate) Production by Haloferax Mediterranei on Whey, International Journal of Polymer Science.*



- Kourmentza, C., Plácido, J., Venetsaneas, N., Burniol-Figols, A., Varrone, C., Gavala, H.N. and Reis, M.A., 2017, *Recent Advances and Challenges towards Sustainable Polyhydroxyalkanoate (PHA) Production*, *Bioengineering*, Vol.4/2, p.55.
- Kumar, M.S., Mudliar, S.N., Reddy, K.M.K. and Chakrabarti, T., 2004, *Production of Biodegradable Plastics from Activated Sludge Generated from a Food Processing Industrial Wastewater Treatment Plant*, *Bioresource Technology*, Vol.95/3, pp.327-330.
- Lafferty, R.M., Korsatko, B. and Korsatko, W., 1988, *Microbial Production of Poly-β-Hydroxybutyric Acid*, *Biotechnology*, Vol.6, pp.135-176.
- Laycock, B., Halley, P., Pratt, S., Werker, A. and Lant, P., 2013, *The Chemomechanical Properties of Microbial Polyhydroxyalkanoates*, *Progress in Polymer Science*, Vol.38/3-4, pp.536-583.
- Lee, S.Y., 1996, *Bacterial Polyhydroxyalkanoates*, *Biotechnology and Bioengineering*, Vol.49/1, pp.1-14.
- Lee, W.S., Chua, A.S.M., Yeoh, H.K., Nittami, T. and Ngoh, G.C., 2015, *Strategy for the Biotransformation of Fermented Palm Oil Mill Effluent into Biodegradable Polyhydroxyalkanoates by Activated Sludge*, *Chemical Engineering Journal*, Vol.269, pp.288-297.
- Lemoigne, M., 1925, *Etudes sur L'autolyse Microbienne Acidification par Formation D'acide β-Oxybutyrique*, *Annales de l'Institut Pasteur*, Vol.39, pp.144-173.
- Lemos, P.C., Serafim, L.S. and Reis, M.A., 2006, *Synthesis of Polyhydroxyalkanoates from Different Short-Chain Fatty Acids by Mixed Cultures Submitted to Aerobic Dynamic Feding*, *Journal of Biotechnology*, Vol.122/2, pp.226-238.
- Levett, I., Birkett, G., Davies, N., Bell, A., Langford, A., Laycock, B., Lant, P. and Pratt, S., 2016, *Techno-Economic Assessment of Poly-3-Hydroxybutyrate (PHB) Production from Methane-The*



- Case for Thermophilic Bioprocessing, Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol.4/4, pp.3724-3733.*
- Li, Z., Yang, J. and Loh, X.J., 2016, *Polyhydroxyalkanoates: Opening Doors for a Sustainable Future, NPG Asia Materials, Vol.8/4, p.265.*
- Liu, C., Wang, H., Xing, W. and Wei, L., 2013, *Composition Diversity and Nutrition Conditions for Accumulation of Polyhydroxyalkanoate (PHA) in a Bacterial Community from Activated Sludge, Applied Microbiology and Biotechnology, Vol.97/21, pp.9377-9387.*
- Maffini, M.V., Rubin, B.S., Sonnenschein, C., and Soto, A.M., 2006, *Endocrine Disruptors and Reproductive Health: The Case of Bisphenol-A, Molecular and Cellular Endocrinology, Vol.254-255, pp.179-186.*
- Markets and Markets, 2017, *Polyhydroxyalkanoate (PHA) Market by Type (Monomers, Co-Polymers, Terpolymers), Manufacturing Technology (Bacterial Fermentation, Biosynthesis, Enzymatic Catalysis), Application (Packaging, Bio Medical, Food Services, Agriculture)-Global Forecast to 2021, <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/pha-market-395.html>, Erişim Tarihi: 02.05.2018.*
- Moita, R. and Lemos, P.C., 2012, *Biopolymers Production from Mixed Cultures and Pyrolysis by-products, Journal of Biotechnology, Vol.157/4, pp.578-583.*
- Montiel-Jarillo, G., Carrera, J. and Suárez-Ojeda, M.E., 2017, *Enrichment of a Mixed Microbial Culture for Polyhydroxyalkanoates Production: Effect of pH and N and P Concentrations, Science of the Total Environment, Vol.583, pp.300-307.*
- Morgan-Sagastume, F., Valentino, F., Hjort, M., Cirne, D., Karabegovic, L., Gerardin, F., Johansson, P., Karlsson, A., Magnusson, P., Alexandersson, T. and Bengtsson, S., 2014, *Polyhydroxyalkanoate (PHA) Production from Sludge and Municipal Wastewater Treatment, Water Science and Technology, Vol.69/1, pp.177-184.*



- Muhammadi, Shabina, Afzal, M. and Hameed, S., 2015, *Bacterial Polyhydroxyalkanoates-Eco-Friendly Next Generation Plastic: Production, Biocompatibility, Biodegradation, Physical Properties and Applications*, *Green Chemistry Letters and Reviews*, Vol.8, pp.56-77.
- Patnaik, P.R., 2005, *Perspectives in the Modeling and Optimization of PHB Production by Pure and Mixed Cultures*, *Critical Reviews in Biotechnology*, Vol.25/3, pp.153-171.
- Peter, H.Y., Chua, H., Huang, A.L. and Ho, K.P., 1999, *Conversion of Industrial Food Wastes by *Alcaligenes Latus* into Polyhydroxyalkanoates*, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Vol.78/1-3, pp.445-454.
- Pozo, C., Martinez-Toledo, M.V., Rodelas, B. and Gonzalez-Lopez, J., 2002, *Effects of Culture Conditions on the Production of Polyhydroxyalkanoates by *Azotobacter Chroococcum* H23 in Media Containing a High Concentration of Alpechin (Wastewater from Olive Oil Mills) as Primary Carbon Source*, *Journal of Biotechnology*, Vol.97/2, pp.125-131.
- Pratt, S., Werker, A., Morgan-Sagastume, F. and Lant, P., 2012, *Microaerophilic Conditions Support Elevated Mixed Culture Polyhydroxyalkanoate (PHA) Yields, but Result in Decreased PHA Production Rates*, *Water Science and Technology*, Vol.65/2, pp.243-246.
- Reis, M.A.M., Serafim, L.S., Lemos, P.C., Ramos, A.M., Aguiar, F.R. and Van Loosdrecht, M.C.M., 2003, *Production of Polyhydroxyalkanoates by Mixed Microbial Cultures*, *Bioprocess and Biosystems Engineering*, Vol.25/6, pp.377-385.
- Rhu, D.H., Lee, W.H., Kim, J.Y. and Choi, E., 2003, *Polyhydroxyalkanoate (PHA) Production from Waste*, *Water Science and Technology*, Vol.48/8, pp.221-228.
- Roy, I and Visakh, PM, 2015, *Polyhydroxyalkanoate (PHA) Based Blends, Composites and Nanocomposites*, *RSC Green Chemistry No. 30*, The Royal Society of Chemistry, UK.



- Salehizadeh, H. and Van Loosdrecht, M.C.M., 2004, *Production of Polyhydroxyalkanoates by Mixed Culture: Recent Trends and Biotechnological Importance*, *Biotechnology Advances*, Vol.22/3, pp.261-279.
- Samori, C., Basaglia, M., Casella, S., Favaro, L., Galletti, P., Giorgini, L., Marchi, D., Mazzocchetti, L., Torri, C. and Tagliavini, E., 2015, *Dimethyl Carbonate and Switchable Anionic Surfactants: Two Effective Tools for the Extraction of Polyhydroxyalkanoates from Microbial Biomass*, *Green Chemistry*, Vol.17/2, pp.1047-1056.
- Satoh, H., Iwamoto, Y., Mino, T. and Matsuo, T., 1998, *Activated Sludge as a Possible Source of Biodegradable Plastic*, *Water Science and Technology*, Vol.38/2, pp.103-109.
- Satoh, H., Mino, T. and Matsuo, T., 1999, *PHA Production by Activated Sludge*, *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol.25/1-3, pp.105-109.
- Serafim, L.S., Lemos, P.C., Oliveira, R. and Reis, M.A., 2004, *Optimization of Polyhydroxybutyrate Production by Mixed Cultures Submitted to Aerobic Dynamic Feeding Conditions*, *Biotechnology and Bioengineering*, Vol.87/2, pp.145-160.
- Sevilmiş, G. 2012. *Ege Bölgesi Plastik Sektörü Raporu*, İzmir Ticaret Odası (İZTO), Ar&Ge Bülten, İzmir.
- Silva, F., Campanari, S., Matteo, S., Valentino, F., Majone, M. and Villano, M., 2017, *Impact of Nitrogen Feeding Regulation on Polyhydroxyalkanoates Production by Mixed Microbial Cultures*, *New Biotechnology*, 37, pp.90-98.
- Singh Saharan, B., Grewal, A. and Kumar, P., 2014, *Biotechnological Production of Polyhydroxyalkanoates: a Review on Trends and Latest Developments*, *Chinese Journal of Biology*, 2014.
- Sprajcar, M., Horvat, P. and Krzan, A., 2012, *Biopolymers and Bioplastics: Plastics Aligned with Nature*, *Plastice Project, Innovative Value Chain for Development for Sustainable Plastics in Central Europe*, European Union, pp.1-32.



- Steinbüchel, A. and Valentin, H.E., 1995, *Diversity of Bacterial Polyhydroxyalkanoic Acids*, *FEMS Microbiology Letters*, Vol.128/3, pp.219-228.
- Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA). "Phario:Stepping Stone to a Sustainable Value Chain for PHA Bioplastic Using Municipal Activated Sludge", <http://stowa.nl/upload/Publicaties%202017/STOWA%202017%2015%20WEB.pdf>, Erişim Tarihi: 26 Mayıs 2017.
- Tamis, J., Lužkov, K., Jiang, Y., van Loosdrecht, M.C. and Kleerebezem, R., 2014, *Enrichment of Plasticicumulans Acidivorans at Pilot-Scale for PHA Production on Industrial Wastewater*, *Journal of Biotechnology*, Vol.192, pp.161-169.
- Tan, G.Y.A., Chen, C.L., Li, L., Ge, L., Wang, L., Razaad, I.M.N., Li, Y., Zhao, L., Mo, Y. and Wang, J.Y., 2014, *Start a Research on Biopolymer Polyhydroxyalkanoate (PHA): a Review*, *Polymers*, Vol.6/3, pp.706-754.
- Tan, I.K.P., Kumar, K.S., Theanmalar, M., Gan, S.N. and Gordon Iii, B., 1997, *Saponified Palm Kernel Oil and Its Major Free Fatty Acids as Carbon Substrates for the Production of Polyhydroxyalkanoates in Pseudomonas Putida PGA1*, *Applied Microbiology and Biotechnology*, Vol.47/3, pp.207-211.
- Valentin, H.E., Lee, E.Y., Choi, C.Y. and Steinbüchel, A., 1994, *Identification of 4-Hydroxyhexanoic Acid as a New Constituent of Biosynthetic Polyhydroxyalkanoic Acids from Bacteria*, *Applied Microbiology and Biotechnology*, Vol.40/5, pp.710-716.
- Valentino, F., Beccari, M., Fraraccio, S., Zanaroli, G. and Majone, M., 2014, *Feed Frequency in a Sequencing Batch Reactor Strongly Affects the Production of Polyhydroxyalkanoates (PHAs) from Volatile Fatty Acids*, *New Biotechnology*, Vol.31/4, pp.264-275.
- Verlinden, R.A., Hill, D.J., Kenward, M.A., Williams, C.D. and Radecka, I., 2007, *Bacterial Synthesis of Biodegradable Polyhydroxyalkanoates*, *Journal*



of Applied Microbiology,
Vol.102/6, pp.1437-1449.

Environmental Microbiology,
Vol.60/4, pp.1198-1205.

*Villano, M., Valentino, F., Barbetta, A.,
Martino, L., Scandola, M. and
Majone, M., 2014,
Polyhydroxyalkanoates
Production with Mixed Microbial
Cultures: From Culture Selection
to Polymer Recovery in a High-
Rate Continuous Process, New
Biotechnology, Vol.31/4, pp.289-
296.*

*Wang, F. and Lee, S.Y., 1997, Poly (3-
Hydroxybutyrate) Production
with High Productivity and High
Polymer Content by a Fed-Batch
Culture of Alcaligenes Latus
under Nitrogen Limitation,
Applied and Environmental
Microbiology, Vol.63/9, pp.3703-
3706.*

*Wang, Y., Yin, J. and Chen, G.Q., 2014,
Polyhydroxyalkanoates,
Challenges and Opportunities,
Current Opinion in
Biotechnology, Vol.30, pp.59-65.*

*Zhang, H., Obias, V., Gonyer, K. and
Dennis, D., 1994, Production of
Polyhydroxyalkanoates in
Sucrose-Utilizing Recombinant
Escherichia Coli and Klebsiella
Strains, Applied and*



Araştırma Makalesi

BURSA İLİ DENİZ KIYILARININ MİKROBİYOLOJİK KİRLİLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Berrak EROL NALBUR¹, Arzu TEKSOY¹, Aslıhan KATİP¹

¹Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,
16059, Görükle/Bursa

aballi@uludag.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nde yer alan ve Marmara Denizi'nde 135 kilometrelik kıyısı bulunan kentin kıyılarında deniz kirliliği mikrobiyolojik açıdan incelemiştir ve kirliliğin azaltılması yönünde alınacak tedbirler sunulmuştur. Çalışma kapsamında, Bursa ili deniz kıyıları Gemlik, Mudanya ve Karacabey olmak üzere 3 bölgeye ayrılmış ve bu bölgelere ait kirlilik incelenmiştir. Bursa İl Halk Sağlığı Müdürlüğü'nden elde edilen ölçüm sonuçları değerlendirilerek BURSA plajlarının mikrobiyal kirliliği saptanmıştır. Kıyıların kirlilik değişimleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Buna göre, toplam koliform, fekal koliform ve fekal streptokok parametrelerinin tüm kıyılarda yıllara ve ölçüm istasyonlarına göre değişimleri önemli ($p < 0,05$) olarak bulunmuştur. Ölçümler "SKKY Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği, Yüzme ve Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Suların Sağlaması Gereken Kalite Kriterleri Tablosu"na göre değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda 2011-2014 yılları arasında incelenen plajlarda mikrobiyolojik açıdan Ağustos ayında Gemlik ve Mudanya'da deniz suyu kalitesinin orta ve kötü kalitede, diğer aylarda ve plajlarda ise deniz suyu kalitesinin iyi olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bursa, Deniz Kirliliği, Fekal Koliform, Fekal Streptokok, Plaj, Toplam Koliform

EVALUATION OF THE COASTS OF BURSA IN TERMS OF MICROBIOLOGICAL POLLUTION

Abstract: In the study, Bursa, a city which has a 135 kilometers of coast by the Marmara Sea was evaluated in terms of marine pollution. The data of the microbial analysis carried out on the 3 regions of Bursa ,i.e. Gemlik, Mudanya and Karacabey were evaluated in order to identify the microbial contamination of BURSA beaches. According to statistical evaluation, total coliforms, fecal coliforms and fecal streptococci were found to show significant variations for all parameters according to the measurement stations in all coasts and years ($p < 0.05$), respectively. The results of the assessment of sea water at the beaches between 2011-2014 the sea water quality was determined according to Water Pollution Control Regulations, Bathing

Makale Gönderim Tarihi:19.10.2018

Makale Kabul Tarihi: 28.11.2018



Water Quality Directive Swimming and Recreation Water Quality Criteria Table and presented. In August, the lowest microbiological quality was determined for some beaches of Gemlik and Mudanya while in other periods of the year the beaches were found to be clean.

Keywords: Beach, Bursa, Fecal Coliform, Fecal Streptococcus, Total Coliform, Marine Pollution

1. GİRİŞ

Kıyı bölgelerinde meydana gelen nüfus artışı, sanayileşme, aşırı avlanma ve denizcilik faaliyetlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan deniz kirliliği ve deniz ekosistemlerinin tahribatı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli sorunlardan birisidir.

Kirletici kaynaklardan ortaya çıkan mikrobiyolojik kirlilik arıtma tesislerinin deniz deşarjları yapıldığı, derelerin denize döküldüğü noktalarda çevrede halk sağlığını tehdit eder boyuta ulaşabilmektedir. Öte yandan gemi kaynaklı evsel atık sular ve gemilerin sintine balast-tank yıkama suları da yüzeysel akıntılarla kıyılara mikrobiyal kirlilik taşıyabilmektedir (Tuğrul-İçemer vd., 2007). Doğal hayat,

kanalizasyon deşarjları, septik sistemlerden meydana gelen sızmalar, hayvan besi alanları ve tarım arazilerinden gelen yüzey suları da kıyılarda toplam ve fekal koliform açısından önemli kirletici kaynaklardır (Lipp et al., 2001a; Lipp et al., 2001b).

Marmara Denizi'nin güneyine kıyısı bulunan Bursa İlinde, Karacabey, Mudanya ve Gemlik ilçelerinde geniş doğal kumsallar bulunmaktadır. Bursa kıyılarında derin deniz deşarjları ile karasal kirletici kaynakları deniz kirliliği açısından önem taşımaktadır. Çeşitli işletmelerin ve evsel deşarjların yapıldığı Karsak Deresi Gemlik kıyılarına, Nilüfer Çayı ile birleşen Susurluk Çayı Karacabey kıyılarına karasal kirleticileri



taşımaktadır. Gemlik ve Mudanya'daki derin deniz deşarjları ve Karacabey kıyılarındaki evsel atıksu deşarjları noktasal kirletici kaynaklarını oluşturmaktadır. Kimyasal kirleticilerin yanı sıra mikrobiyal kirleticilere maruz kalan Bursa kıyıları halk sağlığı açısından önemli ölçüde halk sağlığı riski taşımaktadır. Bu bağlamda yüzme sezonu boyunca plajların bulunduğu Bursa kıyılarının mikrobiyolojik açıdan incelenmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Bursa İlinde deniz kıyısı bulunan ilçelerindeki plajların kirlilik düzeyi mikrobiyolojik parametreler bazında (toplam koliform, fekal koliform ve fekal streptokok) Bursa İl Halk Sağlığı Müdürlüğü'nden elde edilen veriler yardımıyla belirlenmiştir. Ölçüm sonuçları yüzme suyu kalitesi standardına göre değerlendirilerek, kirlilik değişimleri istatistik programı ile incelenmiştir.

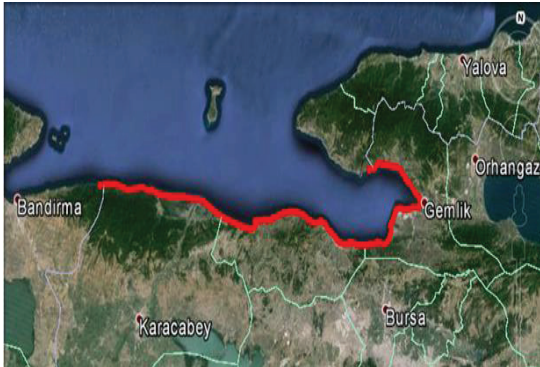
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Bursa İli deniz kıyıları, Marmara Denizi'nin 135 km uzunluğundaki kıyılarını oluşturmaktadır ve Türkiye kıyıları (7816 km) içinde %1,47 paya sahiptir. Kıyıları, başlıca, Bursa'nın Gemlik, Mudanya, Karacabey ilçe sınırları içinde, çok az bir kısmı da Osmangazi İlçesinde bulunmaktadır. Marmara Denizi'nin güney kıyılarında önemli bir alana sahip olan Gemlik Körfezi, Kuzey Anadolu Fayı'nın orta kolu üzerinde geç Pliyosen-Erken Pleyistosen döneminde gelişen doğu-batı yönlü sağ yanal doğrultu atımlı faylar denetiminde gelişen 11x36 km ebadında bir çek-ayır havzadır. Güney kıyıları fay denetimli morfolojik yapılardan, Kuzey sahiller ise 20-30 m yüksekliğinde falezlerden ve bunları kesen K-G doğrultulu vadilerden oluşmaktadır (Kurt ve Ekinci, 2014). Arazi kullanımı açısından Bursa kıyılarının %65'i herhangi bir müdahale görmemiş, %11'i kısmen müdahale görmüş



%24'ü ise tümüyle müdahale görmüştür. Kıyıları %45,5 ve %42 ile sırasıyla tarım ve ormanlık alanlar oluşturmaktadır. Kentsel alanlar %5'lik bir oranı oluştursa da bu kıyıları sanayi ve nüfus bakımından Türkiye'deki en önemli ve yoğun bölgede olması sebebiyle birçok evsel ve endüstriyel kirliliğe maruz kalmaktadır (Erol Nalbur vd., 2015). Şekil 1'de Marmara Denizi ve Bursa Kıyıları haritası gösterilmiştir.



Şekil 1. Marmara Denizi ve Bursa Kıyıları

2.2. Örnek Alma ve Deneysel-İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada Bursa İlinde denize en çok kıyısı bulunan Gemlik, Mudanya ve Karacabey İlçelerindeki plajların mikrobiyolojik kirlilik düzeyleri Bursa İl Halk Sağlığı Müdürlüğü'nden elde

edilen veriler yardımıyla toplam koliform, fekal koliform ve fekal streptokok parametreleri bazında incelenmiştir. Numune alınan ölçüm istasyonları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Numune Alınan Ölçüm İstasyonları

İlçe Kıyıları	İstasyon No	Numune Alınan Bölgeler
Gemlik Kıyıları	1	Narlı Halk Plajı
	2	Karacaali İzcilik Kampı
	3	Büyükkumla Halk Plajı
	4	Küçükkumla Orman Kampı
	5	Hasanağa İzcilik Kampı
	6	Gemsaz Halk Plajı
	7	Kumsaz Halk Plajı
	8	Kurşunlu Sitelerönü Halk Plajı
Mudanya Kıyıları	9	Kızılay Kampı
	10	Burgaz Altinkum Halk Plajı
	11	Burgaz Halk Plajı
	12	Kumyaka Halk Plajı
	13	Zeytinbağı Halk Plajı
	14	Eşkel Halk Plajı
	15	Eğerce Halk Plajı
	16	Coşkunöz Halk Plajı
Karacabey Kıyıları	17	Yeniköy Halk Plajı
	18	Malkara Halk Plajı
	19	Kurşunlu Halk Plajı

Numuneler yüzeyin 30 cm altından, 500 mL hacimde tek kullanımlık polietilen şişelere alınmış, +4°C'de soğutma kalıpları bulunan termoizole kutularda



muhafaza edilerek en fazla 24 saat içinde laboratuvara getirilmiştir. Bakteri sayıları Standart Metotlarda belirtilen membran filtrasyon yöntemi ile yapılarak CFU/100 mL olarak belirlenmiştir. Örnekler, toplam koliform için CCA besiyerinde 37°C'de 48 saat (SM-9308), fekal koliform için CCA besiyerinde 44.5°C' de 48 saat (SM-9308), fekal streptokok için Slanetz-Bartley besiyerinde 37°C'de 48 saat (SM-7899-2) inkübe edilmiştir (APHA, 1992; YSKY, 2006).

“Mavi Bayrak Kriterleri” ne (TÜRÇEV, 2013) göre plajların kirlilik durumunun belirlenmesi için son 4 yılın mikrobiyal kirletici seviyeleri gerektiği için bu bildiri kapsamında 2011-2014 yılları arasında yüzme sezonundaki yani yaz aylarında kıyılarda yapılan ölçümler değerlendirilmiştir.

