



# ÇEVRE BİLİM VE TEKNOLOJİ

ISSN: 1302-5627 Cilt: 3

TEKNİK DERGİ

Sayı: 1 Mayıs 2018



tmmob çevre mühendisleri odası

[www.cmo.org.tr](http://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

Baran BOZOĞLU

### Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Kumru KOCAMAN

### Editörler:

Dr. Efsun DİNDAR

Baran BOZOĞLU

### Yayın kurulu:

Dr. Efsun DİNDAR

Baran BOZOĞLU

Dr. Hülya BÖKE ÖZKOÇ

Dr. Sema ARIMAN

Dr. Ertan ÖZTÜRK

### 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

Doç.Dr. Altunay PERENDECİ

Doç.Dr. F. Olcay Topaç ŞAĞBAN

Doç.Dr. Nadir DİZGE

Doç.Dr. Selnur UÇAROĞLU

Dr.Öğr. Üyesi Emre Burcu GÜNGÖR

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

GEMİLERİN BALAST SUYU TANKLARINDAN KAYNAKLANAN

SEDİMAN KİRLİLİĞİ

Tanzer SATIR, Neslihan DOĞAN-SAĞLAMTİMUR

1

SU BAZLI BOYA ÇAMURLARININ DEZENTEGRASYONU VE KOMPOSTLANMASI

Selnur UÇAROĞLU, Ecem ÖZDEMİR

15

YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Fehiman Çiner

30

SO<sub>2</sub> VE NO<sub>x</sub> KONSANTRASYONLARI VE SUCUL ORTAMLARA ETKİLERİ

Mehmet Ferhat SARI, Fatma ESEN

41

DOĞANCI BARAJ GÖLÜ (BURSA, TÜRKİYE) PELAJİK BÖLGE ALG FLORASI

Nihan Özengin, Tahir Atıcı, Ayse Elmacı, Taner Yonar

61

KIYI ŞEHİRLERİNDE BULUNAN ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDEKİ ÇED UYGULAMALARINA

GENEL BİR BAKIŞ: KURŞUNLU ATIKSU ARITMA TESİSİ VE DERİN DENİZ DEŞARJİ TESİSİ

Nursel KALEOĞLU, Esra GÜLER, Özcan YAVAŞ, Çağla ÇELİKLİ

72



## GEMİLERİN BALAST SUYU TANKLARINDAN KAYNAKLANAN SEDİMAN KİRLİLİĞİ

Tanzer SATIR<sup>1</sup>, Neslihan DOĞAN-SAĞLAMTİMUR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, 34940, Tuzla-İstanbul

<sup>2</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,  
51240, Niğde

neslihandogansaglamtimur@gmail.com, nds@ohu.edu.tr

**Özet:** Gemiler tanklarına deniz suyu alarak seyir yaparlar. Balast suyu adı verilen deniz suları ağırlık oluştururlar, güvenli ve dengeli gemi seyrine olanak tanırlar. Ancak gemi sayısının son yıllarda çoğalması taşınan balast suyunun çok hızla artmasına neden olmaktadır. Bu durumun getirdiği iki büyük çevresel tehlike vardır: Birincisi balast suyu ile taşınan istilacı türler, ikincisi ise gemi balast tanklarında oluşan sıvının bekletilmesi veya santrifüj edilmesi sonucu dibe çöken madde olan sedimanın birikimidir. Bu çalışmada, gemi balast tankı sedimanının liman ve denizel ekosisteme getirdiği zararlar -Balast Suyu Yönetimi Konvansiyonu'nda tanımlanan sediman alım tesisleri ve gemi inşa tersaneleri ekseninde-sunulmuştur. Sediman kirliliğinin önlenmesi için alternatif metotlar incelenmiş ve sediman alım yönetimine değinilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Balast suyu, çevre, deniz, gemi, kirlilik, sediman

### SEDIMENT POLLUTION CAUSED BY BALLAST WATER TANKS OF SHIPS

**Abstract:** Ships take sea water into their tanks during their navigation. Sea water known as ballast water is essential for safely and stably shipping operations. However, the increase in the number of ships in recent years causes the ballast water to be transported to increase very rapidly. There are two major environmental hazards of this situation: the first is the invasive species transported by ballast water, and the second is the accumulation of bottom sediment, which is the suspension or centrifugation of the liquid formed in the ship ballast tanks. In this study, the harms caused by ship ballast tank sediment on the harbour and marine ecosystems are presented in the frame of sediment reception facilities described in the Ballast Water Management Convention and shipyards. Alternative methods for preventing sediment pollution are addressed and sediment reception management are studied.

**Keywords:** Ballast water, environment, sea, ship, pollution, sediment



## KISALTMA VE SEMBOLLER

IMO	International Maritime Organization (Uluslararası Denizcilik Örgütü)
BWMC	Ballast Water Management Convention (Balast Suyu Yönetimi Konvansiyonu)
DWT	Dead Weight Tonnage (Dead Weight Tonaj)

## 1. GİRİŞ

Küresel ekonomik ticaretin hızlı büyümesi ve 1800'lü yılların ortalarında başlayan yoğun insan hareketliliği gemi taşımacılığı için fırsatlar doğurmuştur (David and Gollasch, 2015). Gemiler tanklarına -ağırlık oluşturarak güvenli ve dengeli seyir yapabilmelerine imkan sunan- balast suyu olarak adlandırılan deniz suyu almaktadırlar (David, 2015). Ancak gemi sayısının son yıllarda artması taşınan balast suyunun çok hızla artmasına neden olmuştur. Bu durumun getirdiği iki büyük çevresel tehlike vardır: Birincisi balast suyu ile taşınan istilacı türler, ikincisi ise balast tanklarında oluşan sıvının bekletilmesi veya santrifüj edilmesi sonucu dibe çöken madde olan sediman (tortu) birikimidir. Gemilerin balast tanklarının tabanında biriken sediman tipleri kum, silt ve kil gibi katı maddelerdir. Bu sediman tipleri, balast suyu ile o bölgenin doğal canlı türünü de içerecek

şekilde gemiye alınır (Prange and Pereira, 2013). Dünya'nın farklı yerlerinde tehlikeli sucul canlıların ve patojenlerin balast tankları ile taşınımı (Gollasch et al., 2015a), 1990lı yıllardan sonra problemin küresel boyutu ve önemini ortaya koyan çalışmalar yapılmasıyla, popüler bir araştırma konusu haline gelmiştir.

Konuya ekonomi açısından yaklaşıldığında sedimanın 5 yıldan fazla taşınımı, gemilerde yük taşımada kayıplara ve kargo kapasitesinin azalmasına neden olur (Prange and Pereira, 2013). Belli miktarda madde, gemi seferi sırasında balast tanklarında çökelmekte ve balast suyu ile birlikte rutin olarak deşarj olmamaktadır. Sediman, normal balast işlemlerinden izole kaldığı için, gemiler tarafından ayrı olarak ele alınmalıdır. Balast tanklarında sedimanların gemilerin faaliyetlerini engelleyen seviyelere (taşınabilen



yükü sınırlandıran) biriktiği durumlarda, tersanelerde normal bakım işlemleri sırasında, çıkarılması gerekir. Ayrıca, yapısal denetimlerin yapılmadığı yerdeki balast su tanklarında sediman birikimi olabilir. Bu durumda gemiler, tank denetimlerinin yapılabilmesi amacıyla, tortuların yeteri kadar çıkarılması için hizmet talep edecektir. Genellikle toplam hacimleri geminin yük taşıma kapasitesini engellemediğinden sediman çıkarmak gereksiz kabul edilir ve basitçe diğer balast tanklarına yerleştirilmeleri yaygındır (GloBallast, 2017).