Ölçüm sonuçları “Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği, Yüzme ve Rekreatyon Amacıyla Kullanılan Suların Sağlaması Gereken Kalite Kriterleri Tablosu” na (Çizelge 2)

göre değerlendirilmiştir. Kıyılardaki kirlilik değişimleri Minitab 17 istatistik programı kullanılarak incelenmiştir. General Lineer Model metodu ile ANOVA analizi sonucunda kirliliğin yıllar, aylar ve ölçüm istasyonları arasındaki değişimi ve Pearson Korelasyon Analizi ile parametrelerin birbirleri ile ilişkilerinin önemi %95 güven aralığında ve $p < 0,05$ değerine göre hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Yüzme ve Rekreatyon Amacıyla Kullanılan Suların Sağlaması Gereken Kalite Kriterleri Tablosu (YSKY, 2006)

Parametreler	Klavuz Değer	Zorunlu Değer
Toplam koliform /100 ml	1000 (2006-2014 Yılları) 500 (2015 Yılı)	10000
Fekal koliformlar /100 ml	200 (2006-2014 Yılları) 100 (2015 Yılı)	2000
Fekal streptokok /100 ml	100	1000

* Klavuz değer altında ise iyi kalitede

* Klavuz ve zorunlu değer arasında orta kalitede

* Zorunlu değer üstünde kötü kalitededir

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

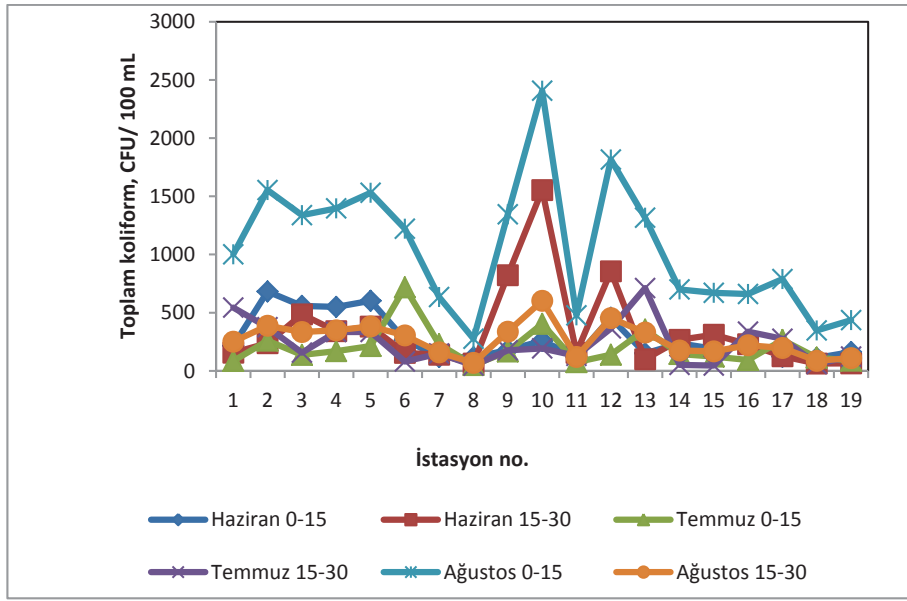
3.1. Mikrobiyolojik Ölçümler

İl Halk Sağlığı Müdürlüğü'nce 2011 yılından bu yana Bursa İli kıyılarında mikrobiyolojik ölçümler



yapılmaktadır. Bursa kıyılarının mikrobiyal kirlilik seviyesinin belirlenmesi için Gemlik Körfezi, Karacabey ve Mudanya'da bulunan 19 plajdan alınan deniz suyu örneklerinde belirlenen toplam koliform, fekal koliform ve fekal streptokok sayıları Çizelge 2'de verilen "Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği, Yüzme ve

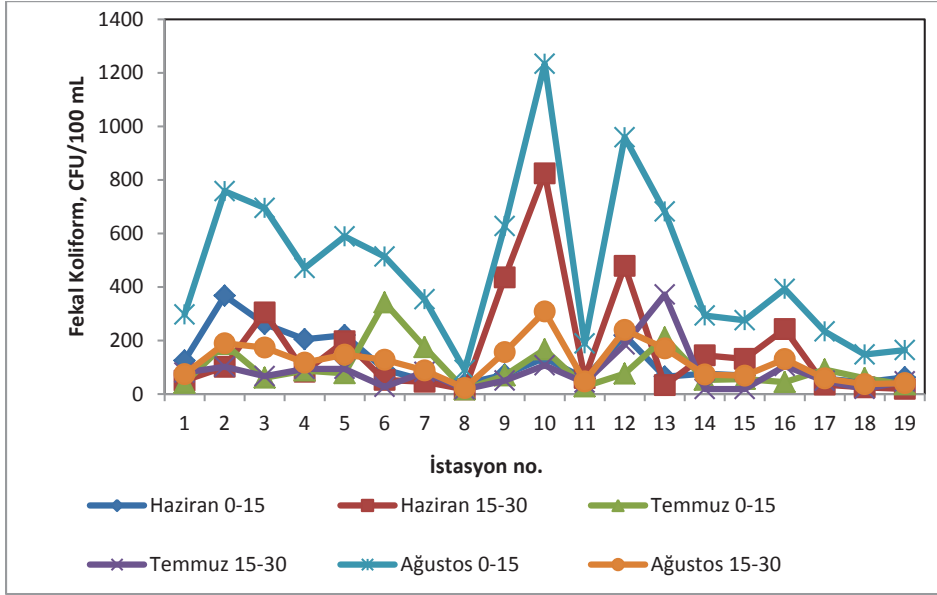
Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Suların Sağlaması Gereken Kalite Kriterleri Tablosu" ile değerlendirilmiştir. Plajlarda yapılan periyodik mikrobiyolojik ölçümlerin 2011-2014 yılları arasındaki dönemsel ortalamalarını gösteren grafikler Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 2. 2011-2014 Yılları Arasındaki Toplam Koliform Sayılarının Dönemsel Ortalamaları

En yüksek toplam koliform değerleri Ağustos 0-15 tarihleri arasında Gemlik kıyılarında Karacaali İzcilik Kampı ve Hasanağa İzcilik Kampı'nda 1500 CFU/100 mL, aynı dönemde

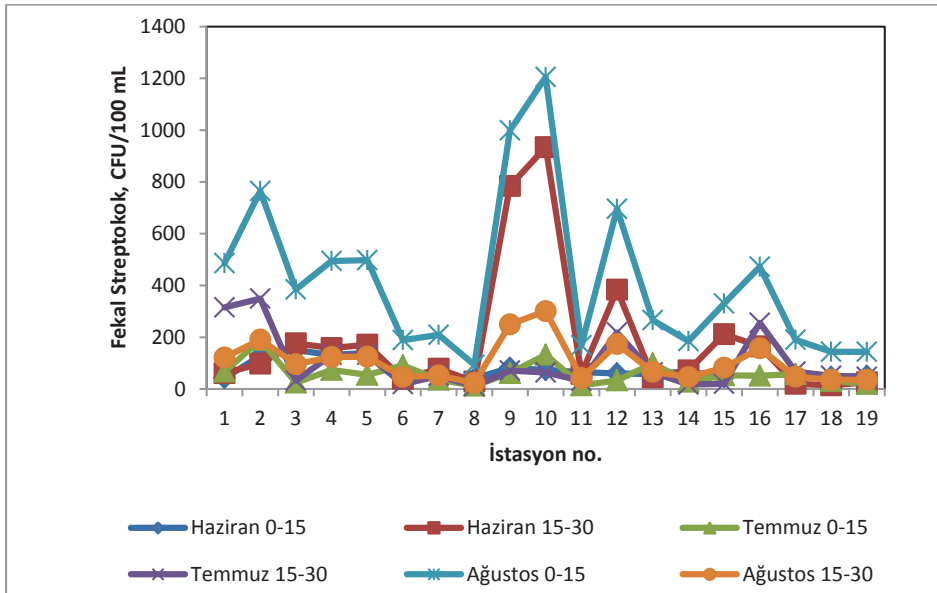
Mudanya kıyılarında Burgaz Altinkum Halk Plajı'nda 2500 CFU/100 mL ve Kumyaka Halk Plajı'nda 2000 CFU/100 mL olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. 2011-2014 Yılları Arasındaki Fekal Koliform Sayılarının Dönemsel Ortalamaları

En yüksek fekal koliform değerleri ise yine Ağustos 0-15 döneminde, Gemlik kıyılarında Karacaali İzcilik Kampı'nda 800 CFU/100 mL, aynı dönemde Mudanya kıyılarında

Burgaz Altinkum Halk Plajı 1300 CFU/100 mL ve ile Kumyaka Halk Plajı'nda 1000 CFU/100 mL olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. 2011-2014 Yılları Arasındaki Fekal Streptokok Sayılarının Dönemsel Ortalamaları



En yüksek fekal streptokok değerleri yine Ağustos 0-15 döneminde Gemlik kıyılarında Karacaali İzcilik Kampı'nda 800 CFU/100 mL aynı dönemde Mudanya kıyılarında Kızılay Kampı'nda 1000 CFU/mL, Burgaz Altinkum Halk Plajı'nda 1200 CFU/100 mL ve Kumyaka Halk Plajı'nda 600 CFU/100 mL olarak belirlenmiştir. Gemlik plajlarının kirliliği, sadece Ağustos ayının ilk haftaları (0-15) yüksek bulunmuştur. Yılın genel ortalamasına bakıldığında iyi kalitede bir deniz suyu kalitesine

sahiptir. Bu nedenle, ilgili plajlar tablonun ilgili dönemlerinde iyi kalitede olarak işaretlenmiştir.

Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği, Yüzme ve Rekreasyon amacıyla Kullanılan Suların Sağlaması Gereken Kalite Kriterleri Tablosu'na (Çizelge 2) göre yapılan değerlendirme sonucunda 2011-2014 arasında tüm yüzme sezonu ortalamasına göre iyi kalitede deniz suyuna sahip plajlar Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 5'te görülmektedir.

Çizelge 3. Yıllara göre Gemlik Plajlarında Deniz Suyu Kalitesi Değerlendirmesi

Yıllar	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Parametre	Toplam koliform/100 ml				Fekal koliformlar/100 ml				Fekal streptokok/100 ml			
Plaj												
Narlı	İyi	İyi	İyi		İyi	İyi	İyi		İyi			
Gemsaz	İyi	İyi		İyi	İyi	İyi		İyi	İyi	İyi		İyi
Kurşunlu (Sitelere Önü)	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
Kumsaz	İyi			İyi		İyi						
Küçükümle Orman Kampı		İyi	İyi			İyi	İyi					
Büyükümle		İyi	İyi	İyi			İyi				İyi	İyi
Hasanağa İzcilik Kampı	İyi	İyi	İyi				İyi					
Karacaali İzcilik Kampı		İyi										

Çizelge 4. Yıllara göre Mudanya Plaj ve Kamplarında Deniz Suyu Kalitesi Değerlendirmesi

Yıllar	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Parametre	Toplam koliform/100 ml				Fekal koliformlar/100 ml				Fekal streptokok/100 ml			
Plaj												
Burgaz Halk Plajı	İyi	İyi	İyi		İyi	İyi	İyi	İyi	İyi		İyi	İyi



Zeytinbağı	İyi	İyi			İyi	İyi				İyi		
Kızılay Kampı	İyi		İyi	İyi	İyi		İyi	İyi				
Coşkunöz Halk Plajı			İyi	İyi			İyi					
Kumyaka			İyi						İyi			
Burgaz Altinkum	İyi		İyi	İyi			İyi					
Eşkel Halk Plajı			İyi				İyi	İyi			İyi	İyi
Eğerce Halk Plajı			İyi				İyi	İyi				İyi

Çizelge 5. Yıllara göre Karacabey Plajlarında Deniz Suyu Kalitesi Değerlendirmesi

Yıllar	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Parametre	Toplam koliform /100 ml				Fekal koliformlar /100 ml				Fekal streptokok /100 ml			
Plaj												
Yeniköy Halk Plajı		İyi	İyi		İyi	İyi	İyi	İyi		İyi	İyi	İyi
Malkara Halk Plajı		İyi	İyi		İyi	İyi	İyi	İyi		İyi	İyi	İyi
Kurşunlu Halk Plajı	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi

3.2. İstatistiksel Analiz

General Linear Model metodu kullanılarak yapılan ANOVA analizi sonucunda mikrobiyal kirletici seviyeleri yıllar, aylar ve istasyonlar arasındaki değişimleri %95 güven aralığında ve $p < 0,05$ değerine göre hesaplanmıştır.

Toplam koliform, fekal koliform ve fekal streptokok parametrelerinin tüm kıyılarda yıllara ve ölçüm istasyonlarına göre değişimleri önemli ($p < 0,05$) olarak bulunmuştur. Aylara göre değişimler incelendiğinde, fekal koliformun değişimi önemli bulunurken, toplam koliform ve

fekal streptokok değişimi önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$). Toplam koliform ve fekal streptokok parametreleri bakımından kirliliğin tüm yüzme sezonu boyunca devam ettiği ve aylık değişimlerin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Çizelge 6'da ANOVA analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6. ANOVA Analizi Sonuçları

Parametre	p Değeri		
	Yıllar	Aylar	İstasyonlar
Toplam koliform	0	0,254	0
Fekal koliform	0	0,013	0,006
Fekal streptokok	0,007	0,230	0



3.2.1.Yıllık ve Ölçüm İstasyonları Açısından Değişim

2011-2014 yılları arasında her üç parametre birlikte değerlendirildiğinde Gemlik kıyısındaki Kurşunlu Sitelerönü Plajı'nın son 4 yıldır iyi kalitede bulunduğu görülmüştür. Gemlik Kıyısındaki Gemsaz Plajı'nın 2012 ve 2014 yıllarındaki ölçümlerinin, Kumsaz Plajı'nın ise sadece 2011'de iyi kalitede olduğu belirlenmiştir. Bu durumda Kumsaz Plajı'nın kalitesinin düştüğü söylenebilir. Gemlik kıyısındaki diğer kıyıların "Narlı, Karacaali İzcilik, Büyükkumla Halk, Küçükumla Orman, Hasanağa İzcilik" genellikle iyi, orta ve kötü kalite arasında değiştiği görülmektedir. Gemlik sahilinde son 4 yıldır iyi kalitede olduğu belirlenen Kurşunlu Sitelerönü Plajı derin deniz deşarjı tesislerinin rehabilitasyonunun yapılması sahilin kirlilik düzeyinin azalmasında etkili olmuştur. Kurşunlu bölgesinden toplanan atıksular 3 gözlü foseptik tanktan

oluşan yapıdan geçtikten sonra pompa istasyonuna gelmekte ve yaklaşık 300 metre uzunluğunda, 30 metre derinlikte Ø225 PN10 HDPE boru ile derin deniz deşarjı tesisleri ile uzaklaştırılmaktadır. 10.000 m³/gün kapasiteli bir tesistir. Tesislerin rehabilitasyon çalışmaları 2009 yılında yapılmıştır. Derin Deniz Deşarjı sistemi, ileriki tarihlerde Kurşunlu'da yapılacak olan Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi ile entegre edilecektir. Evsel atıksuların deşarjının haricinde, Ülkemiz ve Bursa İli için çok önemli bir "Sanayi Merkezi" olan Gemlik İlçesinde 4 adet büyük liman, başta Bursa Serbest Bölgesi olmak üzere birçok sanayi kuruluşları ve İznik Gölü'nün boşalımını sağlayan ve Göl Havzası'ndaki yoğun sanayi ve tarımsal kirlilikleri taşıyan Karsak Deresi de birçok kirleticilerle birlikte Gemlik Körfezi'ne dökülmektedir. Tüm bu noktasal ve yayılı kirletici kaynaklar Gemlik kıyısında yıl boyunca yoğun kirliliğe neden olabilmektedir.



Mudanya kıyılarını üç parametre için birlikte incelediğimizde, Burgaz Halk Plajı'nın 2011, 2013 ve 2014 yıllarında, Eşkel Halk Plajı'nın 2013 ve 2014 yıllarında, Kumyaka'nın sadece 2013 yılında, Eğerce Plajı'nın ise 2014 yılında iyi kalitede olduğu belirlenmiştir. Bu verilere göre Burgaz, Eşkel ve Eğerce Plajları'nda iyileşme gerçekleştiği söylenebilmektedir. Mudanya kıyılarındaki diğer plajların "Kızılay Kampı, Burgaz Altinkum, Zeytinbağı ve Coşkunöz Halk Plajları"nın iyi, orta ve kötü kalite arasında değiştiği görülmüştür. Burgaz-Güzelyalı bölgesinde yapılan ön arıtma ve derin deniz deşarjı tesisinin bölgedeki sahil kirliliğini azaltmakta etkili olduğu gözlemlenmiştir. Evsel atıksu kirliliğinin dışında, Mudanya'da sanayi Gemlik İlçesi kadar gelişmiş değildir. Ancak yine de sanayiden kaynaklanan atıksuların kontrol altına alınması sahil kirliliği için son derece önemlidir. Son yıllarda Marmara Denizi'nin aşırı kirlenmesi sonucu balıkçılık sektöründe büyük

gerileme olduğu kaydedilmektedir. Büyük sanayi kuruluşları olarak Yazaki ve Prysmian fabrikaları ve yan sanayileri, 1991 yılında kurulan Küçük Sanayi Sitesi'nde çeşitli iş kollarında faaliyet gösteren 42 işyeri, Zeytinciler Hali'nde ise 50 adet dükkân bulunmaktadır. Ayrıca ilçede büyüklü küçüklü zeytin işleme tesisleri mevcuttur. Ayrıca, Zeytincilik, ilçe halkının birinci derecede gelir kaynağıdır. Bağcılık, sebze ve meyvecilik, ayçiçeği, soğan ve tahıl gibi diğer tarımsal faaliyetler, az miktarda da olsa yapılmaktadır. Bu nedenle tarımdan kaynaklanan gübre ve pestisit kirliliği olabilmektedir.

Karacabey kıyılarını incelediğimizde ise, Kurşunlu Halk Plajı'nın son 3 yıldır iyi kalitede olduğu ve iyileşme gösterdiği belirlenmiştir. Yeniköy ve Malkara Plajları'nın ise 2012 ve 2013 yıllarında iyi kalitede bulunmuştur. Karacabey'de kanalizasyon şebekesinin ve atıksu arıtma tesisinin eskimesinden dolayı



revizyon ihtiyacı bulunmaktadır. Ayrıca Karacabey'de kanalizasyonu olmayan mahalleler mevcuttur. Kullanma suyu şebekesi bulunmakla birlikte, revizyon ve kapasite artırımı gerekmektedir. İlçedeki su kirliliğine etki eden faktörler arasında tarımsal amaçlı ilaç ve kimyasal gübre kullanımı, küçük sanayilerde toplu arıtmanın olmaması, kanalizasyon şebekesi ve arıtma tesisi kapasitesinin yetersiz kalması sayılabilmektedir (BEBKA, 2013). Başta Nilüfer Çayı olmak üzere Susurluk Irmağı'nda bu süre içerisinde yaşanan aşırı kirlilik ve kimyasal atıklar nedeniyle lagün gölleri ve Kocaçay Deltası'nda ekolojik sistem önemli ölçüde tahribata uğramıştır. Longoz ormanlarının bitişiğindeki Kocaçay Deltası "Korunacak Sulak Alan" statüsüne alınmış, ancak nehrin deltasındaki aşırı kirlilik sudaki oksijeni de yok ettiğinden halen burada canlıların üremesi ve barınması özlenen düzeye ulaşamamıştır. Bölgenin Ramsar

Sözleşmesi'ne alınması için çaba harcanmaktadır (BEBKA, 2013).

3.2.2. Aylık Değişim

Aylık değişimlerin toplam koliform ve fekal streptokok parametreleri açısından önemli olmaması, noktasal kirlilik kaynaklarının kesintisiz atık girdileri nedeniyle ortamın ekolojik dengesini bozmakta ve bu sebeple de mikroorganizmalar arasındaki rekabet ortamını sürekli olarak değiştirmesine bağlanabilir. Bu nedenle, noktasal kirlilik kaynaklarının bulunduğu bölgelerde çevresel etkenlerden beklenen değişimler yaşanmayabilmektedir (Gurun ve Kımırın-Erdem, 2013).

3.2.3. Korelasyon Analizi

Parametreler arasındaki ilişkiler Pearson Correlation yöntemi ile değerlendirilmiştir (Çizelge 7). Her üç parametrenin de bir biri ile olan ilişkileri önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Daha önceki bilimsel çalışmalarda, indikatör bakteriler



arasındaki ilişki incelendiğinde indikatör bakterilerin sayılarının birbirine paralel olarak azalıp arttığı, total koliform ve fekal koliform, total koliform ve fekal streptokok arasında güçlü bir ilişki olduğu saptanmıştır ($p < 0,001$) (Gurun ve Kımıran-Erdem, 2013). Rutin analizlerde indikatör bakterilerin ortamda patojen (hastalık yapıcı) bakteri olma ihtimalini verdiği tezini doğrular niteliktedir.

Çizelge 7. Pearson Korelasyon Analizi Sonuçları

Parametre		Toplam koliform	Fekal koliform
Fekal koliform	r	0,866	-
	p	0	
Fekal streptokok	r	0,722	0,700
	p	0	0

4. SONUÇLAR

1) Gemlik ve Mudanya kıyılarının bazı noktalarında mikrobiyolojik kirliliğin yüksek olması evsel atıksu deşarjlarından kaynaklanmaktadır. Belli dönemlerde kirlilik değerlerinin pik yapması bölgede bulunan yazlıklar nedeniyle nüfus yoğunluğunun artması ile ilgilidir.

2) Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından başlatılan Mudanya, Güzelyalı, Altıntaş, Kurşunlu, Gemsaz, Küçükkumla, Büyükkumla ve Karacaali'de terfi istasyonları, yağmursuyu ve kanalizasyon hattı, Küçükkumla, Gemlik Karsak, Kurşunlu ve Mudanya'ya 4 adet arıtma tesisi ve 2 adet derin deniz deşarj sisteminin özellikle Gemlik Körfezi'nde mikrobiyolojik kirliliğin kontrol edilmesinde önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

3) Bursa İli kıyılarında deniz kirliliğinin tespiti ve kontrolü kapsamında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Bursa Büyükşehir Belediyesi ve diğer belediyeler ve kentimizde bulunan üniversiteler olmak üzere ilgili kurumların ortak ve koordineli bir şekilde çalışması gerekmektedir.

4) Bursa İli kıyılarında mikrobiyolojik kirliliğin dışında, sanayi, tarım ve denizcilik faaliyetlerinden kaynaklanan kimyasal kirliliğin de detaylı olarak



tespit edilmesi önem
göstermektedir.

KAYNAKÇA

APHA, 1992, *Standart Methods for the Examination of Water and Waste Water, 18th edition, American Public Health Association, Washington, D. C.*

BEBKA, 2013. TR41 Bursa Eskişehir Bilecik Bölge Planı 2010-2013, <http://www.solar-academy.com/menus/Bursa-Eskisehir-Bilecik-Bolge-Plani.012932.pdf>, Erişim Tarihi: 17.11.2018.

Chigbu, P., Gordon, S. and Strange, T., 2004, *Influence of Inter-Annual Variations in Climatic Factors on Fecal Coliform Levels in Mississippi Sound, Water Research, Vol. 38/20, pp. 4341-4352.*

Erol Nalbur, B., Teksoy, A. and Katip, A., 2015, *Bursa İli Bütünleşik Kıyı Planı Nihai Raporu, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa.*

Gurun, S. and Kımıran-Erdem, A., 2013, *Ayamama Deresi'nin Marmara Denizi'ne Deşarj Alanındaki*

Bakteriyolojik Kirlilik Düzeyinin İncelenmesi, Ekoloji, Vol. 22/86, pp. 48-57.

Kurt, S. and Ekinci, D., 2014, *Marmara Denizi Güney Kıyılarında Tektonik Aktivite İzleri Hakkında Genel Bir Değerlendirme, Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic, Vol. 9/2, pp. 1049-1069.*

Lipp, E.K, Farrah, S.A. and Rose, J.B., 2001a, *Assessment and Impact of Microbial Fecal Pollution and Human Enteric Pathogens in a Coastal Community, Marine Pollution Bulletin, Vol. 42/4, pp. 286-293.*

Lipp, E.K., Kurz, R., Vincent, R., Rodriguez-Palacios, C. and Rose, J.B., 2001b, *Seasonal Variability and Weather Effects on Microbial Fecal Pollution and Enteric Pathogens in Subtropical Estuary, Estuaries, Vol. 24/2, pp. 266-276.*

TÜRÇEV, 2013, *Plajlar için Mavi Bayrak Kriterleri Kılavuz Notlar, Türkiye Çevre Eğitim Vakfı Yayınları, <http://www.mavibayrak.org.tr>, Erişim Tarihi: 17.11.2018.*



YSKY, 2006, *Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (76/160/AB)*, 09/01/2006 Tarih ve 26048 Sayılı Resmi Gazete.

Tuğrul-İçemer, G., Keleş, C. ve Karaca, H., 2007, *Antalya Plajlarında Mikrobiyolojik Deniz Suyu Analizi, Türk Sucul Yaşam Dergisi, Vol. 3/5, pp. 553-560.*



Araştırma Makalesi

OTOMOTİV YAN SANAYİ SEKTÖRÜ ÇALIŞANLARININ MARUZ KALDIĞI İÇ ORTAM GÜRÜLTÜ DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Gizem Kavalcı^{1,2}, Dilek Bolat^{1,3}, Halil Çelik^{1,4}, Nilgün Akbulut Çoban^{1,5}, Kadir Gedik^{1,6}

¹ Akdeniz Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya

² İnova Otomotiv, NOSAB 116.Sokak No:9 Nilüfer, Bursa

³ Water Systems and Global Change Group, Wageningen University, P.Box 47,6700
AA Wageningen, The Netherlands

⁴ Müdüroğlu Geri Dönüşüm, Göksu Mahallesi Suphi Türel Caddesi Kepez, Antalya

⁵ Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Antalya

⁶ TEMLAB Çevre Analiz Laboratuvarı Müdürü, Orhan Oğuz Caddesi, Eskişehir,
Türkiye

bolatdilek@gmail.com

Öz: Endüstriyel gelişmelerle birlikte son dönemlerde “teknoloji artığı” olarak tanımlanan gürültü, özellikle makinaların yoğunlukta olduğu sanayi tesislerinde, çalışanların maruz kaldığı en önemli çevresel tehlikelerden biri haline gelmiştir. Bu çalışmada, Bursa’da otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada çalışanların maruz kaldıkları iç ortam gürültü düzeyleri incelenmiştir. Tesis içi gürültü düzeyleri, ilgili uluslararası standartlar çerçevesindeki ölçümler ile gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra, dozimetre yardımıyla çalışanların maruz kaldıkları gürültü düzeyleri tayin edilerek ilgili yönetmeliklerde belirtilen limit değerlerle kıyaslanmıştır. Yapılan ölçümler neticesinde; tesis içindeki gürültü düzeyi $81,5 \pm 11,6$ dB(A), kişisel gürültü maruziyeti ise $69,3 \pm 7,13$ dB(A) olarak tespit edilmiştir. Özellikle çalışanların yoğun olduğu bölgelerde ilgili yönetmelikteki sınır değerinin altında gürültü seviyeleri ölçülürken, bina içi köşe noktalarında ölçülen gürültü düzeyinin sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Tesis içerisinde makine ve ekipmanların yerleşimi ile çalışanların koruyucu ekipman kullanmasının gürültünün çalışanlar üzerindeki olumsuz etkisini azaltacağı düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Dozimetre, Endüstriyel Gürültü, İş Sağlığı ve Güvenliği, Maruziyet

DETERMINATION OF NOISE EXPOSURE OF EMPLOYEES IN SUPPLIER INDUSTRY OF AUTOMOTIVE SECTOR

Abstract: With industrial developments, noise called as the waste of technology in recent years has become one of the most important environmental hazards for

Makale Gönderim Tarihi: 29.10.2018

Makale Kabul Tarihi: 22.11.2018



employees especially working on the industrial plants with densely used machines and equipment. In this study, it was aimed to determine the noise exposure of the employees working on supplier industry in automotive sector. In the scope of this research, the noise measurements were done based on the related international standards in order to determine the noise levels in the plant. Moreover, with using the dosimeters, the noise exposure of employees individually were measured and the levels were compared with the related regulations. Results of these noise measurements reveal that overall indoor noise level in the factory is 81.5 ± 11.6 dB(A) and individual noise exposure is 69.3 ± 7.13 dB(A). While the permissible noise limit values are not exceeded in the units where most of the workers make their tasks, it is seen that in the corner points of the factory the noise levels are beyond the limit values according to the related regulations. It is considered that the suitable placement of machines and using of ear protecting equipment can decrease the impacts of high level noise exposure.

Anahtar Sözcükler: Dozimeter, Industrial Noise, Work Health and Safety, Noise Exposure

KISALTMA VE SEMBOLLER

ÇSGB	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
NIOSH	Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü
NOSAB	Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi

1. GİRİŞ

Yirminci yüzyılda ivme kazanan sanayi devrimi ile ilerlemenin ve kaliteli bir hayatın sembolü haline gelen jenerik sesler, günümüzde, gürültü olarak adlandırılmaktadır. Yakın geçmişe kadar subjektif bir algıdan ibaret olan gürültü; hızlı kentleşme, nüfusun artması, makineleşme gibi nedenlere bağlı olarak değişen ve yaşadığımız

çevreyi olumsuz yönde etkileyen objektif bir kirlilik türü haline gelmiştir. Yakın gelecekte, Avrupa nüfusunun yaklaşık %20'sinin kabul edilemez düzeyde gürültüye maruz kalacağı tahmin edilmektedir (European Commission, 1996). Modern yaşam içerisindeki etkisini hissettirerek insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek



boyutlara ulaşan gürültü düzeyleri; işleri daha hızlı, ucuz ve kusursuz yapmak için makineleşen işletmelerin neden olduğu endüstriyel kaynaklı gürültü ile sanayileşme sürecini tamamlamış veya halen bu süreci yaşamakta olan toplumlarda önemli sağlık riskleri oluşturmaktadır (Ekerbicer ve Saltik, 2008). Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (NIOSH) tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir diğer araştırmaya göre ağır endüstrilerde çalışanların aşırı gürültüye maruz kalmaları sonucunda %40 oranında duyma kaybı yaşadığı belirtilmiştir (Khuraibet and Al-Attar, 2000). Avrupa Birliği'nde ise endüstriyel ortamlarda çalışanların %28'i zamanlarının dörtte birini yaklaşık 85-90 dBA gürültüye maruz kalarak geçirmekte, çalışma sırasında iletişim kurabilmek için seslerini yükseltmektedirler (Mihailovic et al., 2011). Ülkemizde, çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına ilişkin yayınlanan yönetmelikte

günlük ve haftalık maruziyet eylem değerleri 80 dB(A)-85 dB(A) ve maruziyet sınır değeri 87 dB(A) olarak belirtilmiştir. Maruziyet sınır değeri kişinin etkilendiği ses düzeyini temsil ettiğinden uygulamada kulak koruyucuların etkisi dikkate alınmaktadır.

Ulusal literatürümüzde, farklı endüstriyel alanlarda oluşan iç/çevresel ortam gürültü seviyeleri ve buna bağlı olarak gelişen sağlık sorunlarının irdelendiği sınırlı sayıda çalışma vardır (Altaş vd., 1998; Gönüllü vd., 2002; Atmaca vd., 2005; Özbay ve Kavaklı, 2008). Bu çalışma kapsamında, araç koltuk sistemleri üzerine faaliyet gösteren bir otomotiv yan sanayi işletmesindeki iç ortam gürültü düzeyleri incelenmiştir. Elde edilen veriler ulusal yönetmelikler ile işçi sağlığı ve üretim verimliliği bağlamında irdelenmiş ve ilgili işletmede alınması gereken önlemlere yönelik öneriler sunulmuştur.



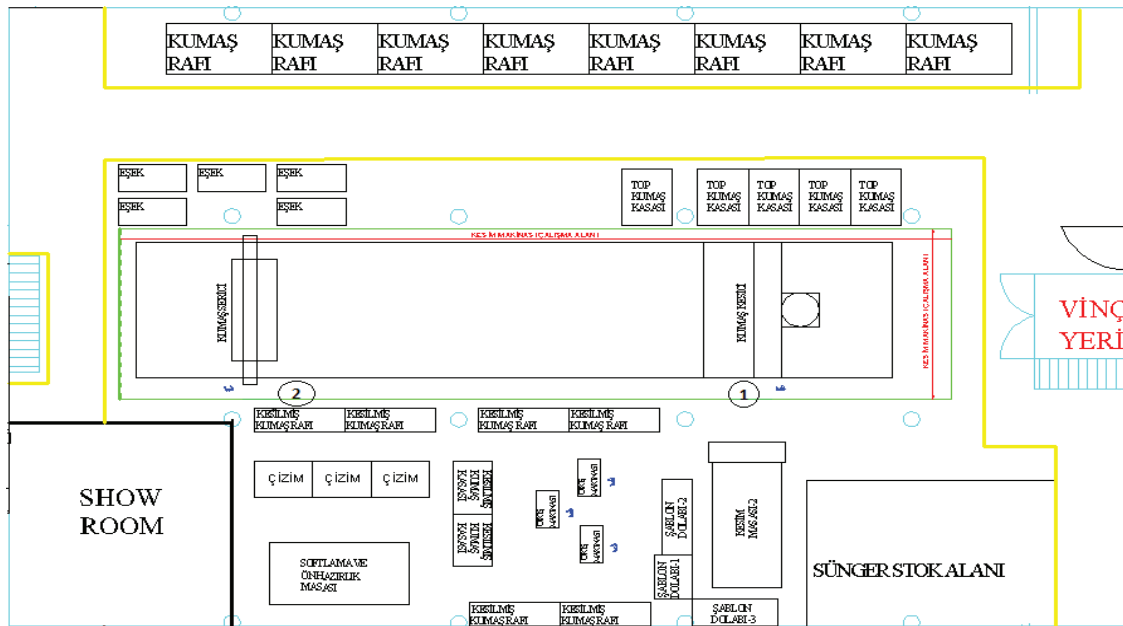
2. YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

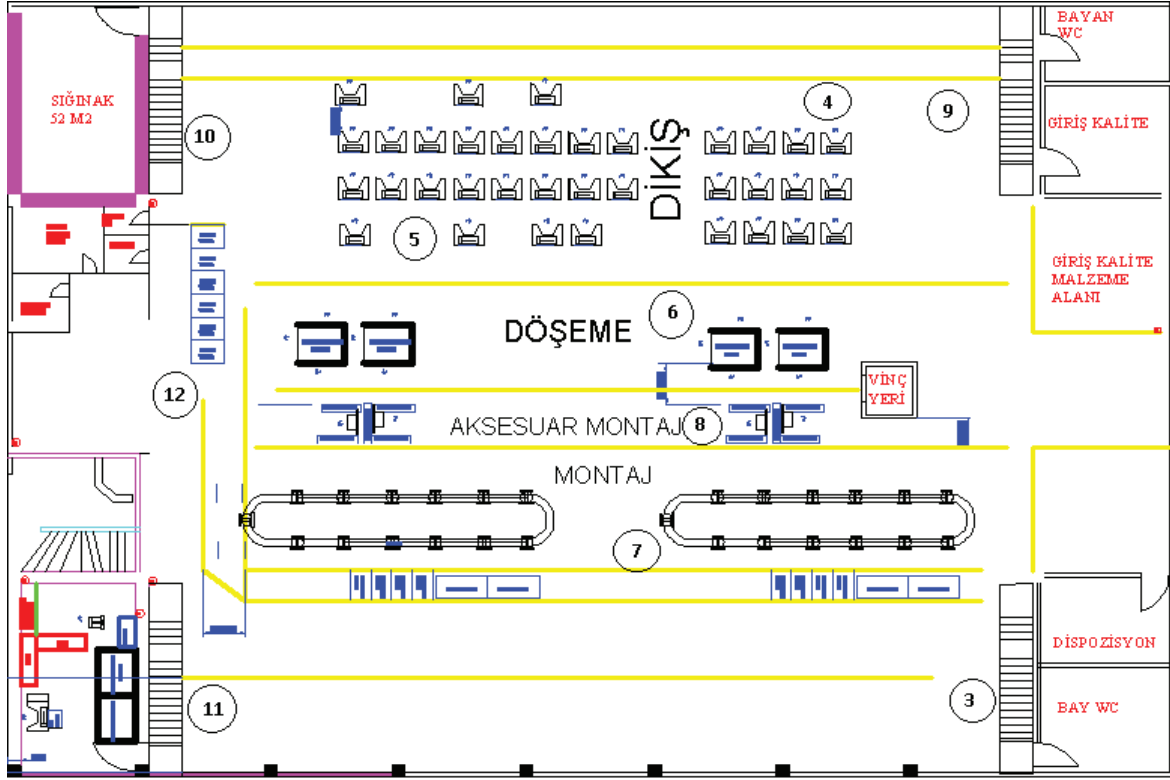
Bu çalışma, Bursa ili Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi'nde (NOSAB) otobüs ve minibüs koltuklarının üretiminin yapıldığı otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren fabrikada gerçekleştirilmiştir. İlgili fabrikada kullanılan makine ve ekipmanlardan kaynaklanan gürültü seviyelerinin öngörülebilmesi için fabrikanın yerleşim planı ayrıntılı olarak incelenmiştir. 4500 m² açık arazi alanında faaliyet gösteren fabrika

yerleşkesi, 3900 m² kapalı alana sahiptir. İki katlı olan fabrikanın birinci katı üretimin büyük bir kısmının (dikim, döşeme, montaj) yapıldığı bölgeyken ikinci katta üretime hazırlık aşamalarının gerçekleştirildiği bölümler (tasarım, kesim) ve idari personelin bulunduğu birimler yer almaktadır.

Ölçümlerin yapılacağı noktalar, fabrikada yapılan keşif doğrultusunda belirlenmiştir (Şekil 1, 2). Ölçüm yapılan noktalarda sağlıklı veri elde edebilmek adına gürültüye neden olabilecek kaynakların çalışır durumda olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Alanı 1. Kat Vaziyet Planı ve Ölçüm Noktaları



Şekil 2. Çalışma Alanı 2. Kat Vaziyet Planı ve Ölçüm Noktaları

Fabrikanın farklı ünitelerinde bulunan makine ve ekipmanların sebep olduğu iç ortam gürültü seviyelerinin belirlenmesinde SVAN 949 Tip-1 model mikrofonsuz ses seviyesi ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçüm öncesi kalibrasyonu 94 dB ve 114 dB yapılan cihaz potansiyel gürültü kaynağının yaklaşık 100 cm mesafede karşısına gelecek şekilde, yerden yaklaşık 150 cm yükseklikte tutulmuş ve 8 ana oktav bantta (25, 63, 160, 400,

1000, 2500, 6300, 16000 Hz) sekizer dakikalık ölçüm yapılmıştır.

Tesis çalışanlarının, kararsız gürültü ya da değişik zamanlardaki farklı gürültü etkisi ile maruz kaldığı gürültü dozunun hesaplanabilmesi için TES 1355 marka dozimetre kullanılmıştır. Kararsız gürültü etkisi altında kalan kişilerde kullanılan dozimetre kulağa en yakın yere iliştilmiş ve ortalama olarak $1,40 \pm 0,59$ saatlik ölçüm yapılmıştır. İlaveten, gürültü düzeyinin yüksek olabileceği 12



noktada (Çizelge 1) 8'er dakikalık, süreklilik gösteren ses şiddeti veya ses basınçlarının ortalama değerini veren eş değer gürültü seviyesi (Leq) ölçümü yapılmıştır. Kişisel maruziyet ölçümleri, zımba tabancası ve hava tabancasının ağırlıklı olarak bulunduğu noktalar arasından, temsili olarak seçilen döşeme bölümü çalışanlarında yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İç Ortam Gürültü Düzeyleri

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen ölçümlere ait ses basınç düzeyleri Çizelge 1`de verilmiştir. Buna göre, en yüksek

gürültü düzeyi 109 dB(A) olarak CNC makinesinin bulunduğu birinci ölçüm noktasında, en düşük gürültü düzeyi ise 70,1 dB olarak dikiş bölümündeki 4. Ölçüm noktasında tespit edilmiştir. CNC makinesinin kumaş kesimi esnasında iğnesinin kumaş koruyucu yüzey ile teması sonucu sürtünme ve darbe etkisinin yarattığı gürültü düzeyi maksimum seviyelere ulaşmaktadır. CNC kumaş serim işleminin gerçekleştiği ikinci ölçüm noktasında ise, hat aralıklı çalışmasına rağmen ölçüm yapılan süre içerisinde gürültü seviyesi rutin olarak seyretmiştir.

Çizelge 1. Fabrika'da İç Ortam Gürültü Düzeyleri

Nokta	Ölçüm Noktasının Yeri	Min (dB)	L _{eq} (dB)	Max (dB)
1	CNC Kesim	42,4	109	114
2	CNC Serim	93,5	93,5	93,7
3	Malzeme Ambarı Köşe Noktası	93,9	94	94,1
4	Dikiş-1	59,9	70,1	89,1
5	Dikiş-2	62,2	83,1	98
6	Döşeme	64,3	73,3	89,7
7	Son Montaj	62,2	73,1	87,8
8	Aksesuar Montaj	63,8	78,5	92,5
9	Montaj	63	78,7	91,7
10	Dikiş Köşe Noktası	62,7	78,6	103
11	Montaj Köşe Noktası	64,4	71,8	79,5
12	Canter-Hostes Ara noktası	66,1	74,7	92,2



Elde edilen sonuçlara göre, 4 ayrı ölçüm noktasında, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın 28.07.2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik" kapsamında belirlenen en düşük maruziyet eylem değeri 80 dB

(A)'nın üzerinde olduğu tespit edilmiştir (ÇSGB, 2013).

Uluslararası alanda endüstriyel iç ortam gürültü düzeyleri üzerine araştırmalar yapan ülkelerden ABD, Hindistan, Suudi Arabistan ve Türkiye'deki farklı endüstriyel kuruluşlara ait iç ortam gürültü düzeyleri ve maruz kalan kişi sayısı Çizelge 2`de verilmiştir.

Çizelge 1. Uluslararası Endüstriler Bazında İç Ortam Gürültü Seviyeleri

Ülke	Endüstri	Düzye (dB)	Kaynakça
Türkiye	Otomotiv Yan Sanayi	70-109	Bu çalışma
Türkiye	Şeker	80-96	Altaş vd., 1998
Türkiye	Tekstil	75-99	Atmaca vd., 2005
Türkiye	Demir-Çelik	77-100	Atmaca vd., 2005
Türkiye	Çimento	70-106	Atmaca vd., 2005
Türkiye	Beton	80-107	Atmaca vd., 2005
Türkiye	Tekstil	86-96	Özbay ve Kavaklı, 2008
Türkiye	Metal (Yavaş Hat)	84-103	Özbay ve Kavaklı, 2008
ABD	Baskı	71-88	Mihailovic et al., 2011
ABD	Gıda	85-95	Khuraibet and Al-Attar, 2000
ABD	Et	70-100	Khuraibet and Al-Attar, 2000
ABD	Çimento	85-97	Khuraibet and Al-Attar, 2000
ABD	Mobilya	88-99	Khuraibet and Al-Attar, 2000
ABD	Oto	85-95	Khuraibet and Al-Attar, 2000
Birleşik Arap Emirlikleri	Çelik	85	Ahmed, 2012
Suudi Arabistan	Elektrikli Ev Aletleri	81-90	Noweir et al., 2012
Suudi Arabistan	Fayans, Mermer ve İnşaat Malzemeleri	83-92	Noweir et al., 2012
Suudi Arabistan	Beton	83-87	Noweir et al., 2012
Suudi Arabistan	Plastik – Cam	82-89	Noweir et al., 2012
Suudi Arabistan	Tekstil ve Halı	83-92	Noweir and Jamil, 2003



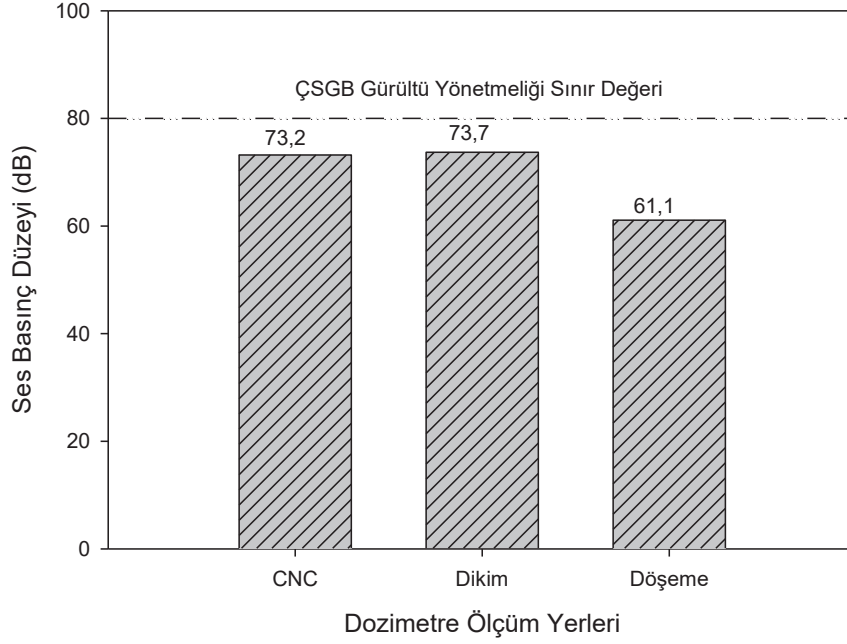
Suudi Arabistan	Baskı, Yayıncılık ve Kağıt Ürünleri	77-93	Noweir and Jamil, 2003
Hindistan	Çırçır	89-100	Dube et al., 2011
Mısır	Metal	92,6	Ali, 2011
Mısır	Elektrik Santrali	91,5	Ali, 2011
Mısır	Mobilya	83,6	Ali, 2011
Mısır	Kereste	80,7	Ali, 2011

3.2. Kişisel Maruziyet Ölçümleri

Fabrikadaki iç ortam gürültü düzeylerinin verildiği Çizelge 1'den de anlaşıldığı üzere CNC kesim makinesinin olduğu bölüm ile dikim ve döşeme ünitelerinin olduğu alandaki gürültü seviyeleri diğer ölçüm noktalarına kıyasla daha yüksektir. Özellikle bu üç bölümde görev yapan çalışanların kişisel olarak maruz kaldıkları gürültü seviyelerinin belirlemesi amacıyla kişilerin yakasına dozimetreler takılmıştır.

Dozimetrelerden elde edilen sonuçlara ve sekiz saatlik referans

zaman dilimine göre; CNC kesim makinesindeki görevlinin 73,2 dB, dikim bölümünde çalışan personelin 73,7 dB ve döşeme bölümünde çalışan personelin 61,1 dB düzeyinde gürültüye maruz kaldıkları tespit edilmiştir (Şekil 3). Bu değerler, ÇSGB'nin 28.07.2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik" kapsamında belirlenen en düşük maruziyet eylem değeri olarak belirlenen 80 dB (A)'nın altındadır (ÇSGB, 2013).



Şekil 3. Dozimetre Ölçüm Sonuçları ve ÇSGB Sınır Değerleri Karşılaştırılması

4. SONUÇ VE ÖNERİ

Bu çalışma kapsamında, Bursa ili Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren fabrikadaki iç ortam gürültü seviyesi ve bunun işçi sağlığı ve üretim verimliliği üzerine olası etkileri araştırılmıştır. Ölçüm sonuçları, tesisteki iç ortam ses basınç düzeylerinin 70-109 dB(A) arasında kaldığını göstermektedir. Üç ayrı bölümde yer alan dört ölçüm noktasındaki gürültü düzeylerinin ilgili

yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, ilgili bölümlerde çalışan personelin kişisel maruziyetini belirlemek amacıyla, çalışan personelin yakasına iliştirilen dozimetreden alınan ölçüm sonuçlarına göre ilgili yönetmelikteki sınır değerlerin aşılmadığı görülmüştür.

Ölçüm yapılan binada ses yalıtımının olmaması ve betonarme yapıya sahip olması nedeni ile fabrikada bulunan makine ve



ekipmanlardan yayılan titreşimler düşük kayıplar halinde yapı elemanlarına ulaşarak yeni gürültü kaynağına dönüşmektedir. Kaynakla çalışan arasındaki gürültüyü azaltabilmek için tavanda ve duvarlarda ses yalıtımının uygulanması ve makine ile zemin döşemesi arasında ses yalıtım malzemenin kullanılması makinelerden duvarlara çarparak yansıyan sesin azaltılmasını sağlayabileceği düşünülmektedir. Öte yandan, makine ve ekipmanların uygun bakım programlarının uygulanması da gürültünün kaynağında azaltılmasını sağlayacaktır.

Çalışanların gürültüye olan maruziyetlerinin azaltılması için mümkün olan en düşük düzeyde gürültü yayan ve faaliyete uygun ekipmanların kullanılması, ortam düzeninin uygun şekilde tasarlanması, iş ekipmanlarının doğru şekilde kullanılması, gerekli bilgi ve eğitimin verilmesi ve yeterli dinlenme aralarıyla çalışma süresinin düzenlenmesi

gerekmektedir. Maruz kalınan gürültünün azaltılmadığı durumlarda, muhtemel riskleri önlemek amacıyla çalışanların gürültü maruziyetlerini azaltan kulak koruyucu donanımların kullanılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 2241 (2209-B) kodlu Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı kapsamında yapılmıştır.

KAYNAKÇA

Ahmed, H. O., 2012, Noise Exposure, Awareness, Practice and Noise Annoyance Among Steel Workers in United Arab Emirates, Open Public Health Journal, Vol. 5, pp. 28-35.

Ali, S. A., 2011, Industrial Noise Levels and Annoyance in Egypt, Applied Acoustics, Vol. 72/4, pp. 221-225.

Altaş, E., Şirin S., Karaşen, M., Öztürk, A., Aktan, B., 1998, Endüstriyel Gürültü ve İşitme Kaybı, Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi, Cilt 5/2-3.



- Atmaca, E., Peker, I., Altın, A., 2005, *Industrial Noise and Its Effects on Humans, Polish Journal Environmental Studies*, Vol. 6, pp. 721-726.
- ÇSGB 2013, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmasına Dair Yönetmelik Resmi Gazete*, 28.07.2013, No: 28721.
- Dube, K. J., Ingale, L. T. and Ingale, S., 2011, *Hearing Impairment Among Workers Exposed to Excessive Levels Of Noise in Ginning Industries, Noise and Health*, Vol. 13/54, p. 348.
- Ekerbicer, H. C., Saltik, A., 2008, *The Health Consequences of Industrial Noise and Methods for Protection, TAF-Preventive Medicine Bulletin*, Vol. 7/3, p. 261.
- Khuraibet and Al-Attar, 2000, *Preliminary Assessment of Indoor Industrial Noise Pollution in Kuwait, The Environmentalist*, Vol. 20, pp. 319-324.
- Mihailovic, A., Grujic, S.D., Kiurski, J., Krstic, J., Oros, I., Kovacevic, I., 2011, *Occupational Noise in Printing Companies, Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 181, pp. 111-122.
- Noweir, M. H. and Jamil, A., 2003, *Noise Pollution in Textile, Printing and Publishing Industries in Saudi Arabia, Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 83/1, pp. 103-111.
- Noweir, M. H., Jomaah, I. M. and Bafail, A. O., 2012, *Noise Pollution in Utilities Industries in Saudi Arabia, A Journal of Asian Transactions on Engineering*, Vol. 2/2, pp. 18-25.
- Özbay, İ. ve Kavaklı, M., 2008, *Endüstriyel Gürültü Kirliliği ve Kontrolü; Metal Endüstrisi Uygulaması, Proceedings of the Blacksea International Environmental Symposium*.