Yılda yaklaşık 7 milyon ton balast suyunun gemiler tarafından taşındığı tahmin edilmektedir. Yaklaşık 7000 farklı sucül organizma gemilerin balast suyu ve sedimanları aracılığı ile dünyanın çeşitli limanları ve denizleri arasında taşınmaktadır.

Balast suyu ile taşınan istilacı sucül organizmalar ve patojenler (Gollasch et al., 2015a), balast suyu ile taşındıkları yeni ortamlarda yerel sucül türleri elimine ederek yerlerine geçmektedir. Bu durum, balast suyunun boşaltıldığı ortamdaki sucül yaşamı tehdit etmekle kalmayıp, ciddi oranda ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Balast

suyu ve sediman ile taşınan istilacı türlerin ortak özellikleri: (a) Gemilerin balast tanklarında uzun mesafelerde yolculuklara dayanıklılıkları, (b) Yeni çevresel şartlara fizyolojik olarak uyum yetenekleri (tuzluluk ve sıcaklık toleranslarının yüksek olması), (c) Yeni çevrelerde bulunan doğal türlerle benzer gereklilikler için yüksek rekabet yetenekleri, (d) Yüksek üretkenlikleri ve kısa süre içinde büyük popülasyonlar oluşturabilme yetenekleri (Olgun, 2015).

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından hazırlanan ve Eylül 2017'de zorunlu hale gelen Balast Suyu Yönetimi Konvansiyonu (BWMC) (David et al., 2015; Ghosh and Rubly, 2017) balast suyu ile taşınan istilacı türleri önlemek ve sediman kirliliğini azaltmak için yeni kurallar getirmiştir. İstilacı türler için açık denizde balast suyu değişimi, gemilerde balast suyu arıtma sistemlerinin kullanılması ve limanlarda balast suyu alım tesislerinin kurulması uygulamalarını getirmiştir.

Gemi balast suyu tankı tabanına çöken sedimanın oluşturduğu kirliliği önlemek amacıyla gemi inşa/bakım tersanelerine sediman alım tesisi kurma zorunluluğu getirilmiştir.



Sediman kirliliğine dair çalışmalar, istilacı türlerden kaynaklanan sorunların çözümüne kıyasla daha azdır. Sediman, normal balast işlemlerinden izole kaldığı için, gemiler tarafından ayrı olarak ele alınmalıdır. Balast tanklarında sedimanların gemilerin faaliyetlerini engelleyen seviyelere (taşınabilen yükü sınırlandıran) biriktiği durumlarda, tersanelerde normal bakım işlemleri sırasında çıkarılması gerekir. Balast su tanklarında, yapısal denetimlerin yapılamayacağı noktaya kadar sediman birikebilir. Bu koşullar altında gemiler, tank denetimlerinin yapılabilmesi ve sedimanın yeteri kadar çıkarılması için hizmet talep edecektir. Sedimanın basitçe diğer balast tanklarına yerleştirilmeleri yaygındır; çünkü genellikle toplam hacimleri geminin yük taşıma kapasitesini engellemediğinden bu tortuları çıkarmak gereksiz kabul edilir.

## 2. BALAST TANKI SEDİMANI

Sediman, kayaçların parçalanması ve aşınması gibi ayrışmalar sonucu oluşmuş tortul kayaçlar/parçacıklardır. Gemiler -geminin güvenli ve emniyetli seyir yapabilmesi için- balast suyu alımı sırasında sediman da alırlar.

Alınan sedimanın bir kısmı balast suyu ile birlikte yükleme limanında denize basılsa bile daha fazlası tankta birikir. Sudaki askıdaki katı madde su içerisinde çöken veya çökmeyen tüm katı maddeler olup, sediman partikülleri, çeşitli organik madde parçaları ve planktonlardan oluşmaktadır (Olgun, 2014).

Balast tankı sedimanlarının bileşimi gemi tipine, tank yapısına ve en önemlisi balast suyuna alınan deniz dibi tortu yapısına bağlıdır. Genel olarak balast suyu sedimanları 8 bileşenden oluşmaktadır (GloBallast, 2017). Bunları detayları olarak verecek olursak:

(1) *Kil ( $\leq 2 \mu m$ ):* Kil (Fotoğraf 1), çoğunlukla doğal kayalar ve topraktan kaynaklanmaktadır; çoğunluğu silikat minerallerinden, iz miktarı ise metal oksit ve organik maddelerden oluşmaktadır. Diğer bileşenlere bağlı olarak kil beyaz, gri, kahverengi ya da kırmızı görünebilir. Kil -küçük partikül boyutunda olduğu için- balast tankına alınır ve birikir. Killerin çoğu ıslakken plastik gibi davranır, kurduğunda ise sert ve kırılğan tortular oluştururlar. Kil, balast tankında sıkışarak toplanma



eğilimi gösterir ve tanktan temizlenmesi zordur.

(2) *Alüvyon (Silt, 2-63 µm)*: Alüvyon (Fotoğraf 1), genellikle quartz ve feldsparsdan oluşmaktadır. Kıvamı kuru iken un gibi, suyla karıştırıldığında ise kaygandır. Alüvyon, genellikle balast suyu içinde askıda madde olarak veya daha ağır sediman çöktellerin üzerinde gevşek bir tabaka olarak bulunmaktadır. Kil gibi alüvyon da balast suyu ile kolayca alınır.

(3) *Kum (63 µm-2 mm)*: Kum (Fotoğraf 1), coğrafi lokasyona göre değişmekle birlikte, genellikle quartz veya kalsiyum karbonattan oluşan tanecikli bir yapıdadır. Partikül rengi sarı, beyaz, kahverengi, pembe, kırmızı, turuncu ve siyah renklerini içerecek şekilde çok çeşitlidir.



Fotoğraf 1. Kum, alüvyon ve kil (OnlineSciences, 2018)

(4) *Büyük toprak parçaları (> 2 mm)*: Balast tankları içinde -nadir de olsa- çakıl gibi büyük partiküller

bulunmaktadır. Özellikle sığ sularda balast alımı sırasında veya akıntılı nehir çıkışlarına kurulmuş limanlardan alınan balast sularında büyük toprak parçalarına rastlanılmaktadır.

(5) *Tanklar ve bağlı boruların korozyonu sonucu oluşabilecek ürünler*: Metaller oksitlendikçe, balast tankları zamanla korozyona uğrar. Pas ve diğer korozyon ürünleri tank yüzeyinden sıyrılır ve tabana düşer. Yüzeyler daha fazla oksijene maruz kaldığından balast tanklarının kısmi dolumu ile korozyon ve kabuk gibi sıyrılma hızlanabilir; geminin seyri süresince çamura bulanık su ile aşınmalar oluşabilir.

(6) *Koruyucu kaplama parçaları*: Balast tankları -korozyonu yavaşlatmak için kullanılan- genellikle epoksi olan kaplamalarla boyanır. Ancak, kaplanan metalde korozyon başlamışsa, boyada kırık veya çatlaklar oluşur. Boyanın küçük bir kısmı kabuksu ince parçalar haline gelir ve sedimanla karışır. Korozyon ürünleri gibi, bu kaplama partikülleri de kısmen dolu tanklarda yıkama suyuyla ortamdan uzaklaştırılır.