Derleme Makale

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE TEMİZ ÜRETİM POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Emrah ÖZTÜRK¹, Pınar HASANOĞLU ÖZTÜRK², Ertaç TANAÇAN³, Cihan
ÖZGÜR⁴, Mustafa KARABOYACI⁵, Mehmet KİTİŞ³

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Aksu Mehmet Süreyya Demiraslan Meslek
Yüksekokulu

² Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

⁴ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek
Yüksekokulu

⁵ Süleyman Demirel Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

emrahozturk@isparta.edu.tr

Öz: Tekstil endüstrisi ülkelerin ekonomik kalkınma sürecinde lokomotif görev üstlenen sektörlerdendir. Tekstil endüstrisi karmaşık üretim proseslerinden ve çok sayıda alt sektörden oluşan heterojen bir yapıya sahiptir. Endüstrinin üretim proseslerinde su, enerji ve kimyasal başta olmak üzere kaynak kullanımları oldukça yoğun olmaktadır. Dolayısı ile endüstriden kaynaklanan çevresel sorunların başında atıksu miktarları, atık gaz emisyonları ve atıksuların kimyasal yükleri gelmektedir. Günümüzde kaynakların sürdürülebilir kullanımının sağlanması ve çevrenin bir bütün olarak korunmasında temiz üretim proaktif bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Dünyanın önde gelen tekstil tedarikçilerinden olan Türkiye’de, AB uyumlaştırma takvimine göre tekstil endüstrisi başta olmak üzere tüm imalat sanayinde 2018 yılına kadar temiz üretimin yapılandırılması planlanmaktadır. Bu çalışmada tekstil endüstrisinin kaynak verimliliği potansiyeli ve çevresel performansları ile tekstil endüstrisinde temiz üretim yaklaşımının yapılandırılmasıyla sağlanacak potansiyel tasarruflar/faydalar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atık-emisyon, Kimyasal, Su-enerji, Tekstil, Temiz üretim

EVALUATION OF CLEAN PRODUCTION POTENTIAL IN TEXTILE INDUSTRY

Abstract: Textile industry is one of the locomotive sectors in the economic development process of the countries. The textile industry has a heterogeneous structure consisting of complex production processes and a large number of sub-sectors. In the production processes of the industry, water, energy and chemical consumptions are very intensive. Therefore, the main environmental problems

Makale Gönderim Tarihi:21.11.2018

Makale Kabul Tarihi:26.12.2018



caused by the textile industry are mainly wastewaters, air emissions and wastewater chemical loads. Today, clean production is a proactive approach in ensuring sustainable use of resources and protecting the environment as a whole. In Turkey which is one of the leading textile suppliers of the world according to the European Union (EU) harmonization calendar, cleaner production approach is planned to be structured in the manufacturing industry, especially in the textile industry until 2018. In this study, resource efficiency and environmental performance of the textile industry, potential savings/benefits to be achieved through the structuring of a clean production approach in the textile industry were evaluated.

Keyword: Chemical, Cleaner production, Waste-emission, Water-energy, Textile

KISALTMA VE SEMBOLLER

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	Araştırma-Geliştirme
AKM	Askıda Katı Madde
AOX	Adsorblanabilir Organik Halojen
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
IED	Endüstriyel Emisyonlar Direktifi
IPPC	Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MET	Mevcut En İyi Teknik
PM	Partikül Madde
TSEKÖK	Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği
VOC	Uçucu Organik Bileşikler
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun temel gereksinimlerinden olan “örtünme ve korunma” ihtiyacının bir gereği olarak ortaya çıkan tekstil imalatı özellikle sanayi devriminin ardından oldukça hızlı bir şekilde endüstrileşmiştir. Günümüzde 150’yi aşkın ülkenin tekstil tedarikinde bulunmasında ülkelerin ekonomik kalkınma ve



sanayileşme sürecinde tekstil endüstrisinin lokomotif bir görev üstlenmesi etkili olmuştur (Eraslan vd., 2008). Tekstil endüstrisi en fazla küreselleşmiş endüstrilerden biri olarak tanımlanmaktadır (Ramaswamy and Gereffi, 2000). Dünya endüstriyel ürün ticaretinde %4-6 gibi önemli bir paya sahiptir (Erkan, 2011). Emek-yoğun üretim yapısına sahip tekstil endüstrisinin dünya genelinde 26 milyondan fazla kişiye iş imkânı sağladığı tahmin edilmektedir (İTKİB, 2008; TGSD, 2008). Diğer taraftan tekstil endüstrisinin üretim proseslerinde kaynak (su, enerji ve kimyasal) tüketimleri oldukça yoğun olmakta ve endüstride oluşan kirleticiler çevresel alıcı ortamlar üzerinde olumsuz etkiler meydana getirebilmektedir. Endüstriden kaynaklanan çevre sorunlarının başında atıksular ve taşıdıkları kimyasal yükler gelmektedir (Öztürk, 2014). Yeterince arıtılmadan alıcı su ortamlarına deşarj edilen atıksular geri dönüşü zor çevresel problemlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bir

tekstil ülkesi olan Türkiye’de tekstil endüstrisinin yoğunlaştığı Ergene ve Menderes havzalarında yaşanan su kirliliği problemleri bunu açıklar niteliktedir.

Günümüzde gelişmiş ülkeler yoğun kaynak kullanımına ve çevre üzerinde olumsuz etkilerin oluşmasına neden olan endüstriyel üretimlerin büyük bir bölümünü daha az gelişmiş ülkelere kaydırıldığı bir gerçektir (Ramaswamy and Gereffi, 2000). Bu endüstriler içerisinde tekstil endüstrisi de gösterilebilir. Türkiye dünyanın en önemli tekstil ve hazır giyim tedarikçilerinden biri olup Avrupa’nın en büyük ikinci tekstil tedarikçisi konumundadır. Türkiye tekstil ve hazır giyim ticaretindeki %3,6 payla dünya tekstil ve hazır giyim ihracatında sırasıyla 9’uncu ve 6’ıncı sırada yer almaktadır (Erkan, 2011; İTKİB, 2012). Diğer taraftan dünyanın en büyük 8’inci pamuk üreticisi ve 3’üncü organik pamuk üreticisidir (TCEB, 2014). 2011 yılı halı üretimi ve yapay elyaf üretiminde dünya 3’üncüsü olan



Türkiye, dünyanın en büyük yapay iplik ithalatçısıdır (MARKA, 2013). Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 2011 yılında yayımlanan “katma değer (faktör maliyeti)” verilerine göre imalat sanayinde üretilen katma değer toplam katma değerinin %36’sını oluşturmaktadır (Atış, 2014). Tekstil ve hazır giyim endüstrisinin ürettiği katma değer imalat sanayi katma değerinin %17’sini ve toplam ülke katma değerinin %6’sını oluşturmaktadır (HKSP, 2010; Atış, 2014). 2013 yılı verilerine göre Türkiye’de tekstil ve hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin %95’inden fazlası küçük ve orta büyüklükte işletmeler (KOBİ) oluşturmaktadır (HKSP, 2010). Kaynak kullanımının yoğun olduğu tekstil endüstrisi 191,5 milyon m³ su tüketimi ile Türk imalat sanayide 2008 yılında kullanılan toplam su tüketiminin %15’inden sorumludur (TUİK, 2008). Tekstil endüstrisinde ihtiyaç duyulan suyun önemli bir bölümü (%66’sı) yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır. Türkiye’de tekstil endüstrisinden

deşarj edilen atıksuların %42’si arıtmakta ve oluşan toplam (arıtılan ve arıtılmayan) atıksuların %13’ü şehir kanalizasyon şebekelerine, %30’u akarsulara, %46’sı organize sanayi bölgesi kanalizasyon şebekelerine, %10’u diğer (foseptik, sulama, baraj, denizdeşarjı vb.) yollar iledeşarj edilmektedir (TUİK, 2010). Türk imalat sanayinde kullanılan suyun %34’ü yeniden değerlendirilmekteyken, tekstil endüstrisinde bu oran %1 mertebesinde kalmaktadır (TUİK, 2010).

Tekstil endüstrisi üretim proseslerinde enerji tüketimi de oldukça yoğun olmaktadır. Türkiye’de tekstil ve hazır giyim sektörü, demir çelik ve çimento sektörlerinin ardından, en fazla enerji yoğunluğuna sahip üçüncü sektördür (Hepbaşlı ve Özalp, 2003; Öztürk vd., 2005). Türkiye’nin Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda tekstil sektöründe enerji tüketiminin ve maliyetlerinin yüksek olduğunun



altı çizilmektedir. Türk imalat sanayinde toplam enerji tüketiminin %7'sinden sorumlu olan tekstil endüstrisi elektrik enerjisi tüketiminde %18 payla ikinci sırada yer almaktadır (Hepbaşlı ve Özalp, 2003; TÜİK, 2010). Tekstil endüstrisinde ön görülen enerji tasarrufu potansiyelinin %20 seviyelerinde olduğu vurgulanmaktadır (Ünlü, 2010). Türkiye'de hali hazırda enerji verimliliğine yönelik olarak yürütülen çalışmalardan sektördeki enerji tasarrufunun ancak %8 mertebesinde olduğu bilinmektedir (Palamutcu, 2010). Tekstil endüstrisi katı atık oluşumunda %4 payla imalat sanayi içerisinde ikinci sırada gelmektedir (İTKİB, 2012). Sektörde üretim proseslerinde oluşan katı atıkların önemli bir bölümünü tehlikeli atıklar, ambalaj atıkları ve tekstil atıkları oluşturmaktadır. Tekstil endüstrisinin enerji ihtiyacının karşılanmasında genellikle fosil yakıtlardan yararlanılmaktadır. Bu nedenle havaya verilen başlıca hava kirleticileri CO₂, NO_x, SO_x ve

partikül maddeler (PM) dir (ÇŞB, 2012). Ayrıca üretim proseslerinde özellikle ısı enerjisi tüketiminin yüksek olduğu proseslerde yoğun kimyasal tüketimine bağlı olarak uçucu organik bileşikler de (VOC) oluşmaktadır.

Avrupa'nın en büyük ikinci ve dünyanın önde gelen tekstil tedarikçilerinden biri olan Türkiye, Avrupa Birliği (AB) tam üyelik sürecinde çevre mevzuatı alt yapısının AB direktiflerine uyumlaştırması çalışmaları devam etmektedir. Bu kapsamda değerlendirilen en önemli direktiflerden birini "Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC-96/61/EC)" yeni adıyla "Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (IED-2010/75/EU)" oluşturmaktadır. Direktif, oluşan endüstriyel kirliliğin kaynağında entegre bir yaklaşımla önlenmesinde ve kaynak verimliliğinin geliştirilmesinde "mevcut en iyi tekniklerin (MET/BAT)" uygulanmasını esas almaktadır. MET'lerin temelini ise, doğal kaynakları ve çevreyi



korumak için uygun tekniklerin seçimi ile çevresel fayda ve maliyetler arasında bir denge sağlanması oluşturmaktadır. Henüz IED ulusal mevzuata aktarılmamış olsa da, Türkiye’de “Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (TSEKÖK) Tebliği”nin 2011 yılında yürürlüğe girmesiyle, söz konusu direktifin uyumlaştırılması anlamında bir aşama kaydedilmiştir. Türkiye’de IPPC/IED uyumlaştırma takvimine göre 2015 yılında entegre izne geçiş sürecinin ve 2018’de söz konusu direktiflere tam uyumlaştırmanın tamamlanması planlanmaktadır. Bu çalışmada, tekstil endüstrisinde kaynak kullanımları ve üretim proseslerinden kaynaklanan başlıca çevresel etkiler değerlendirilmiştir. Literatür araştırmaları yapılarak tekstil üretim proseslerinde spesifik kaynak kullanımları ve atık/emisyon değerleri incelenmiştir. Ayrıca ülkemizde tekstil endüstrisinde temiz üretim uygulamalarıyla kaynak

kullanımlarındaki potansiyel azalmalar ve çevresel performanslarda sağlanacak potansiyel artışlar değerlendirilmiştir. Bu çalışmada sunulan veriler ve yapılan değerlendirmeler kaynak kullanımları, çevresel etkiler ve tasarruf imkanları konusunda tekstil işletmelerine, sektörel paydaşlara ve araştırmacılara önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmada 2’inci başlık altında, tekstil sektöründe spesifik kaynak kullanımları ve çevresel etkiler irdelenmiştir. 3’üncü başlık atında ise temiz üretim yaklaşımı, gelişimi ve ülkemizdeki mevcut düzenlemeler özetlenmiştir. 4’üncü başlık altında ise ülkemizde tekstil sektöründe temiz üretim yaklaşımının yapılandırılmasıyla kaynak kullanımlarında sağlanacak tasarruflar ve çevresel faydalar değerlendirilmiştir.

2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE KAYNAK KULLANIMLARI VE ÇEVREYE POTANSİYEL ETKİLERİ



2.1. Su Tüketimi ve Atıksu Oluşumu

Tekstil, imalat sanayi içerisinde su tüketiminin en yoğun olduğu endüstrilerden biridir. Endüstride suyun büyük bir bölümü yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır. Tekstil endüstrisinde lif türü, uygulanan teknik ve teknolojilere bağlı olarak farklı su tüketimleri gerçekleşmektedir. Tekstil endüstrisinde spesifik su tüketimi değeri 3-932 L/kg ürün gibi geniş bir aralıkta değişmektedir (Çizelge 1). Endüstride terbiye ve boyama prosesleri toplam su tüketiminin %70-80'inden sorumlu olmaktadır. Tekstil sektöründe yaş proseslerde

tipik su tüketimi değerleri; haşılamada 1-8 L/kg ürün, haşıl sökmede 2-20 L/kg ürün, yıkamada 5-42 L/kg ürün, merserizasyonda 6-32 L/kg ürün, ağartmada 3-125 L/kg ürün, boyamada 8-330 L/kg ürün, apre işlemlerinde 13 L/kg ürün ve baskıda 2-33 L/kg ürün aralığında değişmektedir (Alanya vd., 2006; Kav, 2011). Tekstil terbiye ve boyama işlemleri haricinde buhar üretimi, tesis temizliği ve su yumuşatma (iyon değiştiricilerin rejenerasyonunda) gibi yardımcı işlemlerinde de su tüketimi gerçekleşmektedir. Tekstil endüstrisi alt sektörlerinde spesifik su tüketimi değerleri Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1. Tekstil Endüstrisi Alt Sektörlerinde Spesifik Su Tüketimi Değerleri (Kocabaş, 2008)

Alt sektörler	Spesifik su tüketimi (L/kg ürün)		
	Minimum	Ortalama	Maksimum
Yünlü kumaş üretimi	111	284	658
Dokuma kumaş üretimi	5	113	508
Örme kumaş üretimi	20	83	377
Halı üretimi	8	47	163
İplik üretimi	3	100	558
Dokusuz yüzeyli kumaş üretimi	3	40	83
Keçeli kumaş üretimi	33	213	932

Tekstil üretimi ve ihracatında önde gelen ülkelerde spesifik su tüketimi değerleri 20-700 L/kg ürün

aralığında değişmektedir (Öztürk vd., 2009). Türk tekstil endüstrisinde de spesifik su



tüketimi çok değişken olmakla birlikte 20-350 L/kg ürün aralığındadır (Öztürk, 2009). Sektörde iplik ve dokuma-örme kumaş terbiye-boyaması yapan tekstil işletmelerinde spesifik su tüketimlerinin 50-180 L/kg ürün aralığında yoğunlaştığı söylenebilir (Öztürk, 2014). IPPC tekstil BREF dokümanında bazı tekstil işletmelerinde spesifik su tüketimi değerleri verilmiştir. Buna göre iplik, dokuma ve örme kumaş terbiyesi yapan tekstil işletmelerinde spesifik su tüketimleri sırasıyla 35-215 L/kg ürün, 50-296 L/kg ürün ve 35-230 L/kg ürün aralığında değişmektedir (EC, 2003).

Tekstil endüstrisinde yüksek su tüketimi endüstriden kaynaklanan atıksu miktarlarına da yansımakta ve spesifik su tüketimi değerleri ile paralellik göstermektedir. Tekstil sektöründe Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartlarına göre tipik atıksu miktarları 100-125 L/kg ürün ve entegre tekstil işletmelerinde 35-265 L/kg ürün aralığında

değişmektedir (Schoeberl et al., 2004; Visvanathan et al., 2007). Tekstil endüstrisinde yaş prosesler ve yardımcı proseslerde farklı karakterlere sahip atıksular oluşmaktadır. Terbiye işlemlerinde lifler üzerindeki kirler, yabancı maddeler, çeşitli proseslerde applike edilen toksik ve biyolojik parçalanması güç kimyasallar atıksuların kirlilik yükünün artmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan boyama işlemlerinde fikse olmayan boyarmadde artıkları, boyama banyosuna eklenen tuzlar ve diğer kimyasal maddeler atıksuların taşıdığı kirlilik yükünü artırmaktadır (Öztürk, 2014). Tekstil atıksularında toksisiteyi ve kirlilik yükünü artıran başlıca kirleticiler; (kimyasal ve boyarmaddelerden kaynaklanan ve boyama terbiye proseslerinde oluşan) temel olarak organik bileşikler, biyolojik olarak zor ayrışabilen maddeler, renk verici maddeler, toksik maddeler, inhibitör bileşikler, adsorplanabilir klorlu bileşikler (AOX), asitler ve tuzlardır (Başbuğ, 2008). Diğer



tarafından askıda katı maddeler, mineral yağlar, gres, lubrikantlar, biyolojik parçalanmayan ya da biyolojik parçalanması güç olan sülfektanlar, organik bileşikler, fenoller, halojenlenmiş organik solventler, ısı, renk ve ağır metaller başlıca atıksu kirleticileridir (IFC, 2007). Tekstil atıksuları yüksek BOİ, KOİ, AKM, tuzluluk ve renk içeriğine sahiptir (Jones, 1973; Hendrickx and Boardman, 1995; Öztürk, 2007; Cırık, 2010). Tekstil alt sektörlerinde atıksu karakteristikleri ve spesifik KOİ yükü değişiklik göstermektedir. IPPC tekstil BREF dokümanında iplik, dokuma ve örme kumaş terbiye-boyaması yapan tekstil işletmelerinde oluşan kompozit atıksuların spesifik kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) yükleri sırasıyla 13-125 gr KOİ/kg ürün, 14-303 gr KOİ/kg ürün ve 57-150 gr KOİ/kg ürün aralıklarında değişmektedir (EC, 2003). Yeterince arıtılmadan alıcı su ortamlarına deşarj edilen tekstil atıksuları su kirlenmesi

problemlerine neden olabilmektedir.

2.2. Enerji Tüketimi ve Atık Gaz Emisyonları

Tekstil endüstrisi ısı ve elektrik enerjisi tüketiminin yoğun olduğu endüstrilerdendir. Türkiye'de üretim sektörleri içerisinde enerji tüketimi dağılımı incelendiğinde demir çelik endüstrisi (%35), çimento endüstrisi (%20), tekstil endüstrisi (%6), petrokimya (%5) ve seramik endüstrisi (%4) başta gelmektedir. Bu endüstrilerin birim maliyet dağılımları içerisinde enerji tüketiminin payı incelendiğinde ise; demir çelik %12-48, çimento endüstrisi %55, tekstil endüstrisi %8-10, petrokimya %29 ve seramik endüstrisi %33 oranında paylara sahiptir (Hepbaşlı ve Özalp, 2003; Öztürk, 2005). Endüstride ısı ve elektrik üretiminde ağırlıklı olarak kömür ve doğalgazdan yararlanılmaktadır (Öztürk, 2005; Palanichamy and Babu, 2005; Palamutcu, 2010). Terbiye, boyama ve bitim



işlemlerine ihtiyaç duyulan ısı enerjisi buhar ya da kızgın yağ ile sağlanmaktadır. Özellikle ön kurutma, nihai kurutma ve fikse işlemlerinde kızgın yağ tercih edilebilmektedir. Tekstil üretim proseslerinde özellikle terbiye, boyama ve bitim işlemlerinde yoğun şekilde ısı enerjisinden yararlanılmaktadır. Ayrıca makinelerin, elektrik motorlarının çalıştırılmasında, aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerinde de elektrik enerjisi tüketimi gerçekleşmektedir. Genel anlamda tekstil endüstrisinde spesifik enerji tüketimi 11-125 MJ/kg ürün arasında değişmektedir. Türkiye’de tekstil sektöründe ise spesifik enerji 40-80 MJ/kg ürün aralığındadır (UNIDO, 1992; EIE, 2006; UNIDO, 2010). Tekstil sektöründe spesifik elektrik tüketimi ise 0,1-7,3 kWh/kg ürün arasında değişim göstermektedir. Türkiye’de tekstil sektöründe spesifik elektrik enerjisi tüketimi 2,1-5,6 kWh/kg ürün aralığındadır (Kumar et al., 1999; Visvanathan et al., 2000; EIE, 2006; UNIDO,

2010; Palamutcu, 2011). IPCC tekstil BREF dokümanlarında tekstil alt sektörlerinde spesifik elektrik ve ısı enerjisi tüketimleri verilmektedir. Buna göre iplik, dokuma-örme kumaş terbiye-boyaması yapan tekstil işletmelerinde spesifik elektrik enerjisi tüketimleri sırasıyla 0,5-6,5 kWh/kg ürün, 0,5-1,5 kWh/kg ürün ve 1-9 kWh/kg ürün aralığındadır. Ayrıca iplik, dokuma-örme kumaş terbiye-boyaması yapan tekstil işletmelerinde spesifik ısı enerjisi tüketimleri sırasıyla 11-14 MJ/kg ürün, 28-76 MJ/kg ürün ve 12-61 MJ/kg ürün aralığında değişmektedir (EC, 2003).

Tekstil sektöründe terbiye ve boyama banyolarının ısıtılması, iklimlendirme, fikse, kurutma vb. proseslerde veya yardımcı proseslerde buhar tüketimi yoğun olmaktadır. İmalat sanayi içerisinde tekstil endüstrisi ısı enerjisi tüketimine paralel olarak buhar tüketiminde de ön sıralardadır. A.B.D.’de buhar tüketimi açısından 16 sektör içerisinde tekstil



endüstrisi 5. sırada yer almaktadır (USDOE, 2005; Hasanbeigi et al., 2012). Tekstil endüstrisinde toplam enerji tüketiminin %28'i buhar üretiminde kullanılmaktadır (USDOE, 2004). Su, enerji ve kimyasal tüketimlerine benzer şekilde spesifik buhar tüketimi tipik değeri de tekstil alt sektörlerinde değişkenlik göstermektedir. Boyama işlemlerinde 3,5-5 kg buhar/kg ürün, boyama ve kurutma işlemlerinde 5-8 kg buhar/kg ürün aralığındadır (Hasanbeigi, 2010). İplik üretiminde spesifik buhar tüketimi 7-7,2 kg buhar/kg ürün aralığında değişmektedir (EMT, 2008; Hasanbeigi, 2010). Kumaş üretiminde ise bazı boyama proseslerinde 3,6-4,8 kg buhar/kg ürün; 1,8-2,4 kg buhar/kg ürün; 4-5 kg buhar/kg ürün; 2-3 kg buhar/kg ürün ve 1,5-2,5 kg buhar/kg ürün şeklinde değişmektedir (EC, 2003). Tekstil sektöründe buhar tüketimi tipik aralığı 4-9 kg buhar/kg ürünüdür.

Tekstil endüstrisi diğer endüstrilerle karşılaştırıldığında

daha düşük seviyede atık gaz emisyonlarına neden olmaktadır (Öztürk, 2007). Tekstil endüstrisinde hava emisyonlarının başlıca kaynakları; terbiye ve boyama, bitim, kurutma, baskı, sentetik iplik üretimi, kumaş hazırlama prosesleri ve atıksu arıtma tesisleridir (USEPA, 1997; SGN, 2002; Öztürk, 2007). Endüstride başlıca hava kirleticileri fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan karbonmonoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), күrkürt dioksit (SO₂), azotoksitler (NO_x) ve tozdur (ÇŞB, 2012). Üretim proseslerinde, özellikle ısıl işlemlerin uygulandığı terbiye, boyama, baskı, kurutma, fikse, ütöleme, laminasyon, kuru temizleme ünitelerinde hidrokarbonlar (mineral yağların yüksek sıcaklıkta işlem görmesinden kaynaklanır), formaldehitler, asetik asitler, uçucu kimyasal maddeler, solventler, asitaldehit, kloroflorokarbonlar, diklorobenzen, etilasetat, metilnaptelin, ve klorotuluen gibi hava kirleticileri oluşmaktadır (IFC,



2007; Öztürk, 2007; ÇŞB, 2012). Endüstrisinde spesifik CO, SO₂, NO_x emisyon değerleri sırasıyla 0,28, 0,12 ve 0,3 gr/kg üründür (Aysen, 1998; Kalliala and Nousiainen, 1999; Thai et al., 2011).