(7) *Cansız organik maddeler*: Balast sedimanları cansız organik maddeleri





biriktirir ya da organizmalar tanklarda ölür ve tabana çöker. Okyanus suları ölü bitki ve hayvan formunda (doğal olarak değiştirdikleri deri ve dışkılarıyla birlikte) cansız organik maddeleri içerir. Organik maddeye en büyük katkı, gemi alg patlaması gibi yoğun popülasyonda canlı organizma içeren su aldığı anda meydana gelebilir.

(8) *Canlı organizmalar:* Bazı organizmalar geminin seyri sırasında ölmekte ve cansız organik maddeyi oluşturmaktayken, diğerleri balast sedimanında günler veya aylar boyunca hayatta kalabilirler. Bakteri, alg, kabuklu deniz canlısı, solucan, balık, diğer canlı organizmalar ve larva/yumurtalar (Ghosh and Rubly, 2017) balast sedimanı içinde canlılıklarını koruyabilmektedirler. Bu canlılar -gemi ile taşındıkları için- yeni bir sucul ortama girdiklerinde işgalci tür durumuna geçebilir, çevresel ve ekonomik sorunlara neden olabilirler.

### 3. BALAST SEDİMANI YÖNETİMİ

#### 3.1 Sediman Alım Tesisleri Hakkında Hükümler ve Süreçler

Balast suyu arıtma sistemleri ve balast tankı dizaynları sediman alımını azaltabilir ama yeterli değildir. Balast

tanklarında zamanla biriken sedimanların (Fotoğraf 2) tamamen temizlenmesi gemi inşa tersanelerinde kurulacak olan Sediman Alım Tesisleri ile gerçekleştirilebilir. Türkiye'nin taraf olduğu Gemi Balast Suyu ve Sedimanlarının Kontrol ve Yönetimi Hakkında Uluslararası Sözleşme, 8 Eylül 2017 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Gollasch et al., 2015b). Sözleşme uyarınca 2025 tarihine kadar eski gemiler açık denizde balast suyu değişimini yapabileceklerdir. Fakat bu tarihten sonra bütün gemilerin balast arıtma sistemlerini taktırmış olmaları gerekmektedir. Sözleşmede ayrıca limanlar için balast suyu alım tesisleri, gemi yapım tersaneleri için sediman alım tesislerinin kurulması tavsiye edilmektedir. Sözleşmenin ekine sediman alım tesisleri için G1 rehberi konulmuştur.



**Fotoğraf 2.** Balast Tankı Sedimanı (SIEMENS, 2018)



Gemi bakım ve inşa tersanelerinde insan ve çevreye zarar vermeden sediman alımının ve bertarafının yapılması için sediman alım tesislerinin kurulması gerekmektedir. Gemi bakım ve inşa tersanelerinde kurulacak sediman alım tesisleri, gemi balast tanklarından sediman alabilmeli, taşıma ve depolama yapılabilmesi; en son işlem olan sedimanın bertarafı (ortadan kaldırılması) ise alım tesisinde veya başka bir mekanda yapılabilmelidir. Bu süreçlerde işçi sağlığı ve çevrenin korunması kesinlikle ihmal edilmemelidir.

Sediman alım tesislerinin tasarımı, operasyonunun birçok yönünü yöneten yerel, bölgesel ve ulusal düzenlemeleri dikkate alınmalıdır. Mevcut tersanelerin çoğu gibi sağlık, güvenlik ve çevre düzenlemeleri de normal operasyonlar sırasında işçileri ve yerel çevreleri hasara veya zarara karşı korur (GloBallast, 2017).

Sediman Alım Tesisleri'nin kurulumu için seçilen alanlar, mevcut tersaneler içinde veya yakınında olmalıdır. Çünkü bu hizmet normal olarak diğer gemi modifikasyonları veya onarımları sırasında sunulacaktır. Bu tür yerler mevcut değilse, alım tesisleri mevcut

bir limanın içinde veya yakınında bulunmalıdır. Sediman alım tesislerinin, katı ve yarı katı sedimanların tesislerden planlanan atık sahalarına taşınması amacıyla, büyük taşıtların (kamyon gibi) erişebilecekleri, gemi ve rıhtımların yakınında bir yerde tasarlanması önerilir. Bu süreç, balast tanklarından sediman çıkarılmasıyla ilgili sınırlamalar nedeniyle, emek yoğun olacaktır; ancak bu hizmet için kapsamlı kuru yerleştirme tesisleri gerekli olmayacaktır. Nakliye tesislerinden yararlanırsa, iskeleye bir bölüm inşa edilmelidir; böylece suya bölgedeki balast tankı sedimanlarından herhangi bir drenaj veya dökülme olmayacaktır. Balast suyu tank sedimanlarının bertarafını yapan tersanelerin sınırlı tecrübesinden dolayı, bu hizmet yaygın değildir ve Balast Suyu Yönetimi Konvansiyonu yürürlüğe girmesi nedeniyle kapsamlı sediman yönetimi prosedürlerinin artacağı öngörülmemektedir. Sediman alım tesislerinin inşa edildiği yerler genellikle kapsamlı yeni altyapı ya da ek kalıcı ekipman gerektirmeyecektir. Bir geminin hizmet talep etmesi durumunda, gerekli ekipman ve emeğin dışarıdan temin edilmesi beklenmektedir (GloBallast, 2017).



Gemilerin balast tank suyu tabanında biriken sedimanların toplanması işlemi (a) taşıma, (b) tanklardaki katı veya yarı katı sedimanların fiziksel olarak bertarafı ve (c) bunların rıhtım toplama tesislerine taşınmasını içeren, basit, emek yoğun bir süreçtir. Bu hizmeti sunan tersanelerin sınırlı deneyimi nedeniyle, gerekli kaynakların -sürekli olarak kullanılabilir hale getirilmesinden ziyade- dışarıdan temin edilmesiyle sürecin en etkin şekilde yönetildiği gösterilmektedir. Balast tanklarından gelen sedimanları fiziksel olarak bertaraf etmenin en güvenli ve en etkili metodu, sedimanı katı veya yarı katı bir şekilde ele almak gibi görünmektedir. Kıyıya taşımak için sedimana basınçlı temizlik malzemesi veya sıvı eklenirse, suyu çıkarmak için karmaşık bir sediman bertaraf işlemi gerekecektir. Ayrıca, sedimanlar sıvı veya bulamaçlar olarak ele alınırsa, sediman alım tesisinin etrafındaki su kirliliği olasılığı artar. Bazı tersaneler sedimanların, gemiden girişini keserek ve katı sediman malzemesini balast tanklarından rıhtımdaki tesislere güvenli bir şekilde hareket ettiren yatay bir konveyör kullanarak, daha kolay nakledildiğini tespit etmişlerdir.

Sediman alım tesislerinin tasarımında, her gemiden çıkarılması öngörülen sediman kütlesi dikkate alınmalıdır. Sınırlı sayıdaki tecrübeler, tipik bir temizleme işlemi sırasında nispeten az miktarda tortunun (birkaç ton) çıkarıldığını göstermiştir. Ancak, gemilerin sığ ve bulanık sularda balast aldığı bölgelerde, tortu yükleri çok daha fazla (yüzlerce ton) olabilir. Bir tesisi ziyaret eden gemilerin benzer sediman yüklerine sahip olması muhtemeldir; bu nedenle beklenen sediman durumuna uygun şekilde bir tesis tasarlanabilir (GloBallast, 2017).

Sediman alım tesisi, gemileri zaman kaybına uğratmamalı, zamanında sedimanları gemi balast tanklarından alabilmeli ve geminin diğer rutin işlerini engellememelidir.

### **3.2. Sediman Alım Tesislerinin Kapasite ve Hizmet Durumu**

Herhangi bir sediman alım tesisinin kapasitesi tam olarak bilinmelidir. Belirlenen herhangi bir tesisin bölgesel nakliye menfaatlerine hizmet etmesi beklenmektedir ve bu nedenle sediman yükleme ve gemi tiplerinin dinamikleri nispeten benzer olmalıdır. Ancak -bu hizmetle ilgili deneyim eksikliği



nedeniyle- çıkarılması gereken sedimanların gerçek hacimlerini tahmin etmek zor olacaktır (GloBallast, 2017).

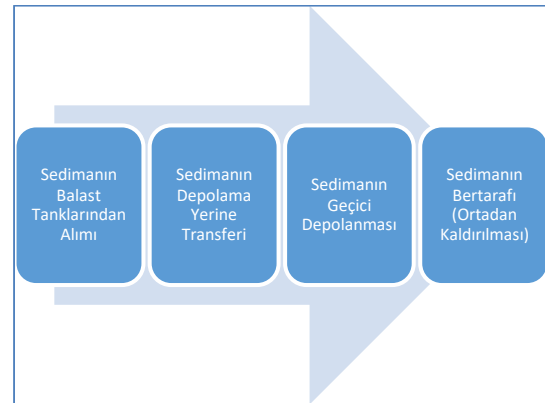
Sediman alım tesislerinin sediman çıkarma işleminin çoğu için geçici insan kaynaklarını kullanacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, sedimanları çıkarmak için gereken süre, çıkarılacak hacimlere göre değişecektir. Ayrıca, bu hizmeti veren tersaneler farklı hacimlerde sedimanı ortadan kaldırmak için farklı büyüklükte iş gücü sunmaktadır. Sediman alım tesislerinin büyük hacimli sedimanları elleçleme kapasitesine sahip olacak şekilde tasarlanması beklenmektedir; ancak bu tesislerin çoğu projenin hacim olarak daha küçük olacağını öngörmelidir (GloBallast, 2017).

Sediman alım tesisleri, sediman bertaraf hizmetlerini zamanında sunabilmelidir. Normal olarak, gemiler bu hizmeti geminin düzenli olarak planlanmış bakım dönemlerinde sunacaktır; mevcut uygulama bu ek hizmetin genel bakım planını geciktirmediğini göstermektedir. Sediman alım tesisleri, asıl hizmet tarihinden bir yıl öncesine kadar sediman bertaraf projelerini planlayabilmelidir (GloBallast, 2017).

Sediman alım tesislerinin, rutin tersane ziyaretlerinde diğer bakım hizmetlerinin verildiği şekilde hizmet vereceği ve gemi sahiplerinin buna göre ücretlendirileceği tahmin edilmektedir (GloBallast, 2017).

### 3.3. Sediman Alım Yönetimi

Sediman alım yönetimi (Şekil 1), geminin gemi inşa tersanesine giriş süreci ile başlayan, balast tanklarının temizlenip sedimanların toplanması, bu sedimanların çevreye zarar vermeden depolama noktasına ulaştırılması ve depolanması, son olarak da bertaraf edilmesini içeren bir süreçtir.



Şekil 1. Sediman Alım Yönetimi

Sediman, geminin gecikmesine neden olmayacak şekilde, genellikle insan gücü ile balast tanklarından alınmaktadır. Balast tankından toplanan sedimanlar, mümkün olduğunca kapalı bir şekilde geminin



dışındaki mobil taşıyıcılara aktarılmalıdır. Sedimanların içeriğinde biyolojik ve kimyasal olarak sağlığa zararlı patojen ve kimyasallar bulunabileceğinden, sediman toplayan işçiler gerekli koruyucu elbiseleri giymelidirler. Gemi inşa tersanesi içinde veya yakınında kalıcı sediman depolama tesisi kurulması çok zordur; bundan dolayı geçici depolama tesisinde depolanan sedimanın veya gemiden alınan sedimanın güvenli bir şekilde sediman bertaraf tesisine ulaştırılması sağlanmalıdır.

Atık yönetiminde dikkat edilmesi gerekenler, toplanacak sediman miktarının, sedimanın çevre ve insan sağlığına etkilerinin ve bertaraf yönteminin belirlenmesidir. Sediman yönetiminin son kısmı olan sedimanın bertarafında, biyolojik-kimyasal içerik ve malzemenin özellik farklılıkları dikkate alınmalıdır. Sedimanın bertaraf sürecinde -kimyasal ve biyolojik yapıya göre- ilk aşamada kimyasal ve biyolojik arıtma sürecinden geçirilir; son aşamada sediman atıkları, toprak dolgulama veya yeraltına depolamada kullanılabilir.

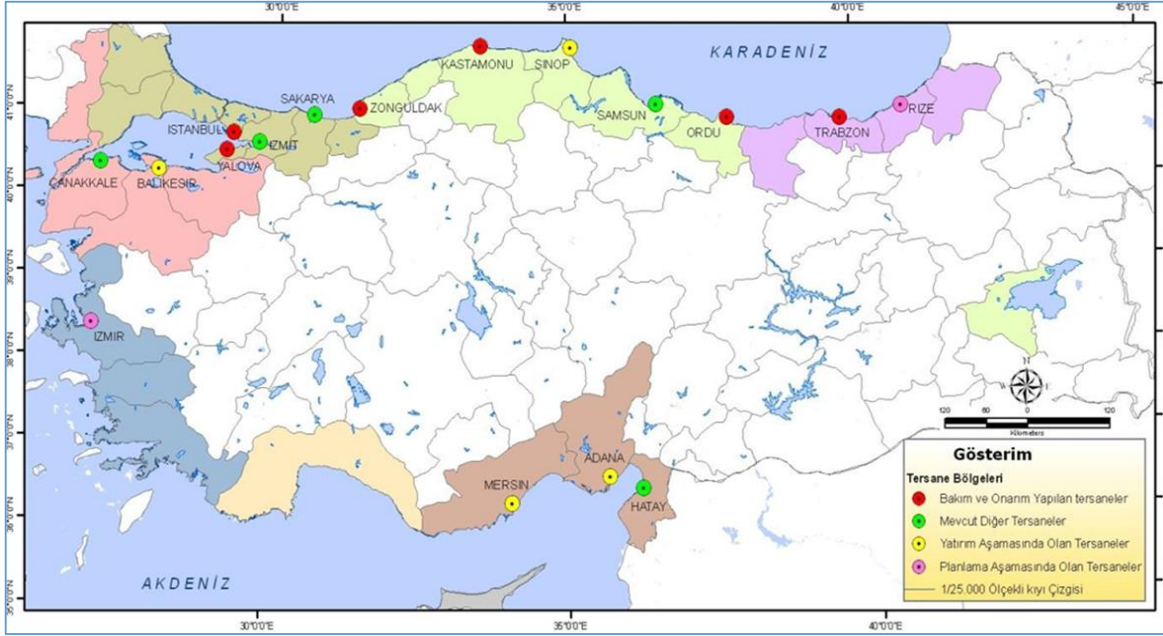
#### **3.4. Sediman Alım Tesisi Personeli Eğitimi**

Sediman alım tesisi personeli herhangi bir tersanedekine benzer güvenlik konularında eğitime, çoğu tersanelerde sahada çalışanlar ise temel güvenlik eğitimine ihtiyaç duyacaklardır. Bu eğitimlere ek olarak, sediman alım tesisindeki işçilerin ayrı eğitimler alması da gerekecektir. Potansiyel olarak istilacı türler içerebilen sedimanlar ile ilgili zorluklar hakkında tüm çalışanların bilgilendirilmesini sağlamak için eğitim materyalleri ve bilgisayar tabanlı eğitim programları geliştirilmelidir (GloBallast, 2017).