2.3. Kimyasal Tüketimi

Tekstil endüstrisinde terbiye, boyama ve baskı işlemlerinde önemli miktarlarda ve türde kimyasal/boyarmadde tüketimi gerçekleşmektedir (Kocaer ve Alkan, 2002; Kant, 2012). Tekstil sektöründe yaklaşık olarak 3.600 çeşit boyarmadde ve 8.000 çeşit kimyasal madde kullanılmaktadır (Kant, 2012). Üretim proseslerinde kullanılan kimyasal miktarları ise lif formu, uygulanan terbiye ve boyama yöntemi, teknik ve teknolojiye bağlı olarak değişmektedir. Sektörde üretim proseslerinde ürün ağırlığının %10-100 arasında kimyasal tüketimi gerçekleşmektedir (Smith, 1994; USEPA 1997; Öztürk vd., 2009). IPPC tekstil BREF dokümanında tekstil sektörünün farklı alt

sektörlerinde faaliyet gösteren tekstil işletmelerinin spesifik boyarmadde ve yardımcı kimyasal tüketimi değerleri verilmiştir. Buna göre iplik, dokuma ve örme kumaş terbiye boyaması yapan tekstil işletmelerinde spesifik boyarmadde tüketimleri sırasıyla 12-36 gr/kg ürün, 10-30 gr/kg ürün ve 15-50 gr/kg ürün aralığındadır. Ayrıca spesifik yardımcı kimyasal tüketimleri sırasıyla 57-430 gr/kg ürün, 225-450 gr/kg ürün ve 95-670 gr/kg ürün aralığında değişmektedir (EC, 2003). Üretim maliyeti açısından bir değerlendirme yapıldığında ise yardımcı

kimyasalların/boyarmaddelerin önemli paylara sahip olduğu görülmektedir. İngiltere’de tekstil sanayisinde boyama ve terbiye işlemleri yapan işletmelerde boyarmadde ve kimyasal madde giderleri toplam maliyetin %28’ini oluştururken, Türkiye’de ise %23-47’sini oluşturmaktadır (Saldıray, 2005). Türk tekstil endüstrisinde terbiye-boyama proseslerinde spesifik boyarmadde ve yardımcı



kimyasal tüketimleri sırasıyla 10-20 gr/kg ürün ve 100-400 gr/kg ürün aralığında değişmektedir.

2.4. Katı Atık Oluşumu

Tekstil sektöründe diğer endüstrilere benzer şekilde tehlikesiz ve tehlikeli nitelikte atıklar oluşmaktadır. Endüstride birçok proseste tipik olarak; kirlenmiş tekstil atıkları, kirlenmiş ambalaj atıkları, flüoresan, yağlar ve yağ filtreleri gibi atıklar oluşmaktadır. Endüstriye özgü atıklar ise genel olarak; atık iplik ve kumaş parçaları, makaslama ve şardon atıkları, tekstil tozları, boyalar ve pigmentler, baskı patları artıkları, fulard bitim flottesi artıkları, gaz arıtımından gelen atıklar ve atıksu arıtma tesisi çamurlarıdır (LCPC, 2010; ÇŞB, 2012). Pamuk iplik üretimi yapan işletmelerde spesifik tehlikeli ve tehlikesiz nitelikteki katı atık miktarları sırasıyla 0,13 ve 5 gr/kg ürün dür (Thai et al., 2011). IPPC tekstil BREF dokümanına göre tekstil işletmelerinde spesifik katı atık miktarı 11-21 gr/kg ürün

aralığında değişmektedir (EC, 2003).

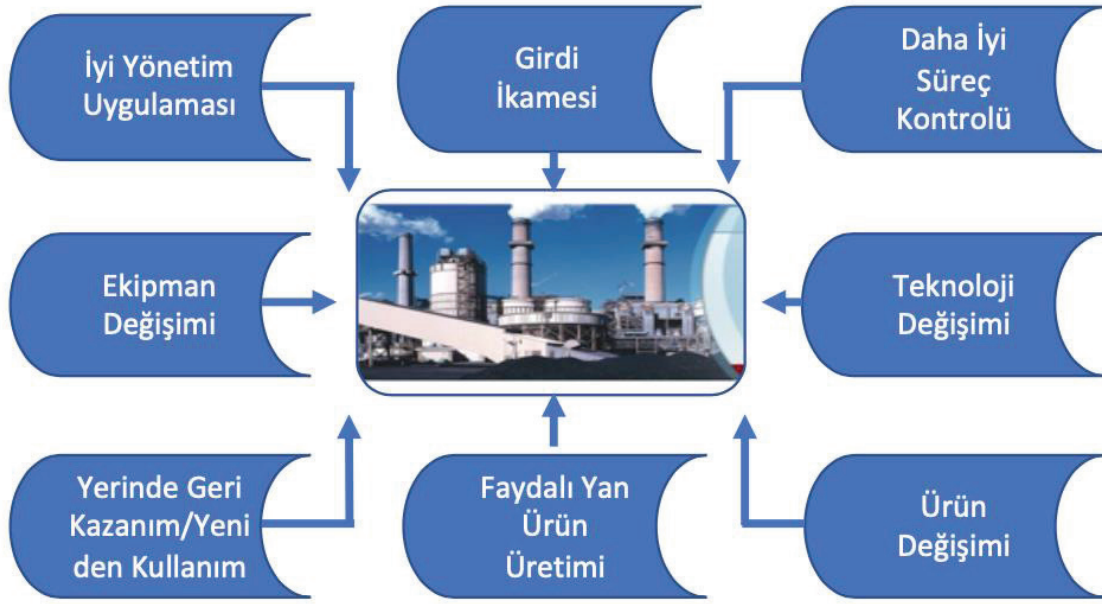
3. TEMİZ ÜRETİM

Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan kirleticilerin çevre üzerinde oluşturduğu baskının önlenmesi ve minimize edilmesi hem toplumsal bir sorumluluk hem de sürdürülebilir kalkınmanın temelini oluşturmaktadır (Cılız vd., 2011; TTGV, 2011). Endüstriyel çevre kirlenmesinin önlenmesinde iki yaklaşım öne çıkmaktadır. Bu yaklaşımlardan birisi “kirlilik kontrolü yaklaşımı” diğeri ise “temiz üretim” yaklaşımıdır (Demirer, 2001). Kirlilik kontrolü yaklaşımı, kirliliği daha iyi tanımlamak, arıtma ve bertarafına odaklanmaktadır. Kirliliğin oluştuktan sonra çeşitli yöntem ve teknolojiler ile zararsız hale getirilmesini amaçlamaktadır ki bu yaklaşım özellikle küçük ölçekli işletmeleri ekonomik açıdan oldukça önemli düzeyde zorlamakta ve işletme zorluğu getirebilmektedir. Temiz üretim yaklaşımı ise kirliliği proje, kaynak



kullanımı ve üretim proseslerindeki yetersizlik, verimsizlik ve etkisizliğin bir sonucu olarak görmektedir. Bu nedenle kirliliğin bu etkenlerin giderilmesi ile kaynağında önlenmesini ilke edinmektedir (UNEP, 1996; Demirer, 2001). Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), temiz üretimi “üretim süreçlerine, ürün ve hizmetlere sürekli olarak bütünsel ve önleyici bir çevre stratejisi uygulanması ile insanlar ve çevre üzerindeki risklerin azaltılması” olarak tanımlamaktadır (UNEP, 1996; Cılız vd., 2011). Diğer bir deyişle temiz üretim, kaynakların sürdürülebilir, etkin ve verimli kullanımını sağlayan, oluşan kirleticilerin insan ve çevre üzerindeki potansiyel risklerinin azaltıldığı/önlendiği temel ve bütüncül bir yaklaşımdır (Demirer, 2003; Kotan ve Bakan, 2007). Temiz üretim yaklaşımının temelini; çevreye zararlı kirleticilerin kaynağında azaltılmasını sağlamak, doğal kaynakların korunmasını sağlamak ve MET’ler ile endüstrilerin

çevresel performansını sürekli artırarak ileride uygulanacak yasal düzenlemelere uyum konusunda düşük maliyetle ve zorlanmadan uyum sağlamak oluşturur. Bu teknik ve yöntemler; tesis verimliliğinin artırılmasını, proses modifikasyonunu, üretimde kullanılan hammadde ve kimyasalların çevresel riski daha düşük olanlar ile değişimini, enerji ve su tüketiminin azaltılmasını içermektedir (OTA, 1987; CEQ, 1990; USEPA, 1997; Öztürk, 2007). Üretim süreçlerinde temiz üretim; çevre dostu teknolojilerin uygulanması, hammadde ve enerji kayıplarının önlenmesi/en aza indirilmesi, kimyasal ve kirlilik envanteri uygulaması, proses modifikasyonu, ekipman modifikasyonu, kimyasal değişimi/optimizasyonu, iyi yönetim gibi uygulamalar ile mümkün olabilmektedir (Hendrickx and Boardman, 1995; USEPA, 1996; Öztürk, 2007). Temiz üretim teknikleri Şekil 1’de özetlenmiştir.



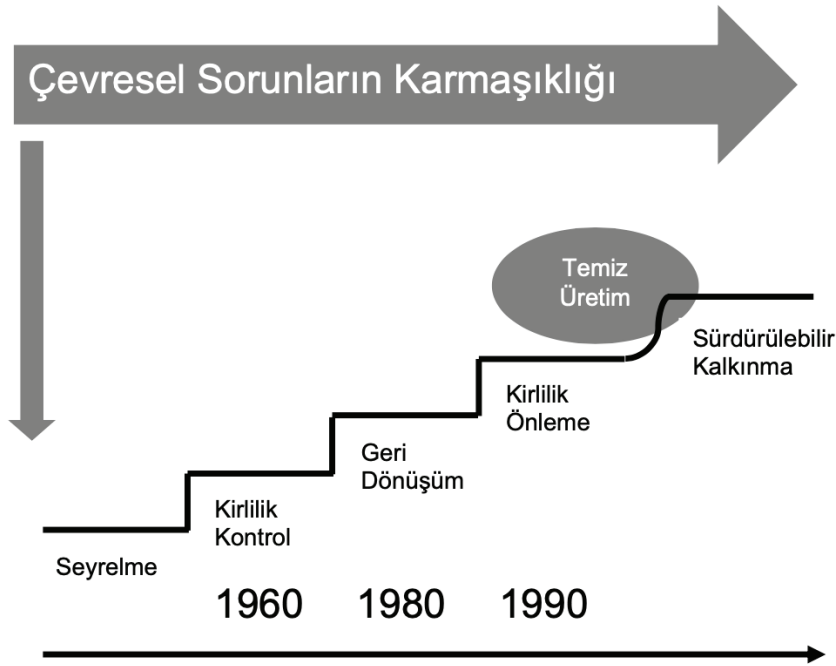
Şekil 1. Temiz Üretim Teknikleri

Sanayileşmiş ülkelerde 1970'li çevre kirliliği problemlerinin artması ve kirlilik kontrolü maliyetlerinin yüksek olması temiz üretim yaklaşımının ortaya çıkmasına neden olmuştur. İlk olarak A.B.D. Ulusal Kirlilik Önleme Yasası'nda yer alan "atık hiyerarşisi" yaklaşımı temiz üretimin temellerini oluşturmaktadır (Blomquist, 1995; Öztürk, 2007). Avrupa'da da endüstriyel kaynaklı çevre kirliliği problemlerinin önlenmesinde temiz üretim yaklaşımının benimsenmesi, yaygınlaştırılması ve yasalaştırılmasına neden olmuştur. Bu kapsamda AB'de

temiz üretim uygulamaları IPPC Direktifi'nin (96/61/EC) yürürlüğe girmesi ile başlamıştır (Salvador et al., 2000; Öztürk, 2007). Avrupa'da IPPC Direktifi'ne uyum 11 yıllık bir geçiş sürecinin ardından büyük ölçüde tamamlanmıştır. Bu süreçte endüstrilerde temiz üretim uygulamalarının daha sistematik şekilde uygulanabilmesi ve uygulamada yaşanan zorlukların azaltılabilmesi adına direktif kapsamında MET-BAT önerileri sunulmuştur (EC, 2003). MET'in temelini, çevreyi korumak için uygun tekniklerin seçimi ile çevresel fayda ve maliyetler

arasında bir denge sağlamak oluşturmaktadır (UKEA, 2002; Öztürk, 2007). Ayrıca Avrupa IPPC Bürosu tarafından sektörel BREF dokümanları yayınlamıştır (Öztürk,

2007). AB, bu dokümanları dinamik dokümanlar olarak ele almakta ve dönemsel olarak revize etmektedir. Çevresel yönetimin tarihsel gelişimi Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Çevre Yönetiminin Tarihsel Gelişimi (Pandey, 2007)

IPPC Direktifi 2010 yılında hazırlanan ve yedi adet ayrı direktifi de kapsayacak biçimde IED (2010/75/EU) olarak yeniden düzenlenmiştir. IED ile, endüstriyel kuruluşlara verilen izinlerde, referans dokümanların sonuç bölümlerinde yer alan MET temelli emisyon limitlerini (BAT-AEL) esas olarak belirlenecek emisyon değerlerinin (ELV) şart olarak

getirilmesi uygulamasına geçilmiştir (IED, 2010). Bu kapsamda referans dokümanların sonuç bölümleri, resmi dokümanlar haline getirilmiştir. Türkiye'de ise AB uyumlaştırma sürecinde IED ulusal mevzuata aktarılmamıştır. Ancak TSEKÖK tebliğinin 2011 yılında yürürlüğe girmesi ile söz konusu direktifin uyumlaştırılması adına ilk adım atılmıştır. Türkiye'de



TSEKÖKT ve temiz üretim uygulamaları ile doğal kaynakların ve kimyasal kullanımında, gaz emisyonlarında, atık/atıksu oluşumunda ve atık yüklerinde önemli seviyede azalmaların sağlanması ve böylelikle sektörde faaliyet gösteren tesislerin çevresel performansları, ekonomik verimliliklerinin geliştirilmesi beklenmektedir. Endüstriyel tesislerde ilk temiz üretime geçişte tekstil sektöründe yasal düzenlemeler ve uygulamalar yapılmıştır ve diğer sektörlerin de yakın süreçte dahil edileceği öngörülmektedir (TTGV, 2012). Türkiye'de IPPC-IED Direktifi'ne uyum sürecinde teknik ve yasal (izin) süreçlerin 2015 yılına kadar ve tam uyumlaştırmanın 2018'de tamamlanması planlanmaktadır.

4. TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE POTANSİYEL KAYNAK TASARRUFLARI VE ÇEVRESEL FAYDALAR

Kaynak kullanımlarının yoğun olduğu endüstrilerden biri olan tekstil endüstrisinde çeşitli temiz

üretim teknikleri-stratejilerinin geliştirilmesi ile su, enerji ve kimyasal tüketimlerinde önemli oranlarda azalmalar sağlanabilmektedir. Ayrıca endüstrinin çevre üzerindeki potansiyel etkilerinin de önlenmesi ya da minimize edilmesi mümkün olmaktadır. Alkaya ve Demirer (2014), dokuma kumaş üretimi yapan bir tekstil işletmesinde yürüttükleri temiz üretim çalışmasında su yumuşatma sisteminin optimizasyonu, soğutma sularının geri kullanımı, taşar yıkamalar yerine doldur-boşalt tekniklerin kullanılması ve kayıp-kaçakların önlenmesi uygulamalarıyla toplam su tüketimde %40 tasarruf ve atıksu miktarlarının %43 oranında azaltıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca toplam enerji tüketiminde ve atık gaz emisyonlarında sırasıyla %17 ve %13,5 oranında azalma sağlamışlardır (Alkaya ve Demirer, 2014). Öztürk vd. (2014), iplik terbiye ve boyaması yapan bir tekstil işletmesinde yürüttükleri kapsamlı temiz üretim çalışmaları



kapsamında çeşitli temiz üretim tekniklerinin uygulanması ile toplam su tüketiminde ve atıksu miktarlarında %35-65, enerji tüketiminde %25-70, kimyasal tüketiminde %31 potansiyel azalmalar sağlanacağını ön görmüşlerdir. Ayrıca atıksuların kimyasal yüklerinde, atık gaz emisyonlarında ve katı atık miktarlarında sırasıyla %25-50, %25-65 ve %5-10 arasında potansiyel azalmalar sağlanacağını belirtmişlerdir (Öztürk, 2014). Ülkemizde tekstil endüstrisinin yoğunlaştığı bölgelerden biri olan Denizli'de enerji verimliliğinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen proje kapsamında tekstil endüstrisinde elektrik ve ısı enerjisi tasarruf potansiyelinin sırasıyla %8-24 ve %8-21 arasında olduğu belirlenmiştir. Öztürk (2014), tekstil sektörünün farklı alt sektörlerinde faaliyet gösteren tekstil işletmelerinde yürüttüğü kapsamlı tez çalışmasında, IPPC tekstil BREF dokümanları ve literatür çerçevesinde sektörde kaynak verimliliği ve çevresel

performansları değerlendirmiştir. Çalışmada tekstil sektöründe temiz üretim yaklaşımının yapılandırılması ile su tüketiminde %16-70; enerji tüketiminde %20-65; kimyasal tüketiminde %10-50; atıksu miktarında %22-82; kompozit atıksuların KOİ yükünde %20-88; atık gaz emisyonlarında %36-71 ve katı atık miktarlarında %48-73 oranında potansiyel azalmalar sağlanacağını belirtmiştir (Öztürk, 2014). Türkiye'de tekstil endüstrisinde ön görülen enerji tasarrufu potansiyelinin %20 seviyelerinde olduğu (Ünlü, 2010) ancak hali hazırda enerji verimliliğine yönelik olarak yürütülen çalışmalardan sektördeki enerji tasarrufunun ancak %8 mertebesinde olduğu bilinmektedir (MENS, 1995; EIE, 2004; Palamutcu, 2010). Ayrıca Türkiye'de imalat endüstrisinde kullanılan suyun yaklaşık %34'ü yeniden değerlendirilmekteyken, tekstil endüstrisinde bu oran ancak %1 mertebesinde kalmaktadır (TUİK, 2010). Literatürde tekstil endüstrisinde kaynak verimliliği



üzerine yapılan çalışmalarda su tüketiminde %15-79 arasında değişen oranlarda tasarruflar sağlanacağı vurgulanmıştır (EC, 2003; Alkaya ve Demirer, 2014). Öztürk ve Cinperi (2018) ağırlıklı olarak yünlü kumaş üretimi yapan bir tekstil işletmesinde temiz üretim analiz çalışmaları yürütmüşler ve su-atıksu miktarlarının azaltılmasına yönelik çeşitli temiz üretim tekniklerinin uygulanmasına karar vermişlerdir. Bu teknikler genel olarak; bir temiz üretim prosedürünün geliştirilmesi ve etkin şekilde uygulanması, proseslerin girdileri-çıktıları yönünde miktar ve nitelikleri açısından izlenmesi, tek seferde doğru boyama tekniklerinin geliştirilmesi, proses atıksularının arıtılarak ya da arıtılmadan geri kullanımı, ters ozmos (TO) konsantrelerinin arıtılmadan geri kullanımı, fikse kazanı sularının geri kullanımı, seviyeli bobin boyama tekniklerinin uygulanması, taşar yıkamalardan kaçınılması ve

yıkama proseslerinin optimizasyonundan oluşmaktadır. Bu tekniklerin uygulanması ile işletmenin toplan su tüketiminde, atıksu miktarlarında ve atıksuların KOİ yüklerinde sırasıyla %41-69, %48-75 ve %28-63 oranlarında azalma sağlanacağını ifade etmişlerdir (Ozturk ve Cinperi, 2018). Literatür araştırmaları ve yapılan değerlendirmeler sonucunda Türk tekstil endüstrisinde temiz üretim yaklaşımının yapılandırılması ile su, enerji ve kimyasal tüketimlerinde sırasıyla %25-65, %15-40 ve %20-35 oranında tasarruflar sağlanabilir. Ayrıca atıksuların KOİ yükünde %30-50, atık gaz emisyonlarında %35-70 ve katı atık miktarlarında %50'den fazla azalmalar sağlanabilir. Çizelge 2'de Türk tekstil sektöründe kaynak kullanımları ve çevresel etkilerdeki potansiyel azalmalar gösterilmektedir.



Çizelge 2. Türk tekstil sektöründe kaynak kullanımları ve çevresel etkilerdeki potansiyel azalmalar

Kaynak kullanımları	Tasarruf potansiyeli (%)	Çevresel göstergeler	Potansiyel azalma (%)
Su tüketimi	25-65	Atıksuların KOİ yükleri	30-50
Enerji tüketimi	15-40	Atık gaz emisyonları	35-70
Kimyasal tüketimi	20-35	Katı atık miktarları	>50

KOBİ'lerin dominant olduğu tekstil endüstrisinde temiz üretimin yapılandırılması ile kaynak verimliliğinde ve çevresel performanslarda sağlanacak artışların yanında yatırımın geri ödeme süreleri de önemli olmaktadır. Endüstride yapılan çeşitli temiz üretim çalışmalarında tahmini geri ödeme süreleri 1-36 ay arasında değişmektedir (Öztürk, 2014). Ancak sektörde faaliyet gösteren işletmeleri kaynak verimliliği veya temiz üretim konusunda teşvik eden ve alı koyan çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Tekstil işletmelerini temiz üretim konusunda teşvik eden etmenler;

- Hammadde ve diğer girdi maliyetlerinin yüksek olması,

- Üretim maliyetlerinin azaltılarak karlılığın artırılması ve rekabet avantajı sağlanması,
- Doğal kaynakların daha sürdürülebilir kullanımının sağlanması,
- Ulusal ve uluslararası düzenlemeler ve standartların gerekliliklerinin sağlanması,
- Mevcut çevre mevzuatına uyum sağlama,
- Temiz üretim ve kaynak verimliliği konusundaki teşviklerden yararlanma isteğidir.

Tekstil işletmelerini temiz üretim konusunda alı koyan etmenler;

- Mevcut çevre mevzuatında temiz üretime (kirlilik önlemeye) dair hükümler bulunmasına rağmen pratikteki uygulamaların daha çok kirlilik kontrolü (boru sonu arıtıma) odaklı olması,



- Temiz üretime özendirici teşvik ve politikalardaki yetersizlikler,
- Temiz üretime yönelik yasal alt yapıda ve denetim sistemlerinde belirsizlikler bulunması,
- Temiz üretim konusunda teknik ve teknolojik alt yapı eksiklikleri,
- Kayıt dışı kullanımların oldukça yüksek olması ve bu nedenle su tüketimi ile atıksu maliyetlerinin oldukça düşük ya da olmaması,
- Temiz üretim konusunda yeterli bilincin olmaması ve yönlendirici stratejilerin bulunmaması,
- Temiz üretim konusunda ön yargılar bulunması, işletme körlüğü, bilgi ve danışmanlık eksikliği,
- Sektörde araştırma-geliştirme (Ar-Ge) alt yapısının yeterince gelişmemiş olması ve Ar-Ge bütçelerinin oldukça sınırlı olması sayılabilir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Kaynak tüketimlerinin yüksek olduğu endüstrilerden biri olan tekstil endüstrisinde çeşitli temiz üretim teknik ve stratejilerinin geliştirilmesi ile kaynak verimliliği adına önemli tasarruflar sağlanabilmektedir. Ayrıca temiz üretim teknikleri ile üretim proseslerindeki verimsizliklerin teşhis edilmesi ve giderilmesi ile kirleticiler oluşmadan kaynağında önlenebilmektedir. AB uyumlaştırma sürecinde olan Türkiye'de tekstil endüstrisinde temiz üretim yaklaşımının tam anlamıyla yapılandırılması sonucunda kaynak kullanımları ve çevresel atıklar/emisyonlarda önemli azalmalar sağlanabilir. Yapılan literatür araştırmaları ve değerlendirmeler çerçevesinde su, enerji ve kimyasal tüketimlerinde sırasıyla %25-65, %15-40 ve %20-35 oranında tasarrufların mümkün olduğu görülmüştür. Ayrıca atıksuların KOİ yükünde %30-50, atık gaz emisyonlarında %35-70 ve katı atık miktarlarında %50'den



fazla azalmalar ön görülmektedir. Endüstride yürütülen çeşitli çalışmalarda uygulanan temiz üretim tekniklerinin tahmini geri ödeme sürelerinin 4-36 ay arasında kaldığı görülmektedir. Dünyanın önemli tekstil tedarikçilerinden olan ülkemizde doğal kaynaklarımızın sürdürülebilir kullanımı, endüstriyel çevre kirlenmesinin önlenmesi ve sektörde faaliyet gösteren işletmelerimizin piyasada rekabet avantajları sağlamaları adına tekstil endüstrisinde temiz üretimin yapılandırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte ülkemiz imalat sanayinde temiz üretimin yapılandırılması için temiz üretime teşvik eden etmenleri destekleyen politikaların geliştirilmesi ve temiz üretim sürecinin önündeki bariyerlerin kaldırılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Alanya, S., Ozturk, E., Morova, F., Yetis, U., Dilek, F.B., Demirer, G.N., 2006, *Environmental Performance Evaluation of*

Textile Wet Processing Sector in Turkey, 9th Annual EMAN Conference, 31 March, Vienna, pp. 2771-2784.