#### **4. TÜRKİYE'DE GEMİ İNŞA SANAYİ**

Türkiye kıyılarında tersanelerin çoğunluğu İstanbul Tuzla ile İzmit Körfezi Yalova bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 2).

Türkiye'de faal tersane sayısı 2016 itibarıyla 80'e ulaşmıştır. 2008 yılı son çeyreğinde başlayan ve 2009 yılı son çeyreğine kadar kuvvetli şekilde hissedilen global ekonomik kriz, birçok sektörde olduğu gibi, gemi inşa sektörünü de olumsuz etkilemiştir; sipariş defterlerindeki düşüş hem istihdam hem de yeni yatırım ve modernizasyon çalışmalarının iptal ya da ötelenmesine sebep olmuştur.



**Şekil 2.** Türkiye'de Gemi İnşa Tersanelerin Dağılımı (Olgun, 2015)

Dead Weight Tonaj (DWT), gemiyi ortalama çektiği su hattına kadar batırabilecek yük, yakıt, su ve sabit ağırlıklar dahil taşıma kapasitesinin bir ölçüsü olup kargo, yakıt, mürettebat, kumanya, vb. oluşur. DWT, bir geminin taşıyabileceği en fazla ağırlıktır; ham yük, yakıt, su, kumanya, yolcu ve gemi adamlarının kendilerinin ve eşyalarının ağırlıklarının toplamıdır (TEMEL TANIMLAR, 2018).

1995-2001 yılları arasında toplam 836.000 DWT'luk 166 adet geminin teslimini gerçekleştiren Türkiye tersaneleri, 2002-2007 arasında 3.051.000 DWT büyüklükte 443 gemi teslim etmişlerdir. Global ekonomik krize kadar olan süreç içerisinde -başta

kimyasal tanker siparişleri olmak üzere- siparişlerde Dünya 4.lüğüne kadar yükselen tersanelerimizin, krizden sonra yaşanan sipariş düşüşü ile 2016 yılında teslim ettikleri tonaj 73.384 DWT ve gemi sayısı 19'dur (DTO, 2017).

2002 yılında 11 adet olan yüzer havuz sayısı 2008 yılında 17'ye, 2012 yılında ise 21'e yükselmiştir. Halen ülkemiz tersanelerinde 25 adet yüzer ve 9 adet kuru havuz bulunmaktadır (DTO, 2017).

Türkiye'deki gemi inşa tersanelerinde sediman alım tesisi henüz kurulmamıştır. Şekil 2 incelendiğinde, bakım ve onarım yapan tam donanımlı



tersanelerin Marmara ve Karadeniz kıyılarında toplandığı görülmektedir. 2009-2010 yıllarındaki global krizden etkilenen gemi inşa tersaneleri son yıllarda bakım ve onarım açısından tekrar toparlanma sürecine girmişlerdir. Balast Suyu Yönetimi Konvansiyonu'na göre 2018 sonrasındaki 5 yıllık süreçte eski gemilerin balast suyu arıtma sistemi taktırma zorunluluğu olacağından, tersanelerin yoğunluğu artacaktır.

## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Gemi balast tankından kaynaklanan sediman kirliliği, gemi sayısının artması ile son yıllarda artmıştır. Bu kirlilik, denizlerimiz ve kıyısız alanlar için önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Bir gemi ya yüzer/kuru havuzda tamir aşamasında ya da gemi tersanede yanaşırken gemi balast tanklarındaki sedimanlar, test için (bölgesel, ulusal ya da yerel çevre ajansları tarafından gerekli) güvenli bir şekilde depoda saklanmalı, daha sonra kalıcı atık sahasına taşınmalıdır. Balast suyu sedimanlarının yerel sulara boşaltılması yasaktır. Bu nedenle, istenmeyen türlerin sedimanlardan sucul çevreye taşınmasının mümkün olmadığı yerlerde güvenli bir şekilde

sediman bertaraf edilmesi için bazı yollara başvurulmalıdır.

Gemi inşa tersanelerinin bir kısmında sediman alımı yapılmaktadır. Ancak tüm tersaneler için sediman yönetim planı uygulanmalıdır. Sediman kirliliği ile mücadelede değişik yöntemler vardır. Bunlardan biri balast tankının dizaynının değiştirilmesi ile sediman birikiminin azaltılması yöntemi olup konu üzerinde bilimsel çalışmalar devam etmektedir. Bu makalede üzerinde durulan diğer mücadele yöntemi ise sediman alım yönetimidir. Bu yöntemde gemi inşa tersanesinde bakıma giren gemilerin balast tanklarındaki sedimanlar -çevreye zarar vermeden güvenli şekilde toplanır, gemi dışında bekleyen mobil araçlara alınır, tersane içindeki geçici depolama alanına aktarılır ve sürecin son kısmında çevreye zarar vermeden bertaraf edilir.

Sediman alım tesislerinin kurulması ve işletilmesi için sağlam bir sediman yönetim planı gerekmektedir. Sediman yönetim planlarının tamamlanması ve gemi inşa tersanelerinde sediman alım tesislerinin kurulması, Balast Suyu Yönetimi Konvansiyonu gereklerinin yerine getirilmesi denizlerin ve



okyanusların korunmasında önemli adımlar olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın bir parçası, Ulusal Çevre, Deniz ve Kıyı Kirliliği Sempozyumu'nda (UCEDKKS-2017) sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özet kitapçığında yer almıştır.

## KAYNAKLAR

David, 2015, *Vessels and Ballast Water, Global Maritime Transport and Ballast Water Management Issues and Solutions* (Eds. David and Gollasch), ISBN 978-94-017-9366-7, pp. 13-34, Springer, London.

David, M. and Gollasch, S., 2015, *Global Maritime Transport and Ballast Water Management Issues and Solutions*, ISBN 978-94-017-9366-7, 317 p., Springer, London.

David, M., Gollasch, S., Elliot, B. and Wiley, C., 2015, *Global Maritime Transport and Ballast Water Management Issues and Solutions* (Eds. David and Gollasch), ISBN 978-94-017-9366-7, pp. 89-108, Springer, London.

Ghosh, S. and Rubly, C., 2017, *Seafarers' perceptions of training towards compliance with the Ballast water management (BWM) convention*,

*Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, Vol. 9, pp. 191-211.

Gollasch, S., Minchin, D. and David, M., 2015a, *The Transfer of Harmful Aquatic Organisms and Pathogens with Ballast Water and Their Impacts, Global Maritime Transport and Ballast Water Management Issues and Solutions* (Eds. David and Gollasch), ISBN 978-94-017-9366-7, pp. 35-58, Springer, London.

Gollasch, S., David, M., Keast, K., Parker, N. and Wiley, C., 2015b, *Policy and Legal Framework and the Current Status of Ballast Water Management Requirements, Global Maritime Transport and Ballast Water Management Issues and Solutions* (Eds. David and Gollasch), ISBN 978-94-017-9366-7, pp. 59-88, Springer, London.

Globallast, 2017, *Guidance on Best Management Practices for Sediment Reception Facilities under the Ballast Water Management Convention, GloBallast Monograph Series, No. 23, ISSN 1680-3078, GloBallast Partnerships Project Coordination Unit, London, UK.*

2016 Deniz Sektör Raporu, 2017, İstanbul ve Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası Şubeleri, İstanbul.

Olgun A., 2014, "Technical Assistance Capacity Building for Prevention of





*Marine Pollution Caused by Ship-Sourced Wastes” Balast Tankı Sedimanları, PPP, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Kocaeli.*

*Olgun A., 2015, Marmara Denizi Balast Suyu Risklerinin Değerlendirilmesi, PPP, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Kocaeli.*

*OnlineSciences, 2018, The Types and the Properties of the Soil, <https://www.online-sciences.com/earth-and-motion/the-types-and-the-properties-of-the-soil/>, Erişim Tarihi: 22.03.2018.*

*Prange, G.J., Pereira, N.N., 2013, Ship Ballast Tank Sediment Reduction Methods, Naval Engineers Journal, Vol. 125-2, pp., 127-134.*

*SIEMENS, 2018, Ballast Water Sediment Simulations, [https://mdx2.plm.automation.siemens.com/case\\_studies/ballast-water-sediment-simulations](https://mdx2.plm.automation.siemens.com/case_studies/ballast-water-sediment-simulations), Erişim Tarihi: 22.03.2018.*

*TEMEL TANIMLAR, 2018, <http://www.yildiz.edu.tr/~fcelik/dersler/dizayn/Ders%20Notlari/3.%20Temel%20tanimler.pdf>, Erişim Tarihi: 22.03.2018.*



## SU BAZLI BOYA ÇAMURLARININ DEZENTTEGRASYONU VE KOMPOSTLANMASI

Selnur UÇAROĞLU<sup>1</sup>, Ecem ÖZDEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Nilüfer /  
BURSA

<sup>2</sup>Sütaş Süt Ürünleri A.Ş

selnur@uludag.edu.tr, eozdemir@sutas.com.tr

**Özet:** Otomotiv endüstrilerinde boyama işleminde, spreyleme fazlası, hedefe ulaşmayan boyalar nedeniyle atık boya çamuru oluşmaktadır. Bu çamurlar, su veya solvent bazlı olabilir. Yüksek karbon ve organik madde içeriği, su bazlı boya çamurunun yönetimini zorlaştırmaktadır. Su bazlı boya çamurunun bu özellikleri kompostlama için ise avantaj oluşturmaktadır. Boya çamurunun kompostlanmasıyla ilgili yapılan çok az sayıda bilimsel çalışma da boya çamurunun içeriğindeki karbonun, kolay parçalanabilir olmadığı anlaşılmıştır. Bu sebeple, karbonun kolay parçalanması amacıyla bir ön işlem (dezentegrasyon) uygulanması gerektiği düşünülmektedir. Dezentegrasyon, dış gerilmelerle atık çamurun yapısını deforme ederek flok yapısını bozmakta, hücre duvarları tahrip edilmektedir ve korunan maddeler sıvı faza geçerek çözünür forma dönüşmektedir. Bu prensibin, boya çamurunun zor parçalanabilir karbonlu bileşiklerin parçalanabilmesine yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Sonuç olarak çalışmada, boya çamurunun kompostlanmasında, çamura ön işlem uygulanması için seçilen dezentegrasyon prosesleri ve arıtma çamuru uygulamaları araştırılmış olup termal, biyolojik ve mekanik dezentegrasyonun boya çamuruna, kompostlama öncesinde uygulanabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kompostlama, Boya çamuru, Dezentegrasyon, Atık yönetimi

### COMPOSTING AND DISINTEGRATION OF WATER-BASED PAINT SLUDGE

**Abstract:** As a result of the painting process in the automotive industry, the excess of sprays constitutes waste due to the paint not reaching the target. These sludges may be water or solvent based. Waste management is difficult due to the high carbon content and organic matter content of water-based paint sludge. These characterizations of the water-based paint sludge are an advantage for composting. Very few scientific studies have been done on the composting of paint sludge. It was understood that the carbon in the content of the paint sludge is not readily degradable. For this reason, it is thought that a pretreatment (disintegration) should be applied for the easy disintegration of the carbon. Disintegration is defined as the deformation of the sludge structure by external stresses. When this process is applied, the flock structure is deteriorated, the cell walls are destroyed, and the protected materials pass through the liquid phase and become a soluble form. It is believed that this principle may help to disintegrate the carbon compounds of the paint sludge. As a result, in this study, the selected disintegration process was investigated in order to apply pretreatment to paint sludge composting. At the same time, treatment sludge applications have been investigated and it is considered that thermal, biologic and mechanical



disintegration can be applied before composting to paint sludge by examining scientific studies.

**Key words:** Composting, Paint Sludge, Disintegration, Waste Management

## 1. GİRİŞ

Günümüzde sanayiden kaynaklı atıkların yönetimi oldukça önemli bir hal almıştır. Sanayilerden kaynaklı proses atıklarının sanayiler gelişim gösterdikçe çeşitliliği de artmakta ve bu atıkların yönetimi oldukça zorlaşmaktadır. Otomotiv endüstrisi, gelişmiş sanayilerin başında gelmektedir. Bu sebeple de otomotiv endüstrisi atıkları oldukça fazla miktarda oluşmakta ve planlı bir atık yönetimi uygulanması gerekmektedir.

Ülkemizde ve dünyada otomotiv üretimi yapan endüstri, oldukça fazla sayıdadır. Bu kapsamda otomotiv üretiminde en fazla atık oluşum proseslerinden biri de boya prosesidir. Boya prosesinden kaynaklı atıklardan en önemlisi de boya çamurudur (Papasavva et al., 2002) . Boya çamuru yüksek karbon içeriği sebebiyle tehlikeli bir atık olup, fazla miktarda oluşması sebebiyle atık yönetimi için üzerine son yıllarda oldukça düşünülen bir materyal haline gelmiştir (Salihoglu and Salihoglu,

2016). Su bazlı boya çamurunun yakma dışında, kompost ve anaerobik arıtma gibi farklı yöntemlerle bertaraf edilerek değerlendirilmesi de mümkündür (Salihoglu ve Akcan, 2016).

Kompostlama prosesi, organik atıkların belirli koşullar altında stabilizasyonu prosesidir. Boya çamurunun yüksek karbon içeriği, kompostlama prosesindeki en önemli parametrelerden biri olan mikrobiyal faaliyet için umut verici olmuştur. Bu kapsamda Türkiye’de ve dünyada birkaç çalışma yapılmış olsa da henüz yeterli sonuca ulaşılamamıştır (Tian et al.,2015; Tian et al.,2012a; Tian et al.,2012b). Boya çamurunda bulunan yüksek karbon içeriği kompostlanabilir bir madde olarak düşündürse de, bulunan karbonun çalışmalar sonucunda zor parçalanabilir olduğunun sonucuna ulaştırmıştır. Bu kapsamda boya çamurunun kompostlanabilirliğini arttırmak amacıyla anaerobik arıtmada olduğu gibi çamura bir ön işlem



(dezentegrasyon) uygulanması düşünülmüştür.