Alkaya, E., Demirer, G.N., 2014, *Sustainable Textile Production a Case Study from a Woven Fabric Manufacturing Mill in Turkey, Journal of Cleaner Production, Vol. 65, pp. 595-603.*

Atış, A.G., 2014, *Türkiye'nin Tekstil ve Konfeksiyon Sektörünün Karşılaştırmalı Rekabet Analizi, Ege Akademik Bakış, Cilt 14/2, ss. 315-334.*

Aysen, M., 1998, *Air Pollutant Emission Potentials of Cotton Textile Manufacturing Industry, Journal of Cleaner Production, Vol. 6, pp. 339-347.*

Başbuğ, M., 2008, *Bentonit ve Ponza ile Sulu Çözeltiden ve Tekstil Atıksuyundan Boya Adsorpsiyonunun İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 87, Isparta.*

Blomquist, R.F., 1995, *Government's Role Regarding Industrial Pollution Prevention in the U.S. Georgia-Law Review, Vol. 29, pp. 349-448.*



- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), 2012, *Tekstil Sanayi için MET Klavuzu, IPPC Eşleştirme Projesi, Proje No: TR-08-IB-EN-03*, s. 214.
- Cılız, N., Daylan, B., Baydar, G., 2011, *Temiz Üretim, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları-II*, ISBN: 978-975-6180-42-6, Ankara, s. 30.
- Cırık, K., 2010, *Farklı Elektronik Alıcılarının Anaerobik Renk Giderme Verimine Etkisi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s. 182, Isparta.
- Council on Environmental Quality (CEQ), 1990, *Environmental Quality, The 23rd Annual Report of the Council on Environmental Quality*, p. 448.
- Demirer, G.N., 2001, *Temiz Üretim/Kirlilik Önleme Kavramı ve Çevre Mühendisliği Eğitimi*, 4. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Türk Mühendisler ve Mimarlar Odaları Birliği (TMMOB)-Çevre Mühendisleri Odası, 7-10 Kasım, İçel, ss. 212-221.
- Demirer, G.N., 2003, *Kirlilik Önleme Yaklaşımlarının Temel Prensipleri*, Türk Mühendisler ve Mimarlar Odaları Birliği (TMMOB)-Çevre Mühendisleri Odası, Cilt 25, ss. 13-20.
- Electricity Research Organization (EIE), 2004, *Energy Management Principle for Industry*, 2nd ed. I.: *Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü, Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, Ankara*.
- Energy Manager Training (EMT), 2008, *Best Practices/Case Studies-Indian Industries, Energy-Efficiency Measures in Rishab Spinning Mills, Jodhan*, <http://www.emtindia.net/eca2008> Erişim Tarihi: 15.04.2012.
- Eraslan, İ.H., Bakan, İ., Kuyucu, A.D.H., 2008, *Türk Tekstil ve Hazır Giyim Sektörünün Uluslararası Rekabetçilik Düzeyinin Analizi*, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 7/13, ss. 265-300.
- Erkan, B., 2011, *Türkiye'nin Tekstil ve Hazır Giyim Sektörü İhracatında Uluslar Arası Rekabet Gücünün Belirlenmesi*, Anadolu International Conference in Economics II, June 15-17, Eskişehir, Turkey.
- European Commission (EC), 2003, *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference*



- Document on Best Available Techniques for the Textile Industry, EC IPPC Bureau, Seville, Spain, p. 747.*
- Hasanbeigi, A., 2010, *Energy-Efficiency Improvement Opportunities for the Textile Industry, China Energy Group Energy Analysis Department Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-3970E, p. 131.*
- Hasanbeigi A., Price, L., Lin, E., 2012, *A Review of Emerging Energy-Efficiency and CO₂ Emission-Reduction Technologies for Cement and Concrete Production: A Technical Review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16/8, pp. 6220-6238.*
- Hendrickx, I., Boardman, G. D., 1995, *Pollution Prevention Studies in the Textile Wet Processing Industry, Department of Environmental Quality, Office of Pollution Prevention, Virginia, p. 20.*
- Hepbaslı, A., Ozalp, N., 2003, *Development of Energy Efficiency and Management Implementation in the Turkish Industrial Sector, Energy Conversion and Management, Vol. 44, pp. 231-249.*
- Halkbank Kurumsal Sorumluluk Projesi (HKSP), 2010, *Tekstil ve Hazır Giyim Sektörü Raporu, s. 53.*
- Industrial Emissions Directive (IED), 2010, Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council, of 24 November 2010, on Industrial Emissions (Integrated Pollution Prevention and Control-recast).*
- International Finance Corporation (IFC-EHS), 2007, International Finance Corporation, Environmental Health and Safety Guidelines 2007, <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect>, Erişim Tarihi: 24.03.2012.*
- İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri (İTKİB), 2008, Annual Reports and Statistical Data, <http://www.itkib.org.tr>.*
- İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği (İTKİB), 2012, Türkiye Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Kurumsal Sosyal Sorumluluk Durum Raporu, Birleşmiş Milletler MDG-F 2067 Türkiye'nin Tekstil Sektöründe KOBİ'ler için Sürdürülebilir Ağlar ve İlişkiler Zinciri Oluşturulması*



- Ortak Programı, Aralık/2012, İstanbul, s. 172.*
- Jones, H.R., 1973, Pollution Control in the Textile Industry, Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation, p. 323.*
- Kalliala, E., Nousiainen, P., 1999, Life Cycle Assessment- Environmental Profile of Cotton and Polyester/Cotton Fabrics, AUTEX Research Journal, Vol. 1, pp. 8-20.*
- Kant, R., 2012, Textile Dyeing Industry an Environmental Hazard, Natural Science, Vol. 4/1, pp. 22-26.*
- Kav, M.F., 2011, Adana Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının İleri Arıtma Yöntemleri (Fizikokimyasal Yöntemler: Pıhtılaştırma-Yumaklaştırma+Perlit Filtrasyon) Kullanılarak Tekstil Endüstrisinde Proses Suyu Olarak Geri Kazanılabilirliğinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 75, Adana.*
- Kocabaş, A.M., 2008, Improvements in Energy and Water Consumption Performances of a Textile Mill after BAT Applications, Middle East Technical University, Science Institute, Environmental Engineering Department, Master's Thesis, p. 113, Ankara.*
- Kocaer, F.O., Alkan, U., 2002, Boyarmadde İçeren Tekstil Atıksularının Arıtım Alternatifleri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 7/1, ss. 47-55.*
- Kotan, T., Bakan, G., 2007, Çeşitli Endüstrilerde Temiz Üretim Uygulamaları ve Performans Çalışmalarının Araştırılması, VII. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi-TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Yaşam ve Teknoloji, 24-27 Ekim, İzmir.*
- Lebanese Cleaner Production Center (LCPC), 2010, Cleaner Production Guide for Textile Industries, Lebanese Cleaner Production Center Cleaner Production, Beirut, p. 75.*
- Ministry of Energy and Natural Sources (MENS), 1995, Regulation on the Measures to be Taken for Increasing Efficiency in the Energy Consumption of Industrial Establishments, Ministry of Energy and Natural Sources, Official Bulletin, 11 November, Ankara.*



- Office of Technical Assessment (OTA), 1987, Serious Reduction, Report Published by Congressional Office of Technical Assessment, Washington, D.C.*
- Öztürk, E., 2007, A Chemical Substitution Study for a Wet Processing Textile Mill in Turkey, Middle East Technical University, Science Institute, Department of Environmental Engineering, Master's Thesis, p. 139, Ankara.*
- Öztürk E., 2014, Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü ve Temiz üretim Uygulamaları, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği, s. 484, Isparta.*
- Ozturk, E., Karaboyaci, M., Yetis, U., Yigit, N.O., Kitis, M., 2015, Evaluation of Integrated Pollution Prevention Control in a Textile Fiber Production and Dyeing Mill, Journal of Cleaner Production, Vol. 88, pp. 116-124.*
- Öztürk, E, Yetis, U., Dilek, F.B., Demirer, G.N., 2009, A Chemical Substitution Study for a Wet Processing Textile Mill in Turkey, Journal of Cleaner Production, Vol. 17, pp. 239-247.*
- Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., 2005, Atıksu Arıtımının Esasları-Evsel ve Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, s. 450, Ankara.*
- Öztürk E., Çağlar Cinperi N., 2018, Water Efficiency and Wastewater Reduction in an Integrated Woolentextile Mill, Journal of Cleaner Production, Vol. 201, pp. 686-696.*
- Palamutcu, S., 2010, Electric Energy Consumption in the Cotton Textile Processing Stages, Journal of Energy, Vol. 35, pp. 2945-2952.*
- Palamutcu, S., Acar, G., Çon, A.H., Gültekin, T., Aktan, B., Selçuk, H., 2011, Innovative Self-Cleaning and Antibacterial Cotton Textile: No Water and No Detergent for Cleaning, Desalination and Water Treatment, Vol. 26, pp. 178-184.*
- Palanichamy, C., Babu, N.S., 2005, Second Stage Energy Conservation Experience with a Textile Industry, Energy Policy, Vol. 33, pp. 603-609.*



- Ramaswamy, K.V., and Gereffi, G., 2000, *India's Apparel Exports: The Challenge of Global Markets, The Developing Economies*, XXXVIII-2, pp. 186-210.
- Saldıray, B., 2005, *Tekstil Endüstrisi İçindeki Konumunu Belirlerken Tasarımcının Anlaşılmasının Gerekirliği*, *Ulusal Tekstil Sempozyumu*, 26-30 Kasım, Bursa.
- Salvador, N.N.B., Glasson, J., Piper, J.M., 2000, *Cleaner Production and Environmental Impact Assessment: a UK Perspective*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 8, pp. 127-132.
- Schoeberl, P., Brik, M., Braun, R., Fuchs, W., 2004, *Treatment and Recycling of Textile Wastewater-Case Study and Development of a Recycling Concept*, *Desalination*, Vol. 171, pp. 173-183.
- Sector Guidance Note (SGN), 2002, *Guidance for the Textile Sector*, Sector Guidance Note IPPC S6.05, Environmental Agency, ISBN 011310096-5.
- Smith, B., 1994, *Future Pollution Prevention Opportunities and Needs in the Textile Industry*, Pojasek, B., (Ed.), *Pollution Prevention Needs and Opportunities*. Center for Hazardous Materials Research, May-1994.
- Thai, V.N., Tokai, A., Yamamoto, Y., Nguyen, D.T., 2011, *Eco-Labeling Criteria for Textile Products with the Support of Textile Flows: A Case Study of the Vietnamese Textile Industry*, *Journal of Sustainable Energy and Environment*, Vol. 2, pp. 105-115.
- Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı (TCEB), 2014, *Sektör Raporları: Hazır Giyim Sektörü, İhracat Genel Müdürlüğü-Tekstil Konfeksiyon Ürünleri Daire Başkanlığı*, SITC no:84.
- Türkiye Giyim Sanayicileri Derneği (TGSD), 2008, *Yıllık Raporlar ve İstatiksel Veriler*, <http://www.tgsd.org.tr>.
- T.C. Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, (MARKA), 2013, *Tekstil Sektör Raporu, Düzce Yatırım Destek Ofisi, Düzce*, s. 39.
- Türkiye İstatistik Enstitüsü (TUİK), 2008, *Çevre ve Enerji İstatistikleri*, <http://www.tuik.gov.tr>.
- Türkiye Ulusal İstatistik Kurumu (TUİK), 2010, *Çevre ve Enerji*



- İstatistikleri,*
<http://www.tuik.gov.tr>
- Türkiye Ulusal İstatistik Kurumu (TUİK),
2010, İmalat Sanayi Enerji
İstatistikleri,
<http://www.tuik.gov.tr>*
- Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV),
2011, Sanayide Eko-Verimlilik
(Temiz Üretim) Klavuzu:
Yöntemler ve Uygulamalar,
Rapor No: TTGV-T/2011/003,
ISBN 978-975-95878-4-0,
Ankara, s. 98.*
- Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV),
2012, Tekstil Sektöründe
Entegre Kirlilik Önleme ve
Kontrolü ve Temiz Üretim Bilgi
Notu, Türkiye Teknoloji
Geliştirme Vakfı, Ankara, s. 4.*
- United Kingdom Environmental Agency
(UKEA), 2002, Guidance for the
Textile Sector, Integrated
Pollution Prevention and Control
Directive, United Kingdom
Environmental Agency, p. 26.*
- United Nations Environment Programme
(UNEP), 1996, Cleaner
Production: A Training Resource
Package, Industry and
Environment, UNEP Division of
Technology, Industry, and
Economics Sustainable
Consumption and Production*
- Branch, ISBN 9280716050, p.
134.*
- United Nations Industrial Development
Organization (UNIDO), 1992,
Output of a Seminar on Energy
Conservation in Textile Industry,
UNIDO, Handy Manual, June-
1992, Indonesia, Malasia, p.
56.*
- United Nations Industrial Development
Organization (UNIDO), 2010,
Global Industrial Energy
Efficiency Benchmarking an
Energy Policy Tool Working
Paper, UNIDO, November-2010,
p. 58.*
- United States Department of Energy
(USDOE), 2004, Energy Use,
Loss and Opportunities
Analysis: U.S. Manufacturing
and Mining,
<https://www.eecbg.energy.gov/>.*
- United States Environmental Protection
Agency (USEPA), 1996, Best
Management Practices for
Pollution Prevention in the
Textile Industry, USEPA Report
no: EPA/625/R-96/004.*
- United States Environmental Protection
Agency (USEPA), 1997, EPA
Office of Compliance Sector
Notebook Project: Profile of the
Textile Industry, Office of*



Compliance, Office of Enforcement and Compliance Assurance, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Engineering, Environmental Engineering Group, University of Technology, Thailand.

Ünlü, N., 2010, Sanayi Sektörü Mevcut Durum Değerlendirme Raporu, Türkiye'nin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi, Ankara, s. 91.

Pandey, A. K., 2007, Identification and Assessment of Cleaner Production Technologies and Appropriate Technology Management Strategies and Methods in The South African Vehicle Industry, Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology University of Pretoria, South Africa.

Visvanathan, C., Kumar, S., Priambodo, A., Vigneswaran, S., 2007, Energy and Environmental Indicators in the Thai Textile Industry, Asian Institute of Technology, School of Environment, Resources and Development; Faculty of



Araştırma Makalesi

ACARLAR GÖLÜ LONGOZ ORMANI SULAK ALANINDA EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN KIYMETLENDİRİLMESİ

Asiye DÜŞÜNCELİ¹, Fuat BUDAK²

¹ Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü

² Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

asiyedusunceli@gmail.com, fbudak@cu.edu.tr

Öz: Günümüzde doğanın insanlara sunduğu her türlü ürün ve hizmet ekosistem hizmetleri olarak adlandırılmaktadır. Bu yaşam-destek fonksiyonları insan yaşamının ve refahının sürdürülebilirliği için hayati öneme sahiptir. Ekosistem hizmetlerinin kıymetlendirilmesi yaklaşımı; iktisadi yaklaşımlarda yeri olmayan ekosistem hizmetlerinin tanımlanması, iktisadi analizlere dahil edilmeyen ekolojik faydaların bedeli ve doğa üzerinde yaratılan etkinin maliyetinin hesaplanması, tabiatın piyasa sisteminde görünmeyen değerlerinin görünür kılınması; kısaca ekosistemin ve biyolojik çeşitliliğin ekonomi disiplini içinde tanımlanmasını amaçlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında ekosistem hizmetlerini incelemek amacıyla uluslararası öneme sahip sulak alan statüsünü haiz Acarlar Gölü Longoz Ormanı Sulak Alanı üzerinde çalışılmıştır. Çalışma kapsamında alanda mevcut ekosistem hizmetleri tespit edilmiş ve öncelikle çevre mühendisliği meslek disiplini ile ilgisi nedeniyle düzenleyici hizmetler (suyun arıtımı, pürifikasyon vb.) grubuna yoğunlaşmıştır. Uluslararası çalışmalarda yaygın olarak kullanılan yerine koyma (replacement cost) metoduyla alanın sağladığı arıtma hizmetinin ve alanın ekolojik sembolü sayılan ve bölge için ekonomik öneme sahip olan "Göl soğanı"nın (*Leucojum aestivum*) ekonomik karşılığı aranmıştır.

Anahtar Sözcükler: Acarlar Gölü, Arıtma, Biyoçeşitlilik, Ekosistem Hizmetleri, Kıymetlendirme

VALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES IN LONGOS ACARLAR WETLAND

Abstract: As known, ecosystems provide multiple benefits that people use, consume and enjoy which are called as ecosystem services. These life supporting functions of nature which are vital for the sustainability of the life on earth, have not been clearly defined in economic literature. Indeed, the idea behind the valuation of the ecosystem services aims to illustrate how valuable these services are. Objectives of this approach can be listed as; monetary valuation of ecological benefits not included in economic analyses; economic assessment of impacts created while benefiting from nature, and also making nature's values visible in the

Makale Gönderim Tarihi:21.12.2018

Makale Kabul Tarihi:27.12.2018



existing market system. In short, it is intended to define ecosystem values and biodiversity in ecological and economic systems together.

In this study, ecosystem services and threats have been searched in the Wetland of Lake Acarlar and Longos which is of both national and international importance. Following the field survey, existing ecosystem services on the site has been ascertained and two of them have been studied in detail. Monetary value of the wastewater treatment service provided by the wetland and Loddon lily (*Leucojum aestivum*) which is the ecological symbol of the site and has substantial contribution to the livelihood and well-being of the people living around the lake has been assessed.

Key Words: Lake Acarlar, Wastewater Treatment, Biodiversity, Ecosystem Services, Economic Valuation

1. GİRİŞ

İnsanlığın varlığını sürdürebilmesi; sosyal ve ekonomik gelişimi ve yaşamsal faaliyetleri için hayati önem taşıyan doğal kaynaklar - daha da açıkça tanımlamak gerekirse- "*biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri*", insan refahının ve geleceğinin en önemli güvencesidir. İnsanlar hayatlarını sürdürebilmek için doğrudan veya dolaylı olarak -*özellikle gelişmemiş, yoksul ve geçiş ekonomisine sahip bölgeler*- biyoçeşitlilik ve ekosistemlerin sağladığı faydalara muhtaçlardır.

1.1. Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Ekonomisi

Günümüzde, kaynak tahsis problemlerinde ve ekonomik analizlerde çoğunlukla sermaye yatırımı yaklaşımı kullanılmakta ve eldeki kaynaklar, gelecekte ekonomik anlamda daha yüksek geri dönüşü olan yatırımlara tahsis edilmektedir. Ancak bu analizlere, doğanın sunduğu ürün ve hizmetlerin bedeli ile doğa üzerinde yaratılan etkinin maliyeti (dışsal maliyetler) dâhil edilmemektedir.

Tabiatın doğrudan görünmeyen ve ekonomik hesaplara dahil edilmeyen değerlerinin yine iktisadi yöntemlerle görünür kılınması,



ekosistem hizmetlerinin kaybı sonucunda oluşan ekonomik zararın büyüklüğünün ve şiddetinin ortaya koyulması ve bazı hizmetlerin ve ürünlerin hiç bir şekilde ekonomik birimlerle ölçülemeyeceğinin gösterilmesi adına, günümüzde adına “*Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Ekonomisi*” denilen ve ekolojik kökenli mal, ürün ve hizmetlerin de ötesinde her tür ekolojik unsur ve fonksiyonun ekonomik kıymetini araştıran yeni bir araştırma alanı ortaya çıkmıştır.

Doğanın sunduğu tüm bu faydaları ekosistem hizmetleri olarak tanımlayarak ekonomiye kazandırmaya çalışan bu disiplinler arası araştırma alanı; biyolojik çeşitlilik ekonomisi, ekolojik ekonomi veya ekosistem ekonomisi gibi adlarla da ifade edilmektedir.

1.2. Ekosistem Hizmetleri

Biyoçeşitlilik bileşenlerinin kendi aralarındaki ve cansız ortamlarla olan ilişkisi ekolojik süreçleri, ekosistem fonksiyonlarını ve

hizmetlerini meydana getirmektedir. Örneğin çeşitli mikroorganizmaların toprak, su ve hava ortamında bir araya gelerek madde döngülerini gerçekleştirmesiyle havanın ve suyun arıtılması sağlanmaktadır. Kuşlar, yarasalar ve böcekler tozlaşmayı sağlarken; bitkiler erozyon kontrolünü ve karbon depolanmasını; sulak alanlar su tutulmasını sağlamaktadır.

İnsan çevre ilişkisi ve çevre koşullarının insan refahına etkisi yüzyıllar öncesine; nüfus artışı ve adına bugün ekosistem dediğimiz kaynakların azalmasını dile getiren eserlerin kaleme alındığı eski Roma çağlarına kadar uzanır. Konuya ilgi duyan yakın dönem yazarları için birkaç örnek vermek gerekirse Marsh (1874), Leopold (1949), Carson (1962) ve Krutilla and Fisher (1975) gösterilebilir. Bu kapsamda, 1977’de Westman ekolojik ve ekonomik sistemler arasındaki ilişkiyi ele alan “Tabiatın Sunduğu Hizmetlerin Değeri Nedir” isimli çalışmasını yayınlamıştır.



Ehrlich and Ehrlich (1981) daha sonraki yıllarda ekologlar tarafından yaşam-destek sistemleri, ekosistem servislerinin tedarikçileri ve ekonomik kazançları şeklinde detaylı olarak ele alınan “*ekosistem hizmetleri*” terimini ortaya atmıştır. Ancak konunun asıl bilinirliği 1990’lı yılların sonlarına doğru Costanza et al. (1997) ve Daily (1997) tarafından yapılan yayınlarla sağlanmıştır. Bütün bu çalışmaların sonucunda 2000’li yılların başlangıcında, BM çatısı altında, sekretaryasını UNEP in yaptığı, uluslararası kurum ve kuruluşlar, hükümetler, işletmeler, sivil toplum kuruluşları ve yerli halkların yer aldığı çok paydaşlı “Binyıl (Milenyum) Ekosistem Değerlendirmesi (MEA)” girişimi başlatılmıştır.

Ekosistem hizmetlerinin standart bir tanımı olmamasına karşın, Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi’nde (2005), yer alan tanım genel kabul görmüş ve en genel anlamıyla ekosistem

hizmetleri; “*insanlara, hane halkına, topluluklara ve ekonomilere doğanın sunduğu faydalar*” olarak tanımlanmıştır (MEA, 2005).

Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi’nde (2005), ekosistemlerin sağladığı her türlü fayda (ürün ve hizmet) ekosistem hizmeti olarak adlandırılmış ve aşağıdaki gibi 4 ana başlık halinde listelenmiştir (MEA, 2005);

- I) Ön Tedarik Hizmetleri
- II) Düzenleyici Hizmetler
- III) Destekleyici Hizmetler
- IV) Kültürel Hizmetler

1.3. Ekosistem Hizmetlerinin Kıymetlendirilmesi

2001-2005 yılları arasında BM kurumları, uluslararası bilim ve kalkınma örgütlerinin işbirliğiyle, 95 ülkeden 1360 araştırmacı tarafından hazırlanan, küresel ölçekli çevre sorunlarını ele alan, 21 milyon dolar bütçeli dört yıllık bir çalışma olan gerçekleştirilen Milenyum Ekosistem



Değerlendirmesi'nin sonuçlarına göre tüm dünya ekosistemlerinin %60'ı bozulmuş durumda ya da sürdürülebilirliğin söz konusu olmadığı bir yaklaşımla kullanılmakta; balık stoklarının %75'i önemli ölçüde tüketilmiş durumda ve her yıl 13 milyon hektar tropik orman yok olmaktadır (MEA, 2005; UN FAO, 2011). Çeşitli kaynaklar, biyolojik çeşitlilik kaybındaki seyrin bu şekilde devam etmesi halinde Dünyanın kitlesel bir yok oluş ile karşı karşıya gelmesinin kaçınılmaz olacağını belirtmektedir.

Türkiye'de ekosistem hizmetlerinin kıymetlendirilmesine yönelik ilk kapsamlı çalışma Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi metodolojisi esas alınarak, 2012 yılında Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğüne Sultan Sazlığı Milli Parkı'nda gerçekleştirilmiştir.

Biyolojik kaynakların ve ekosistem hizmetlerinin kıymetlendirilmesine yaklaşımı, koruma ve iyileştirme

çalışmalarının sağladığı faydaların görünürlüğüne artırmakta, ekonomik faaliyetlerin çevre üzerindeki baskılarına karşı dengeleyici bir argüman sağlamaktadır. Söz konusu faaliyetlerin ekonomik analizleri yapılırken insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri yani dışsallıklar bu analizlere dâhil edilmemektedir. Kıymetlendirme çalışmalarının sonuçlarından yararlanılarak, karar vericiler, politika yapımcılar ve toplum için, ekonomik analizler sonucunda karlı görünen faaliyetlere karşı aynı terminoloji ve aynı mantık üzerinden doğayı ve biyolojik çeşitliliği korumanın sağladığı kazançlar ve faydalar ortaya koyulmaktadır.

1.4. Sulak Alan Ekosistemleri: Biyolojik Süpermarketler

İnsanlara doğrudan ya da dolaylı olarak çeşitli katkılar sağlayan ekosistem türleri içerisinde, yapılan araştırmalara göre sahip olduğu sayısız fayda ile sulak alanlar oldukça önemli bir role sahiptir. Dünyanın en üretken ekosistemleri



olan sulak alanlar; su temininden, gıda arzına; iklim değişikliği etkilerinin önlenmesinden kuraklıkla mücadeleye; taşkın kontrolünden, atık arıtımına kadar pek çok kritik ürün ve hizmet sunmaktadır. Sulak alanlar literatürde, cömertçe sunduğu besin zinciri ve barındırdığı zengin biyolojik çeşitlilikle sistemin “*biyolojik süpermarketler*”i olarak tanımlanırken, hidrolojik ve kimyasal çevrimlerdeki fonksiyonu ile aynı zamanda “*doğanın böbrekleri*” olarak da ifade edilmektedir. (Barbier, E. B., Acreman, M., Knowler, D., 1997). Sulak alanların dünya ekonomisine katkısı Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi’ne göre 15 trilyon ABD Dolarıdır. Tüm biyolojik çeşitliliğin küresel ekonomik varlığı ise 54 Trilyon ABD doları olarak hesaplanmıştır. Ancak bu miktarların büyük bir bölümü ekonomik sistemde tanımlanmamaktadır (OSİB, 2014).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında Acarlar Gölü Longoz Ormanı Sulak Alanı ve çevresindeki doğrudan etkileşim içerisinde olan yerleşimler incelenmiş ve sulak alan tarafından sağlanan ekosistem hizmetleri araştırılmıştır.