Dezentegrasyon prosesi dış gerilmeler uygulanarak arıtma çamuru yapısının deforme edilmesi prensibine dayanan bir ön işlem olarak tanımlanmaktadır (Filibeli ve Kaynak 2006). Boya çamuruna etkili dezentegrasyon yönetimini araştırarak çamurun karbon içeriğinin kolay parçalanabilir hale getirebileceği düşünülmektedir. Ancak dezentegrasyon prosesi genellikle anaerobik prosesler için arıtma çamuruna uygulanan bir ön işlem olmasından dolayı boya çamuruna uygulanabilirliği için farklı çalışmalar göz önünde bulundurulmuştur. Bu kapsamda, bu çalışmada ilgili çalışmalar incelenmiş ve tüm dezentegrasyon metotlarının boya çamuruna uygulanabilirliği araştırılmıştır.

## 2. BOYA VE BOYA ÇAMURU TANIMI

Boya, ince bir tabaka şeklinde bir yüzeye yayılan, katı, kohezif ve yapışkan bir film oluşturan akışkan bir maddedir. Boyalar genel olarak bağlayıcılar, organik çözücüler ve katkı maddelerinin karışımlarıdır (St. Louis, 1996).

Boyanın bileşenleri, boya üretiminde ve kullanımında oluşacak potansiyel çevre tehlikesi ve atık yönetim seçeneklerini de içeren atığın özelliklerini belirler. Atık minimizasyonu ve yönetimi açısından boyalar en uygun içerdikleri çözücü baz alınarak sınıflandırılır. Buna göre, boyalar su bazlı ve solvent bazlı olarak sınıflandırılabilir (Ruffino and Zanetti, 2010).

Su bazlı boyalar, su bazlı ya da suda çözünebilen film oluşturu maddeler içeren boyalardır. Su bazlı boya sistemleri normalde ağırlıkça % 10-65 su ve bunun yanında çözücü olarak ve ıslak film tabakasının niteliklerini iyileştirmek için de genellikle < % 3-18 organik solvent içerirler. Su bazlı boya teknolojisi, dünyada ve ülkemiz otomotiv sektöründe hızla yaygınlaşmakta, özellikle çevre ve insan sağlığı açısından uygunluğu nedeniyle tercih edilmeye başlamaktadır. İnsan sağlığı açısından su bazlı boyanın solvent bazlı boyadan daha az tehlikeli olduğu kanıtlandıktan sonra birçok sektör tercihini su bazlı boyadan yana kullanmaya başlamıştır.

Solventlerin birçoğu yanıcı, uçucu, kolay buharlaşıp ortama zehirli veya



patlayıcı gaz karışımları verebilen özelliğe sahiptir. Bazı solventlerin kanserojenik, ekotoksik, mutajenik ve uyuşturucu etkileri olabilir. Yapılan araştırmalar neticesinde solvent koku birikiminin insan sağlığında ciddi etkilere sebep olduğunu, ileri vakalarda kansere, sinir sistemi problemlerine yol açtığı ileri sürülmektedir. Avrupa'da boya endüstrisi son yıllarda bu çeşit boya kullanımında sınırlamalar getirmiştir. Bununla birlikte çözücü bazlı atıkların çözücü geri döngüsü kolaylığı ve yüksek ısı içeriği ile atık geri döngüsü, yeniden kullanım veya yönetim gibi uygun alanlarda değerlendirilmesi mümkündür (Camcıoğlu, 2010).

Otomotiv endüstrisinde araç boyama işlemi, birçok proses sonrasında oluşmaktadır. Plastik bir parça için bu aşamalar; boya hazırlama, parça temizleme, hava tutma flamaj, astarlama, flash off, bazkat, vernikleme, fırınlamadır.

Otomotiv endüstrilerinin araç ve gövde parçaları genellikle bir seri boya kabinlerinde boyanmaktadır. Boya sprej kabinlerinde koruyucu kaplama, astar boya, baz boya ve vernik kaplama işlemleri yapılmaktadır.

Spreyleme yoluyla boyama sonucunda spreyleme fazlası veya hedefe ulaşmayan boyalar nedeniyle atık oluşturmaktadır. Sprey fazlalığı ve su, boya çamuru olarak bir çamur çukurunda toplanmaktadır. Boya çamuru boya kabininin altındaki sirkülasyon sıvısıyla birlikte toplanmaktadır (Salihoglu and Salihoglu, 2016).

### 3. DEZENTEGRASYON PROSESİ

Aritma çamuru dezintegrasyonu, dış kuvvetlerin etkisiyle çamurun yapısal özelliklerinin bozulmasıdır. Fiziksel, kimyasal veya biyolojik kuvvetler uygulanarak dezintegrasyon gerçekleştirilebilmektedir.

Dezintegrasyon işlemi ile çamur flok yapısı bozularak mikrorganizma hücre duvarları tahrip edilmektedir. Çamurdaki tüm mikroorganizmalar dezintegrasyon prosesinden etkilenmektedir. Patojenik mikroorganizmalar da dezintegre olmaktadır ve aynı zamanda dezenfeksiyon gerçekleşmektedir (Müller et al., 2004). Hücre duvarı parçalanarak hücre duvarı tarafından korunan organik maddeler, sıvı faza geçip çözünür forma dönüşmektedir



(Vranitzky and Lahnsteiner, 2005). Dezentegrasyonun amacı; çamur miktarını azaltmak, çamur çürüme işlemini hızlandırmak ve stabilizasyon derecesini arttırmak ve anaerobik çürüme işleminde daha fazla biyogaz temin etmektir (Bougrier et al. 2005).

Dezentegrasyon ile flok yapısı bozulan flokların partikül boyutu azalarak yüzey alanı artmakta ve çamur şartlandırma prosesinde nötralize edilecek yüzey yükleri daha yüksek miktarda olmaktadır. Bunun sonucunda da dezentegre olmuş çamurun flokülant tüketimi artmaktadır. Partikül boyutundaki azalma ve artan yüzey alanı nedeniyle, çamur içindeki katı maddeler daha kolay hidroliz olmaktadır (Müller et al., 2004).

Dezentegrasyon işlemi uygulanması durumunda, çamurun içerdiği organik katı maddelerin büyük bir kısmı sıvı faza geçirilmektedir. Çamura uygulanan dezentegrasyon sonrasında katı partiküller yüksek oranda inorganik madde içermektedir ve susuzlaşma işleminden sonra çamurun katı madde içeriği de artmaktadır. Bu nedenle çamurun çökelme özellikleri de iyileşmektedir (Müller et al., 2003).

Yapılan çalışmalarla çamurun stabilizasyonunu arttırmaya, çamur miktarını azaltmaya ve daha fazla biyogaz üretimi sağlanmaya yönelik olarak pek çok dezentegrasyon yöntemi araştırılmaktadır. Bu dezentegrasyon yöntemlerinden bazılarının su bazlı boya çamurunun kompostlanması öncesinde boya çamuruna uygulanabileceği ve kompostlama prosesinin veriminin artırılabilirliği düşünülmektedir. Dezentegrasyon yöntemleri mekanik, kimyasal, biyolojik ve termal yöntemler olmak üzere dört ana başlık altında toplanmaktadır.