Acarlar Gölü Longoz Ormanı, Sakarya Nehri Havzası’nda Karasu ile Kaynarca ilçeleri sınırları içerisinde yer almaktadır. İçi ormanla kaplı bu göl, Karadeniz’e paralel olarak konumlanmış, denize 2 km mesafede, 12 km uzunluğunda ve 1 km ile 1,5 km genişliğinde bir sulak alandır. Türkiye’deki üç longoz ormanından biri olan Acarlar, İğneada’dan sonra ikinci büyük longoz ormanıdır. Ancak daha önceki uygulamalarla kurutulan ve tüm longoz alanının yaklaşık %40’ına karşılık gelen sahada tarım faaliyetleri yapılmakta olup bugün başta fındık ve mısır olmak üzere çeşitli tarım ürünleri



yetiştirilmektedir. Kıyı kesiminde ise balıkçılık yapılmaktadır. Tavuk yetiştiriciliği başta olmak üzere hayvancılık faaliyetleri de oldukça yaygındır (TMMOB, 2012).

Acarlar Gölü'nü birçok lagün veya sulak alandan ayıran ve ülkemizde çok az sulak alanda karşımıza çıkan özelliği göl tabanının tümüyle, geçilmesi zor, yoğun bir orman formasyonu yani longoz (subasar orman) ile kaplı olmasıdır. Longoz, yılın belli dönemlerinde veya yıl boyunca, taban suyunun yüksek olmasına bağlı olarak bataklık ve göllerde oluşan ormandır (Ertürk, 2005).

Gölün çevresinde, toplam 10 adet köy yerleşimi bulunmaktadır. Camitepe, Denizköy, Karamüezzinler, Taşlıgeçit ve Üçoluk köyleri Karasu ilçesi sınırlarında kalırken; Başoğlu, Büyükyanık, İşaret, Ortaköy ve Turnalı köyleri ise Kaynarca ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Köylerde tarım ve hayvancılık faaliyetleri geçim kaynağı olarak göze çarpmaktadır. Havza içinde

yer alan köy yerleşimlerinin evsel atıksuları, ağıllardan sızan sular da yüzeysel ya da yer altı sularıyla göle ulaşmaktadır. Tarım alanları açmak için göl alanının kurutulması yanında longoz içerisinde yer alan ağaçların kesilmesi neticesinde orman örtüsü de kaybolma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nce alan için hazırlanan 5 yıllık (2016-2020) Yönetim Planı'na göre yoğun kirlilik, kaçak avcılık, göl soğanının kontrolsüz ve kaçak sökümü, yüksek zirai baskı, drenaj kanalları nedeniyle gölün taban su seviyesinin düşmesi, en önemli sorunlar arasında sayılmaktadır.

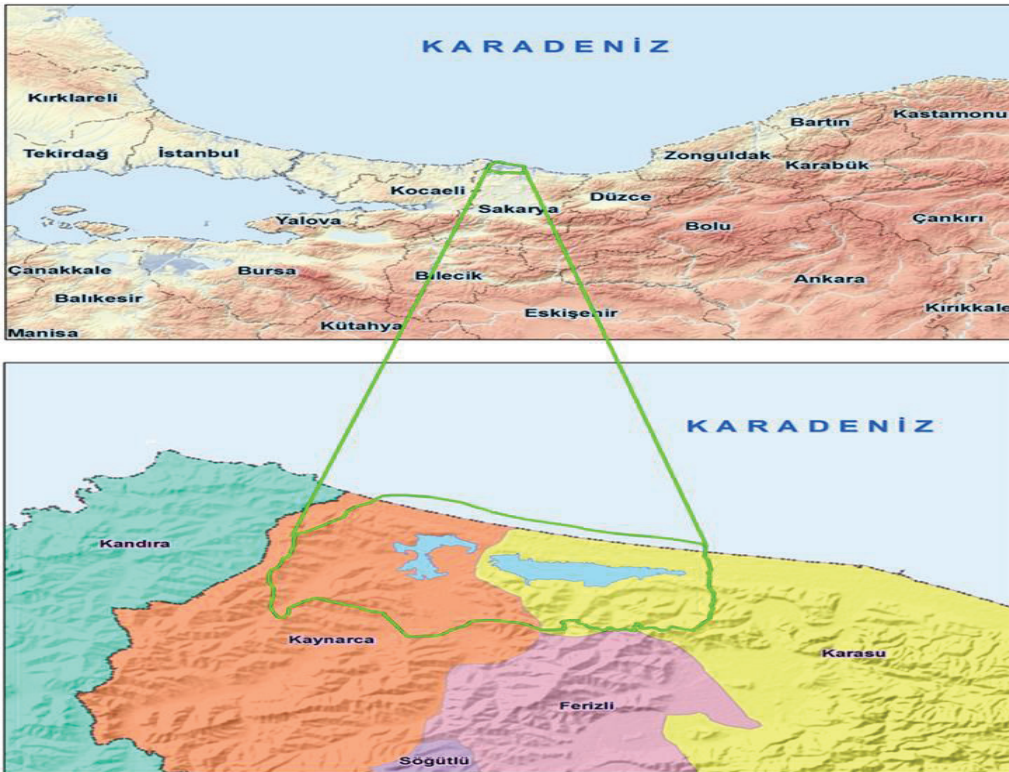
2.2. Metot

Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Doğa Koruma ve Milli Parklar İl Şube Müdürlüğü, Orman Genel Müdürlüğü İl Müdürlüğü ile alan çevresinde yer alan köy halkı ve muhtarlarıyla yapılan görüşmeler ve ayrıca Yönetim Planı Çalışmaları kapsamında alanı çevreleyen köylerle gölün etkileşim



halinde olduğu, gölden kamış, göl soğanı, vb. ürünler temin edildiği, zirai gübre, pestisit kullanımının oldukça yüksek olduğu, gölün tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile köylerden gelen evsel atıksu gibi kirleticilere maruz kaldığı tespit edilmiştir (OSİB DKMP, 2016). Kıymetlendirme çalışmalarında “*toplam ekonomik değer*” yaklaşımı esas alınmış, doğrudan kullanım değerleri grubunu temsilen Göl soğanı ile *dolaylı kullanım değerleri* için atıksu arıtma hizmetinin

ekonomik değeri kıymetlendirilmiştir (TEEB, 2010). Göl soğanının için doğrudan piyasa fiyatı kullanılırken arıtma hizmetinin kıymetlendirilmesi için yerine koyma (*replacement cost*) tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte doğanın sunduğu bir hizmetin insan eliyle yapay yollarla üretmenin (suyun insan eliyle atıksu arıtma tesislerinde arıtılması gibi) maliyeti üzerinden değerlendirme yapılmaktadır.



Şekil 1. Acarlar Gölü Longoz Ormanı Sulak Alanı (OSİB, 2016)



3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Bulgular

Gözlemler ve görüşmeler sonucunda çalışma alanında tespit edilen başlıca ekosistem hizmetleri aşağıda verilmektedir:

Ön tedarik Hizmetleri:

1. Büyük ve küçükbaş hayvanların otlatıldığı mera alanları,
2. Hayvansal üretim (et, süt, bal, yumurta),
3. Bitkisel üretim (başta fındık ve mısır olmak üzere çeşitli sebze ve meyveler),
4. Balıkçılık (karabalık ve yayın gibi yöre halkı tarafından avcılığı yapılan türler),
5. Yenilenebilir mantarlar,
6. Yabani bitkiler (yemek olarak tüketilen kuş ekmeği gibi yabani otlar, marmelatı yapılan kuşburnu),
7. Su çekimi (kuyular),
8. Ağaç kesimi (bölge halkı tarafından evsel ihtiyaçlar ve tarım

alanlarını genişletmek amacıyla kesilen ağaçlar),

9. Süs bitkileri (sıklamen, nilüfer vb.),
10. Tıbbi sülükler (varis vb. hastalıkların tedavisi için pazarlarda satılıyor),
11. Hayvansal gübre (tarım alanlarında doğal gübre olarak kullanılıyor),
12. Endüstriyel mal ve ürünler (işlenmek üzere sanayide kullanılan her türlü ürün ve mal),
13. Tıbbi aromatik bitkiler (bölgede adaçayı, üzerlik otu, fesleğen, nane, biberiye gibi pek çok tıbbi aromatik bitki türü yetişmektedir)
14. Göl soğanı¹, hasır otu, vb.,

Düzenleyici Hizmetler:

1. Karbon ve azot tutulması,
2. Atık tutma/doğal arıtım²,
3. Tozlaşma,
4. Haşere ve hastalık kontrolü,
5. İklim düzenlemesi (regülasyon),

¹ Göl soğanının ekonomik değeri ayrıca hesaplanmıştır.

² Atıksu arıtma hizmetinin ekonomik değeri ayrıca hesaplanmıştır.



6. Atık ayrıştırması (dekompozisyon) ve detoksifikasyonu,
7. Doğal arıtım, su ve havanın arıtılması (pürifikasyon),

Destekleyici Hizmetler:

1. Besin dağılımı,
2. Besin döngüsü,
3. İklim düzenlemesi (regülasyon),
4. Tohum dağılımı,
5. Birincil üretim,

Kültürel Hizmetler:

Her yıl Haziran ayında yapılan nilüfer şenlikleri, göl çevresinde popüler olan ve çalışmaları devam eden “Acarlar Gölü Ekoturizm Projesi” ile daha da yaygınlaşması beklenen ekoturizm uygulamaları, hobi amaçlı kaçak avcılık (ördek, bıldırcın, üveyik vb.), kültürel, entelektüel ve ruhsal ilhamlar, bilimsel kesif, rekreasyonel deneyimler, kuş gözlemciliği, bilimsel araştırmalar.

Acarlar Gölü Longoz Ormanı Sulak Alanında Atıksu Arıtma Kapasitesinin Kıymetlendirilmesi

Göl çevresinde yer alan ve doğrudan etkileşim halinde olan Camitepe, Denizköy, Karamüezzinler, Taşlıgeçit, Üçoluk, Başoğlu, Büyükyanık, İşaret, Ortaköy ve Turnalı köylerinde atıksu arıtma tesisi bulunmamaktadır. Atıksular sızdırmalı fosseptiklerde toplanmaktadır. Bölgede yoğun şekilde tarım faaliyeti yapılmakta ve yüksek miktarda gübre ve pestisit kullanımı söz konusudur. Çevre ve Şehircilik Sakarya İl Müdürlüğü ile Orman ve Su İşleri Sakarya Şube Müdürlüğü görevlilerinden alınan bilgilere göre, atıksulardaki kirliliğin temel kaynakları; yerleşim yerlerinde evsel nitelikli atıksuların arıtılmaması, zirai mücadele ilaçlarının kullanımı, kimyasal gübre kullanımı ve hayvancılık atıkları olarak tespit edilmiştir. Havza içinde yer alan köy



yerleşimlerinin evsel atıksuları, ağıllardan sızan sular da yüzeysel ya da yer altı sularıyla göle ulaşmaktadır. Gelen atıksuları bir arıtma tesisi gibi filtreleyen Acarlar Gölü Longozu mikrobiyolojik aktivite ve çeşitli bitki kökleri ile atıksulardaki kirletici maddelerin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Çalışma kapsamında, Gölün atıksu arıtma kapasitesinin kıymetlendirilebilmesi için “*yerine koyma (replacement cost)*” tekniği kullanılmıştır. Göle ulaşan atıksular ağırlıklı olarak çevre köylerden gelen evsel atıksular, hayvancılık faaliyetlerinden ve tarımda kullanılan zirai kimyasallardan kaynaklanan atıksulardan oluşmaktadır. Çalışma kapsamında tarım ve hayvancılık kaynaklı atıksu bilgilerine

ulaşılammamış olup hesaplamalar yalnızca evsel atıksular üzerinden ve sulak alan tarafından doğal yollarla arıtılan atıksuların, mevcut alana eşdeğer ve klasik aktif çamur prosesi ile çalışan gerçek bir arıtma tesisinde arıtıldığı varsayılarak yapılmıştır. Bu hesaplamalar için Türkiye genelinde İller Bankası tarafından yaygın olarak kullanılan metodolojiden yararlanılmıştır. 2 yıl inşaat süresi ve 50 yıl tesis ömrü varsayılarak tesisin 2020’de hizmete gireceği ve 2070 yılına kadar hizmet vereceği kabul edilmiştir. Çizelge 1’de 2007-2016 yılları arasındaki nüfus bilgileri verilen köylerin 2070 yılı için toplam nüfusu İller Bankası nüfus projeksiyon yöntemine göre “8662” kişi olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 1.** Acarlar Gölü Çevresinin Nüfus Bilgileri (TÜİK, 2017a)

Yıl	Köylerin* toplam nüfusu (kişi)
2007	4869
2008	5102
2009	5195
2010	5134
2011	5207
2012	5211
2013	5245
2014	5211
2015	5123
2016	5061

Köyler*: Camitepe, Denizköy, Karamüezzinler, Taşlıgeçit, Üçoluk, Başoğlu, Büyükyanık, İşaret, Ortaköy ve Turna

Acarlar Gölü çevresinde yer alan köy yerleşimlerinin nüfus hesaplamalarının ardından bu nüfusa karşılık gelen atıksu miktarı yıllık olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı), Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Tablo 2.1'e göre nüfus aralığı 2.000-10.000 arasındaki yerleşimler için kişi başı günlük üretilen atıksu miktarı 80 L/kişi/gün esas alınmıştır. Türkiye'de atıksu arıtma tesislerinin tasarımında yaygın olarak kullanılan İller Bankası nüfus projeksiyon yöntemine göre göl çevresindeki köylerin 2070 yılında toplam nüfusu "8662" kişi olarak hesaplanmış ve bu nüfusa karşılık

gelen yıllık atıksu hacmi günlük 692,96 m³, yıllık ise 252.930,40 m³ olarak bulunmuştur.

Yapılan görüşmeler ve araştırmalar neticesinde, göle ulaşan atıksuların ağırlıklı olarak çevre köylerden gelen evsel atıksular, hayvancılık faaliyetlerinden ve tarımda kullanılan zirai kimyasallardan kaynaklanan atıksulardan oluştuğu tespit edilmiştir. Bölgede yüzeysel akış ve sızma vasıtası ile göle taşındığı bilinen doğal ve ticari gübreler başta olmak üzere hayvancılık ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atıksu miktarları elde edilemediği için hesaplamaya dâhil edilmemiştir.

Çalışmada, yalnızca evsel atıksular üzerinden ve sulak alan



tarafından doğal yollarla arıtılan atıksuların klasik aktif çamur prosesi ile gerçek bir arıtma tesisinde arıtıldığı varsayılmıştır. Göl çevresindeki köylere ait atıksu istatistikleri elde edilememiştir. Bu yerleşimlere ait evsel atıksu karakterizasyonu için literatürden

yararlanılmış, kirletici konsantrasyonları için BOİ₅ değeri 190 mg/L (110-350 mg/L) ve AKM 230 mg/L alınmıştır (Metcalf and Eddy, 2003; NAS, 2017). Bu kaynaklara göre işlem görmemiş evsel atıksuyun özellikleri Çizelge 2 ve Çizelge 3'te yer almaktadır.

Çizelge 2. İşlem Görmemiş Evsel Atıksuyun Tipik Özellikleri (Metcalf and Eddy, 2003)

Kirletici Parametreler	Konsantrasyon		
	Zayıf	Orta	Kuvvetli
Toplam Katı (TS) (mg/L)	390	720	1230
Çökebilir Katılar (mg/L)	5	10	20
BOİ₅ (mg/L)	110	190	350
Toplam Organik Karbon (mg/L)	80	140	260
KOİ (mg/L)	250	430	800
Toplam Azot (mg/L)	20	40	70
Toplam Fosfor (mg/L)	4	7	12
Klorürler (mg/L)	30	50	90
Sülfat (mg/L)	20	30	50
Yağ-Gres (mg/L)	50	90	100
Toplam Koliform (no/100mL)	106-108	107-109	107-1010

Çizelge 3. Türkiye İçin Evsel Atıksu Karakterizasyonu* (NAS, 2017)

Parametre	Konsantrasyon (mg/L)
BOİ	191
KOİ	444
AKM	232
Toplam Azot	46
Toplam Fosfor	6

*Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen TÜRAAT (Ülke Genelindeki Evsel/Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Mevcut Durumunun Tespiti, Revizyon İhtiyacının Belirlenmesi) Projesi kapsamında 332 adet AAT'nde 2015 yılı için bildirilen 1 yıllık ortalama atıksu analiz sonuçlarına göre hesaplanmıştır.



Çizelge 4. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21.5 (Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular* (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI ₅) (Çözünmüş)	(mg/L)	75	50
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	180	120
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	200	150
pH	-	6-9	6-9

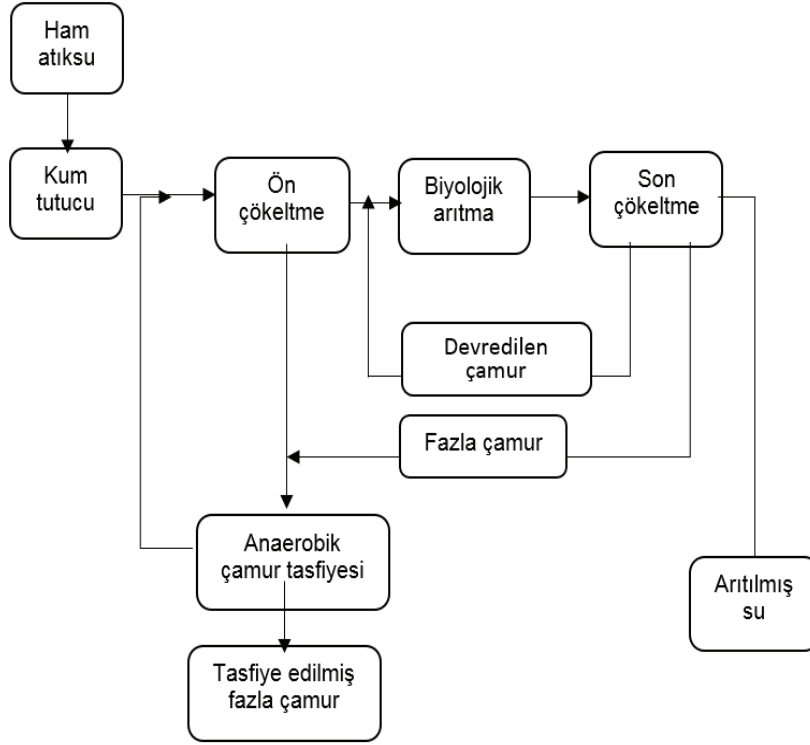
*Köyler için tabloda verilen deşarj limitleri ya da parametreler için en az %60 arıtma verimi uygulanacaktır.

Ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21.5'e göre bu kirleticilerin indirilmesi gereken sınır değerler Çizelge 4'te verilmiştir.

Aktif Çamur Prosesi

Toplam 16 adet ilçesi bulunan Sakarya ilinde, mevcut Akyazı, Karaman, Hendek, Geyve ve Karasu ilçe merkezlerinde toplam 5 adet atıksu arıtma tesisi bulunmakta olup bu tesislerde aktif çamur prosesi ve modifikasyonları kullanılmaktadır (SASKİ, 2017). Türkiye'de en çok kullanılan arıtma tekniği olan aktif çamur prosesi 1914 yılında İngiltere'de Arden ve Locket tarafından geliştirilmiştir

(Nas, 2015; Sarı, 2005). Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan aktif çamur prosesi, atıksulardaki koloidal ve çözülmüş formlarda bulunan ve çökelemeyen maddeleri çökelebilen biyolojik yumaklara dönüştürme işlemidir. Biyolojik yumaklar havalandırma havuzunda meydana getirilir ve son çökeltme havuzunda çökeltilerek sistemden ayrılır (Şekil 2). Bu çökelen biyolojik yumaklara kısaca "aktif çamur" denir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005). Aktif çamur tekniği ile %80-95 oranında BOİ giderimi, %80-95 oranında AKM ve %10-25 oranında P giderimi sağlanmaktadır (Toprak, 2000) (Çizelge 5).



Şekil 2. Tipik Bir Aktif Çamur Arıtma Sistemi Akım Şeması (Sarı, 2005)

Çizelge 5. Birim İşlem ve Süreçlerin Genel Arıtım Verimleri (%) (Toprak, 2000)

İşlem / Süreç	BOİ	KOİ	AKM	P	N _{ORG}	NH ₃ -N
Izgara	-	-	-	-	-	-
Kum tutucu	0-5	0-5	0-10	-	-	-
Ön çökeltme havuzu	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Klasik aktif çamur süreci	80-95	80-85	80-90	10-25	15-50	8-15
Yüksek hızlı, kaya dolgu ortamlı damlatmalı filtre	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
Süper hızlı, plastik dolgu ortamlı damlatmalı filtre	65-85	65-85	65-85	8-12	15-50	8-15
Biyodisk	80-85	80-85	80-85	10-25	15-50	8-15
Klorlama havuzu	-	-	-	-	-	-

Literatürde klasik aktif çamur prosesine ilişkin arıtma maliyetleri araştırılmış, hesaplamalarda Budak ve Yıldırım tarafından arıtma maliyetleri konusunda 2006 yılında gerçekleştirilen bir

çalışmadan ve (Mülga) Çevre ve Orman Bakanlığı'nın atıksu arıtımı üzerine bir yayınından yararlanılmıştır (Yıldırım ve Budak, 2007; Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005). Budak ve



Yıldırım tarafından gerçekleştirilen çalışmada, kişi başına su tüketiminin 150 L/kişi.gün olduğu ve yine kişi başı organik yük miktarının da 54 gr/kişi.gün olduğu varsayımı yapılmış; projelendirmede giriş BOI_5 konsantrasyonu 350 mg/L, çıkış BOI_5 konsantrasyonu 20 mg/L olacak şekilde boyutlandırma yapılmıştır. Maliyet hesaplamalarında, hafriyat birim fiyatı 1,77 $\$/m^3$, arazi fiyatları ortalama olarak 2,5 $\$/m^2$ kabul edilmiştir.

Budak ve Yıldırım'e ait çalışmada günlük debinin 750 metreküpü geçmediği durumlarda evsel atıksularda 1 m^3 atıksuyun klasik aktif çamur sistemi ile (arazi dâhil) ilk yatırım, işletme ve bakım, toplam arıtma maliyeti 0,55 $\$$ olarak verilmektedir (Yıldırım ve Budak, 2007). Yıldırım ve Budak, çalışmada 2006 yılı için Dolar kur değerini 1,5 TL (YTL) kabul etmiştir. Bu değer üzerinden güncelleme yapabilmek için, Dolar

cinsinden maliyetler, ilgili tarihteki Dolar kuru ile TL'ye çevrilmiş ve Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksine (Yİ-ÜFE) verileri ile 2017 yılı fiyatlarına getirilmiştir (TÜİK, 2017).

Türkiye'de atıksu arıtma tesislerinin tasarımında yaygın olarak kullanılan İller Bankası nüfus projeksiyon yöntemine göre göl çevresindeki köylerin 2070 yılında toplam nüfusu 8662 kişi olarak hesaplanmış ve bu nüfusa karşılık gelen yıllık atıksu hacmi günlük ~693 metreküp, yıllık ise 252.930,40 metreküp olarak bulunmuştur. Göl çevresindeki atıksuların aktif çamur sistemi ile arıtılmasının yıllık maliyeti 2006 yılı için, $0,55 \$/m^3 * 252.930,40 m^3 * 1,5 TL/\$ = 208.667,58 TL$ olarak hesaplanmıştır. Daha sonra bu değer, Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE) verileri ile 2017 yılı fiyatlarına getirilmiş ve 2017 için yıllık toplam arıtma maliyeti 481.483,35 TL olarak hesaplanmıştır. (Çizelge 6)



Çizelge 6. Aktif Çamur Prosesi İçin Yıllık Toplam Arıtma Maliyetleri

AKTİF ÇAMUR PROSESİ YILLIK ARITMA MALİYETLERİ	
2006 Yılı için birim maliyet, \$/m³	0,55
Yıllık tasarım debisi, m³	252.930,40
2006 yılı için yıllık toplam maliyet, TL	208.667,58
2017 için güncellenmiş yıllık toplam maliyet, TL	481.483,35

Elde edilen değer, İsviçre, Almanya, Danimarka, Hollanda, Fransa ve İtalya gibi Avrupa ülkeleri ile kıyaslanmıştır. Söz konusu ülkelerdeki yatırım ve işletme dahil arıtma maliyetlerinin hesaplamalarında Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı'nın verilerinden

yararlanılmıştır. Acarlar Gölü Sulak Alanı'nın sağladığı arıtma hizmetinin İsviçre, Almanya, Hollanda, Danimarka, Fransa ve İtalya'daki değerinin 2017 yılı için güncellenmiş hali Çizelge 7'de verilmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005).

Çizelge 7. Acarlar Gölü Sulak Alanının Sağladığı Arıtma Hizmetinin Avrupa Ülkelerinde Değeri

ÜLKELER	Birim Maliyet	Yıllık Maliyet (€, \$) (2006)	Yıllık Maliyet (TL) (2006)	Yıllık Maliyet (TL) (2017)
Türkiye (\$/m³)	0,55 \$	139.111,72	208.667,58	481.483,35
İsviçre (€/kişi-yıl)	55,50 €	480.741,00	865.333,80	1.996.690,56
Almanya (€/kişi-yıl)	51,50 €	446.093,00	802.967,40	1.852.785,73
Danimarka (€/kişi-yıl)	48,50 €	420.107,00	756.192,60	1.744.855,95
Fransa (€/kişi-yıl)	46 €	398.452,00	717.213,60	1.654.914,85
Hollanda (€/kişi-yıl)	40 €	346.480,00	623.664,00	1.439.057,59
İtalya (€/kişi-yıl)	31 €	220.038,00	396.068,40	913.897,01

Avrupa ülkeleri ile Türkiye arasındaki maliyet farklılıklarının başlıca sebebi Avrupa ülkelerinde personel maliyetlerinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde işletme ve bakım giderlerinin yaklaşık %60'ını

personel giderleri oluştururken, kalan %40 ise; %14 elektrik giderleri, %4 kimyasal madde giderleri, %22 diğer giderlerden oluşmaktadır (Uslu, 1984; Yıldırım, 2006). Türkiye'de iş gücünün Avrupa ülkelerine kıyasla daha ucuz olması sebebiyle arıtma



maliyetleri daha düşük görünmektedir.

Göl Soğanının (Leucojum aestivum) Ekonomik Değeri

Sahanın ekolojik sembolü kabul edilen, bölgenin geçim kaynaklarına önemli katkısı olan ve tıpta alzheimer ve çocuk felci gibi sinir hastalıklarının tedavisinde kullanılan göl soğanı (Leucojum aestivum) köylüler tarafından toplanarak komşu ülkelere satışı yapılmaktadır. 2016 yılı verilerine göre 200 ton göl soğanı yaprağı ihraç edilmiştir. Ancak, yapılan görüşmelerde Orman ve Su İşleri Bakanlığı yetkilileri göl soğanı için belirlenen kotanın 500 tona kadar çıkabileceğini ve zaman zaman kaçak toplamalar olabileceğini belirtmişlerdir. Çok düşük fiyatlara

köylülerden satın alınan göl soğanı tıpta önemli hastalıkların tedavisi için tıbbi ilaç yapımında kullanılmaktadır. Nihai ürün olarak piyasaya sunulan tıbbi ilaçlar hammadde fiyatının çok daha üstünde fiyatlarla satılmaktadır. Bu çalışma kapsamında göl soğanın hammadde fiyatı üzerinden köylülere doğrudan ekonomik katkısı hesaplanmıştır. 2016 yılı için yapılan hesaplamalar Çizelge 8'de verilmekte olup göl soğanın hammadde olarak bölge halkına sağladığı katkının ekonomik değeri 2016 yılı için 44.000,00 TL olarak bulunmuştur. Kaçak toplamalarla birlikte bu değer daha da yükseleceği dikkate alınmalıdır. Göl soğanı hasadı için Bakanlıkça belirlenen kotanın 500 tona ulaşması halinde bu değer 110.000,00 TL olacaktır.

Çizelge 8. Göl Soğanının (Leucojum aestivum) Toplam Ekonomik Değeri

Birim fiyatı (TL/kg)	2016 yılı satış miktarı (ton)	Toplam Değeri
0,22	200	$0,22 \times 200 \times 1000 = 44.000$ TL/yıl



3.2. Tartışma

Hesaplamalar neticesinde, göl soğanının 2016 yılı için ekonomik değeri 44.000,00 TL olarak hesaplanırken, gölün çevresindeki köylere sağladığı arıtma hizmetinin yıllık değeri KAÇ prosesi üzerinden 481.483,35 TL olarak bulunmuştur. 2800 hektar büyüklüğündeki gölün sağladığı hizmetin hektar başına yıllık arıtma kıymeti bedeli 171,96 TL/ha/yıl şeklinde ifade edilmektedir. Ancak, elde edilen bu değerler kıymetlendirmenin gerçekleştirildiği bölgenin ekonomik ve sosyal dinamiklerine, izlenen yöntem, seçilen tekniğe ve değerleyicinin yorumuna göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin göl soğanının hammadde olarak bölgedeki birim (ton) satış fiyatı ülkeden ülkeye hatta ülke içinde bile değişebilirken göl soğanından üretilen tıbbi farmasötik ürünlerin fiyatı hammadde fiyatının çok üstünde seyretmektedir.

Diğer yandan, arıtma hizmetinin kıymetlendirilmesinde “yerine

koyma” metodu yerine anket tabanlı tekniklerin tercih edilmesi halinde ortaya çıkacak değer elde edilen değer altında çıkması beklenmektedir. Bireylerde çevre kaygısı ve hassasiyeti yaşam standartları ve eğitim seviyesiyle orantılı olarak artmaktadır. Bu sebeplerden ötürü kırsal bölgelerde bireylerin çevre bilincinin ve çevrenin korunması için ödeme istekliliklerinin düşük olduğu söylenebilir. Bu kabul üzerinden, göl çevresinde yer alan köylerde yaşayanların bölgeye kurulacak bir arıtma tesisi için ödemeye istekli olacakları miktar da düşük olacağı sonucuna varılabilir. Arıtma hizmetinin kıymetlendirilmesine ilişkin bir başka husus ise “*yerine koyma*” yönteminde seçilen arıtma yönteminin de elde edilen ekonomik değeri değiştiriyor olmasıdır.

Örneğin, ülkemizde yaygın olarak tercih edilen ve çalışma kapsamında da kullanılan klasik aktif çamur sistemi yerine uzun



havalandırmalı sistem ya da oksidasyon hendeği veya anaerobik teknolojilerin kullanıldığı proseslerin kullanılması arıtma maliyetlerini çok değiştirecektir. Ayrıca, hesaplanan değer yalnızca arıtma tesisinin (inşaat, işletme ve arazi maliyetleri dahil) maliyetidir, atıksu toplama sistemi, kanalizasyon şebekesi vb. maliyetler dahil değildir. Bu doğrultuda, çalışmaya konu sulak alanın sunduğu arıtma hizmeti için hesaplanan değer de değişebilecektir.

Elde edilen değer 2012 tarihli Sultan Sazlığı Biyo-kıymetlendirme çalışmasının sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sultan Sazlığı Milli Parkı'nda gerçekleştirilen kıymetlendirme çalışmasında, ilk yatırım maliyeti 2.151.436 € olarak hesaplanırken işletme maliyeti 156.826 €/yıl olarak hesaplanmıştır. 70.539 kişi üzerinden yıllık atıksu yükü hesaplanmış ve kişi başı günlük üretilen atıksu miktarı olarak 182 L/kişi/gün esas alınmıştır. Söz

konusu çalışmada tesis ömrü verilmediği için tesisin inşaat ve işletme toplam maliyeti yıllık olarak hesaplanamamıştır. Bu sebeple doğrudan kıyaslama yapmak sağlıklı sonuçlar vermeyecektir. İşletme maliyeti üzerinden, 24.357 hektar yüzey alanına sahip olan sulak alanın hektar başına yıllık arıtma değeri 6,44 €/ha/yıl olarak ifade edilebilir (OSİB DKMP; OSİB, 2012).

Hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan değer, İsviçre, Almanya, Danimarka, Hollanda, Fransa ve İtalya gibi Avrupa ülkeleri ile kıyaslanmış ve sayılan ülkelerde arıtma maliyetlerinin Türkiye ile kıyaslandığında çok daha yüksek olduğu görülmüştür. Avrupa ülkeleri ile Türkiye arasındaki maliyet farklılıklarının başlıca sebebi Avrupa ülkelerinde personel maliyetlerinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Türkiye'de iş gücünün Avrupa ülkelerine kıyasla daha ucuz olması sebebiyle arıtma maliyetleri daha düşük görünmektedir.



Dünya genelinde yapılan çalışmalara bakıldığında, eğitim, okur-yazarlık oranı ve dil gibi etkenlerin karmaşık çevresel ürün ve hizmetlerin kıymetlendirilmesini zorlaştırdığı; geleneksel anket tabanlı yöntemlerin uygulamasının ve sonuçlarının yeterince sağlıklı olmadığı görülmektedir (TEEB, 2010). Resmi bir ekonomi modeli olmayan, geçim ekonomisiyle devam eden pek çok gelişmekte olan ülkede insanların para kullanımı konusunda tecrübesi ya çok az ya da hiç bulunmamaktadır. Dolayısıyla, karmaşık bir çevresel ürün veya hizmet için paha biçmek, parasal bir karşılık bulmak fazlasıyla güçleşmektedir. Bazı araştırmacılar, karmaşık bir ürünü kıymetlendirmek için para yerine alışverişe uygun başka ürün veya hizmetleri -örneğin o hizmetin ya da ürünün pahası kaç kova pirinç ediyor gibi- kullanarak insanların ödeme istekliliğini tespit etmeye çalışmışlardır (Shyamsundar and Kramer, 1996; Rowcroft et al., 2004). Diğer yandan, bu çalışmalarda hesaplanan kıymetler

belirli bir periyot için geçerlidir, örneğin 50 yıl işletme ömrü olan bir atıksu arıtma tesisi üzerinden Acarlar Gölü'nün sunduğu arıtma hizmeti kıymetlendirilmektedir. 50 yıl sonrasında tesisin yenilenmesi veya tamamen sökülerek yeni bir tesis kurulması gerekecektir. Bu bilgiden yola çıkarak Acarlar Gölü'nün sunduğu hizmetin toplam değerinin sonsuz olduğu iddia edilebilir. Buradan sonuçla, ekosistemlerin ekonomik değerini iki türlü değerlendirmek gerektiği söylenebilir. Birincisi, “belirli koşullar altında” ekosistem hizmetlerinin toplam ekonomik değeri iken ikincisi ise ekosistem hizmetlerinin devamlılığını ve sürdürülebilirliğini sağlayan ekosistem kararlılığı ve rezilyansını temsil eden değer yani “sigorta değeri”dir.

Kıymetlendirme süreci, paydaşların tercihlerinin, doğal ve beşeri sermaye üzerindeki davranışlarının sonuçlarını da açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu durum toplumların ekosistemler



üzerindeki tasarrufunu da etkileyebilmektedir. Parasal kıymetlendirme için çok çeşitli yöntemler mevcut olup her birinin kendi içinde avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Her biri ihtiyaç duyulan veri miktarı ve paydaş katılım derecesine kadar birçok konuda farklılık göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Acarlar Longozu ihtiva ettiği, subasar orman (longoz), akarsu, kumul ekosistemleri gibi farklı ekosistemler barındırması, bu ekosistemlerin ihtiva ettiği tür çeşitliliği, bu türlerin birbirleri ve çevreleriyle olan ilişkiler ağı veya ekolojik süreçlerin çeşitliliği açısından oldukça önemlidir. Alanın özgün değeri “subasar orman (longoz)” barındırmasıdır. Longozun tarım alanlarına dönüştürülmesi gayesiyle kurutulması, zirai gübre ve kimyasallar, yerleşimlerden kaynaklanan atıksular, kaçak ağaç kesimi, kaçak avcılık, kaçak göl soğanı ticareti gibi baskılarla karşı

karşıya kalan sulak alan aynı zamanda su menekşesi (*Butomus umbellatus*), göl soğanı (*Leucojum aestivum*), bataklık eğreltisi (*Pteridium aquilinum*) gibi endemik bitkilere ev sahipliği yapmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Acarlar Gölü Longoz Ormanı Sulak Alanı'nın çevresindeki 10 köy (Camitepe, Denizköy, Karamüezzinler, Taşlıgeçit, Üçoluk, Başoğlu, Büyükyanık, İşaret, Ortaköy ve Turnalı) yerleşimine sağladığı arıtma hizmeti ve bölge için ekonomik anlamı büyük olan göl soğanının (*Leucojum aestivum*) ekonomik karşılığı hesaplanmıştır. Göl soğanının kıymetlendirilmesinde doğrudan piyasa değeri yöntemi kullanılırken, arıtma hizmeti için dolaylı ve maliyet tabanlı bir yöntem olan yerine koyma (replacement cost) yöntemi kullanılmıştır.

Hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar şunlardır:



2016 yılı için yapılan hesaplamalarda göl soğanının hammadde olarak bölge halkına sağladığı katkının ekonomik değeri 44.000,00 TL olarak bulunmuştur.

Göl çevresindeki atıksuların arıtılması için gerekli bedel, KAÇ prosesi üzerinden 481.483,35 TL olarak bulunmuştur.

Personel, arazi vb. maliyetlerin Avrupa ülkelerinde daha yüksek olması; Türkiye’de iş gücünün Avrupa ülkelerine kıyasla daha ucuz olması sebebiyle Avrupa ülkeleri ile Türkiye arasında arıtma maliyetleri açısından ciddi bir farklılık görülmektedir. Bu farklılık, çalışmaya konu bölgenin ekonomik dinamiklerinin kıymetlendirme çalışmalarını nasıl etkilediğini göstermesi açısından önemlidir. Diğer yandan, çalışmada kullanılan kıymetlendirme tekniğinin değiştirilmesi halinde elde edilen değer çok farklılaşabilecek, örneğin anket tabanlı yöntemlerin tercih edilmesi durumunda bu değer daha düşük çıkacaktır. Kıymetlendirme çalışmalarında,

hizmetin yerine koyulacak muadilinin gerçekçi, uygulanabilir ve eş değer olmasına dikkat edilmelidir.

Sonuç olarak, biyolojik çeşitlilik ve ekosistemler dünya üzerinde insan yaşamının ve sürdürülebilirliğinin en önemli teminatıdır. Yoksul ülkelerde ve gelişmekte olan ekonomilerde insanlar hayatlarını sürdürebilmek için doğrudan ekosistemlere muhtaçtır. Bu ülkelerdeki insanların temel yaşam standartlarını yiyecek barınma vb. temel yaşamsal ihtiyaçlarını karşıladıkları kaynakların bu tablodaki rolü olabildiğince iyi ifade edilmelidir.

Bütün bu ekonomik analizlerde, ekonomik faaliyetler için girdi oluşturan ekosistem hizmetleri ve biyolojik çeşitliliğin değerinin ortaya koyulabilmesi, doğal kaynaklar ve ekosistemler üzerinde yaratılan tahribatın maliyetinin hesaplanabilmesi ve doğanın kıymetini göstermesi bakımından ekosistem hizmetlerinin kıymetlendirilmesi önemli bir



girişim olarak çevre gündeminde yerini almaktadır.

KAYNAKÇA

Barbier, E. B., Acreman, M., Knowler, D., 1997, *Economic Valuation of Wetlands: A Guide for Policy Makers and Planners*, Gland: Ramsar Convention Bureau.

Carson, R., 1962, *Silent Spring*, Fawcett Publications, Greenwich Connecticut.

Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, M., B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton, M. van den Belt, 1997, *The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital*, *Nature*, Vol. 387, pp. 253-259.

Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005, *Atıksu Arıtımının Esasları*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Daily, G., (Ed.), 1997, *Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington D.C.

Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H., 1981, *Extinction: The Causes and Consequences of the*

Disappearance of Species, 1st Edition, Random House, New York.

Ertürk, M. D., 2005, *Acarlar Gölündeki Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlenme Olaylarının Tespiti*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Krutilla, J., Fisher, A.C., 1975, *The Economics of Natural Environments, Resources for the Future*, Johns Hopkins University Press, Washington D.C.

Leopold, A., 1949, *A Sand County Almanac and Sketches Here and There*, Oxford University Press, Oxford.

Marsh, G. F., 1874, *The Earth as Modified by Human Action*, Arno, New York.

MEA, 2005, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Washington D.C., Island Press.

Metcalf and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, Tchobanoglous, G. Burton F. L. and Stensel H. D. (Eds). 4th Ed. New York: McGraw-Hill.



- NAS, B., 2017, *Atıksu Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları ve Çözümleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı & Selçuk Üniversitesi, Ankara.*
- OSİB, 2012, *Sultan Sazlığı Biyokıymetlendirme Teknik Kılavuzu-2, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.*
- OSİB, 2014, *Sulak Alanlar, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.*
- OSİB DKMP, 2016, *Acarlar Gölü Longoz Ormanı Sulak Alan Yönetim Planı (2016-2020), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara.*
- Rowcroft, P., Studley, J., Ward, K., 2004, *Eliciting Forest Values and "Cultural Loss" for Community Plantations and Nature Conservation, London: DFID.*
- Sarı, İ., 2005, *Kahramanmaraş (Merkez) Evsel ve Endüstriyel Atıksularının Toplanıp Uygun Bir Arıtma Yöntemi Seçilerek Arıtılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.*
- SASKİ., 2017, *Sakarya Büyükşehir Belediyesi-SASKİ Genel Müdürlüğü, Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi,* <https://www.sakarya-saski.gov.tr>, Erişim Tarihi: 20.08.2017.
- Shyamsundar, P., Kramer, R., 1996, *Tropical Forest Protection: An Empirical Analysis of the Costs Borne by Local People, Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 31, pp. 129-144.*
- TEEB, 2010, *The Economics of Valuing Ecosystem Services and Biodiversity, The Ecological and Economic Foundations, London and Washington: Earthscan, p.133.*
- TMMOB, 2012, *Karasu Kıyı Alanı Kıyı Daralması Raporu, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Ankara.*
- Toprak, H., 2000, *Atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, Cilt 1-2, İzmir.*
- TÜİK, 2017a, *Sakarya İli, Karasu ve Kaynarca İlçeleri Köy ve Belediye Nüfus Bilgileri (2007-2016 Yılları Arası),* <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>, Erişim Tarihi: 23.03.2017.



- TÜİK, 2017b, *Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE), Türkiye İstatistik Kurumu,*
http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1014, Erişim Tarihi: 20.09.2017.
- UN FAO, 2011, *Payments for Ecosystem Services and Food Security,* Rome: UNFAO, Office of Knowledge Exchange, Research and Extension.
- Uslu, H., 1984, *Arıtma Sistemlerinin Türkiye'deki Maliyetleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Westman, W., 1977, *How Much are Nature's Services Worth,* Science, Vol. 197, pp. 960-964.
- Yıldırım, K., 2006, *Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Debi-Maliyet İlişkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.*
- Yıldırım, K., Budak, F., 2007, *Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Debi-Maliyet İlişkileri, Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt. 16, ss. 50-57.*



tmmob
çevre mühendisleri odası

ÇBT YAZIM KURALILARI

1. Çevre Bilim Teknoloji (ÇBT) dergisinde yayımlanmak üzere araştırma makaleleri kabul edilmektedir.
2. Derginin yazım dili Türkçe'dir. Sadece Abstract kısmında İngilizce kullanılmalıdır.
3. Dergiye gönderilecek makaleler özel boyutlarda (195x275) kâğıtlara 1,5 aralıkla ve 12 punto Arial karakteriyle yazılmalıdır.
Makale uzunluğu 8.000 sözcüğü aşmamalıdır.
4. Özet ve Abstract kısımları Giriş Bölümü'nden önce verilmelidir. 100 -150 sözcük arasında ve somut bulguları özetler nitelikte hazırlanmalıdır.
5. Anahtar Sözcükler, en fazla altı sözcükten oluşmalı ve Türkçe ve İngilizce olarak Özet ve Abstract kısmının sonuna eklenmelidir.
6. Metin içerisinde kullanılan kısaltma ve semboller Özet ve Abstract kısmından sonra Giriş bölümünden önce liste halinde verilmelidir. Örneğin:
TEİAŞ Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu
UNSD United Nations Statistics Division
7. Makalede incelenen konunun yeri, önemi, çalışmanın amacı kısaca açıklandıktan sonra bu konuda daha önce yapılan çalışmalara atıfta bulunulmalı ve makaledeki konunun hangi boşluğu dolduracağı, katkısının ne olacağı belirtilmelidir. Bu bölümde, genel ve makale ile ilgisi az bilgilerin verilmemesine özen gösterilmelidir.
8. Yapılan çalışma, ilgili literatür ışığında irdelenmeli ve sonuçlar kritik edilmelidir.
9. Yapılan çalışmada kullanılan yöntem/yöntemler açık ve net ifadeler ile belirtilmeli, ilgili kaynaklar verilmelidir.
10. Uzun literatür ve/veya altyapı bölümlerinden kaçınılmalıdır.
11. Çalışmada elde edilen sonuçlar yalın bir şekilde ifade edilmelidir.
12. Çalışma ile ilgili bir teşekkür yazılacak ise (destekleyen kurumlara veya yardımda bulunan kişilere) kaynaklar kısmından önce verilmelidir.
13. Makalelerde son bölüm olarak, atıfta bulunulan daha önceki çalışmaların bir listesini içeren kaynaklar bölümü olmalıdır.
14. Metin içerisindeki atıflar yazar isimleri ve tarihini belirtir şekilde, örneğin İngilizce ise (Angelidaki and Ahring, 1995), Türkçe ise (Aslanoğlu ve Aydınalp, 2011) olarak yapılmalıdır. Üç ya da daha fazla yazarlı çalışmalara atıflar, metin içerisinde İngilizce ise çalışma (Angelidaki and Ahring, 1995; Bhattacharya et al., 1996) şeklinde noktalı virgül ile ayrılmalıdır.
15. Kaynaklar bölümünde atıfta bulunulan çalışmalar yazarların soyadlarına göre alfabetik olarak sıralanmalı ve atıfta bulunulan her çalışma için çalışmanın yazarları, ismi, yayımlandığı dergi, cilt, sayı ve sayfa numarası ile birlikte yayımlanma yılı; internet kaynakları için vweb adresi ve erişim tarihi belirtilmelidir. Ayrıca aynı web adresinden aynı yıla ait birkaç atıfta bulunulacak ise metin içerisindeki sırasına göre örneğin TÜİK, 2010a; TÜİK, 2010b, şeklinde yazılmalıdır. Aşağıda Kaynaklar yazımına dair birkaç örnek verilmektedir:

Randall, A.W. and Dague, R.R., 1996, Enhancement of Granulation and Start-Up in the Anaerobic Sequencing Batch Reactor, Water Environment Research, Vol. 68/5, pp. 883 - 892. Snoeyink, V.L. and Jenkins, D., 1980, Water Chemistry, John Wiley & Sons, New York. Çöp Hizmetleri Yönetimi, 2001, Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü - TODAİE, Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi, No: 11, Ankara. Devlet Planlama Teşkilatı, 1998, Ulusal Çevre Eylem Planı, DPT Yayınları, Ankara.

TÜİK, 2010, Türkiye Sera Gazı Emisyon Envanteri, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?tb_id=10&ust_id=3, Erişim Tarihi: 03.04.2010.

Kamu Yönetimi "Reformu", 2005, Bölge Kalkınma Ajansları Yasa Tasarısı Sempozyumu, YAYED-TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara.

16. Yazarı belli olmayan kaynaklarda belge adı ilk önce yazılmalı, daha sonra tarih, yayımcı veya belgenin alındığı eser, rapor ya da web sitesi belirtilmelidir.
17. Şekil ve Çizelgeler metin içerisinde uygun yerlere numaralandırılarak yerleştirilmelidir. Atıf yapılması gereken durumlarda ana metin içerisindeki atıf kuralları uygulanmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üst kısmında ve Şekil başlıkları şeklin alt kısmında verilmelidir. Başlıklar mümkün olduğunca kısa ve açıklayıcı olmalı ve başlıklarda 9 punto Arial kullanılmalıdır. Ana metin içerisinde verilen Şekiller, ilave olarak .eps, .pdf, .jpg, .psd veya .tiff formatlarında ve 14x20cm boyutunda ayrı bir dosya içerisinde gönderilmelidir. Ayrıca ana metin içerisinde verilen Çizelgeler .xls veya .xlsx formatında ayrı bir dosya içerisinde gönderilmelidir. Şekil ve Çizelgeler için hazırlanan dosyalardaki numaralandırmalar ana metin içerisindeki numaralandırmalar ile aynı olmalıdır.

Çizelge 1. Mevsimsel Sıcaklık Ortalamaları (MİGM, 2011).

Şekil 5. Türkiye Siyasi Haritası (HGM, 1989).

18. Metin içerisindeki formüller numaralandırılarak verilmeli, formüllerde geçen sabit ve değişkenler formülden hemen sonra birimleri ile birlikte açıklanmalıdır. Örneğin:
$$x=y+z \quad (1)$$
19. Dergide yayımlanacak makalelerde SI birimleri kullanılmalıdır. Farklı birimler kullanmanın zorunlu olduğu koşullarda büyüklüğün SI sistemindeki eşdeğeri parantez içerisinde belirtilmelidir.
20. Yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre hazırlanacak araştırma makaleleri elektronik [cibt@cmo.org.tr](mailto:cbt@cmo.org.tr) veya editörlerin e-posta adreslerine gönderilmelidir. Ayrıca makale yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış metin şablonuna http://www.cmo.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=718 adresinden ulaşılabilir.

tmmob evre mühendisleri odası

www.cmo.org.tr