### 3.1. Mekanik Dezentegrasyon

Mekanik (fiziksel) yöntemler, basınç veya enerji ile katı maddeleri gererek ve deforme ederek hücre duvarlarını parçalayan yöntemlerdir. Mekanik dezentegrasyonun tam ölçekli teknolojilerde uygulanmasının en önemli dezavantajları prosesin zor kontrol edilmesi ve maliyetin çok yükselmesidir (Spinosa and Vesilind, 2001).

Mekanik dezentegrasyonun, ultrasonik dezentegrasyon, karıştırıcı bilyeli değirmenler, yüksek basınçlı



homojenizasyon ünitesi, santrifüj yoğunlaştırıcı, mekanik jet tekniği ve yüksek performanslı elektrik akımı tekniği gibi yöntemleri vardır. Mekanik yöntemler enerji ihtiyacı bakımından karşılaştırıldığında, enerjiye en çok ihtiyaç duyan sistemler ultrasonik dezentegrasyon, enerjiye en az ihtiyaç duyan sistemler ise lysate santrifüj yoğunlaştırıcı ve karıştırıcı bilyeli değirmenler olarak belirlenmiştir (Müller, 2000).

### 3.1.1. Ultrasonik Dezentegrasyon

Ultrasonik dezentegrasyon, 20 ile 40 kHz aralığında ki ultrasonik frekanslarda gerçekleştirilir (Wang et al., 1999). Bu işlem çamur sıvı fazında kabarcık oluşumu sağlamaktadır. Oluşan kabarcıklar belli büyüklüğe ulaştıncaya şiddetli bir şekilde sönmektedir. Kabarcıkların sönmeleri ile bölgesel ısınma, sıvı-gaz ara yüzeyinde yüksek basınç ve sıvı fazda yüksek gerilim meydana gelmektedir. Meydana gelen bu olağan üstü koşullarda,  $\bullet\text{OH}$ ,  $\text{HO}_2\bullet$ ,  $\text{H}\bullet$  ve hidrojen peroksit oluşmaktadır. Ultrasonik dezentegrasyonda hidro-mekanik kesme kuvvetleri, çamurdaki hidrofobik uçucu maddelerin termal birikimi ve ultrasonik radyasyon altında oluşan

radikaller olarak üç temel mekanizma bulunmaktadır (Erden ve Filibeli, 2010).

### 3.1.2. Karıştırıcı Bilyeli Değirmenler

Karıştırıcı bilyeli değirmenler, içerisi tamamıyla öğütücü bilye ile dolu yaklaşık  $1 \text{ m}^3$  hacminde ki bir düşey veya yatay monte edilen bir değirmen ve karıştırıcıdan oluşmaktadır. Karıştırıcı değirmen içerisinde rotasyon oluşmaktadır. Oluşan rotasyon sırasında bilyelerin birbirine çarpması ile kayma ve basınç gerilmeleri oluşmakta ve dezentegrasyon gerçekleşmektedir (Müller, 2000). Bu yöntem ile mikroorganizmalar, öğütücü bilyelerin arasında oluşan kayma ve basınç gerilmelerine maruz kalır. Mikroorganizma hücrelerinin tahribi farklı hızlardaki öğütücü bilyeleri ve koparma kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır.

### 3.1.3. Yüksek Basıncılı Homojenizasyon Ünitesi

Bu sistemler, homojenizasyon valfi ve çok kademeli yüksek basınç pompasından oluşmaktadır. Yüksek basınç pompası, çamura gerilme uygulayarak partiküller içerisinde kavitezyon baloncukları



oluşturmaktadır. Bu baloncuklar sıcaklık ve basınç artışı oluşturarak çamur dezentegrasyonu için gerekli koşulları yaratmaktadır (Müller, 2000). Onyeche (2003) yaptığı çalışmada, bu proses ile anaerobik çürüme işleminde % 30 oranında oluşan metan gazının arttırılabileceği ve % 23 oranında da mineralize çamur miktarının azaltılabileceğini belirlenmiştir.

#### 3.1.4. Santrifüj Yoğunlaştırıcı

Bu sistem, santrifüj yoğunlaştırıcı ve yoğun çamur deşarj noktasına yerleştirilen dezentegrasyon ünitesinden meydana gelmektedir. Santrifüj eksenine özel parçalayıcılar olan lysate halkaları bağlanarak mikroorganizma hücre dezentegrasyonu gerçekleşmektedir. Bu yöntemde ilave enerji ihtiyacı az olmakla beraber oldukça düşük dezentegrasyon derecelerine ulaşılmaktadır (Winter, 2002; Roxburgh et al., 2006).

#### 3.1.5. Mekanik Jet Tekniği

Çözünmüş hava flotasyonu prensibine benzer şekilde çalışmaktadır. Bu yöntemde çamur 50x105 Pa (509858,1 kg/m<sup>2</sup>) ile basınçlandırıldıktan sonra basıncın kaldırılmasını sağlayan bir

ağızdan hızla (30–100 m/s) çıkarak bir plakaya çarparak parçalanmaktadır (Filibeli ve Kaynak, 2006).

#### 3.1.6. Vurgulu elektrik alan uygulaması

Bu yöntem, iki elektrot arasına yerleştirilen bir arıtma odacığında bulunan sıvıya kısa süreli (10ns-20µs) yüksek voltaj (20–80 kV/cm) vererek uygulanır. Vurgulu elektrik alan uygulandığında sıvıda bulunan mikroorganizmaların hücre zarı üzerinde gözenekler açar. Bütünlüğü bozulan mikroorganizma hücreleri diğer biyolojik ve kimyasal işlemler için daha açık hale gelir. Bu yöntem ile, biyolojik ayrışabilirlik ve anaerobik çürütme sırasında biyogaz üretimi artar, proses zamanı kısalmır (Devlieghere et al., 2004).





### 3.2. Kimyasal Dezentegrasyon

Kimyasal dezentegrasyon işleminde ozon, fenton, klor, asit ve alkali özellikte olan malzemeler kullanılarak zor parçalanabilen bileşikler daha kolay parçalanabilir hale dönüşür (Tanaka et al., 1997).

#### 3.2.1. Fenton Prosesi

Fenton prosesi ile çamurun ileri oksidasyonu, hidrojen peroksitin oksitleyici etkisi ve demir (II) tuzunun katalizörlüğünde gerçekleşir. Atıksu arıtımında oldukça yaygın kullanılmaktadır. Son yıllarda çamur arıtımında kullanımı da yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu proses ile arıtma çamurlarının su verme özellikleri geliştirilmektedir (Neyens et al., 2003).

#### 3.2.2. Ozon Arıtımı

Ozon, oksijenin elektriksel güçle ateşlenmesi sonucunda meydana gelen kararsız bir gazdır. Yüksek yoğunlukta mavi renk, yüksek oksitleme kapasitesine ve yüksek toksikliğe sahip bir maddedir. Yüksek voltaj da yaratılan elektriksel alan, elektronlar arasında birbiri ardına gelen çarpışmalar meydana getirir, bu çarpışmalar ile oksijen parçalanır ve

ozon molekülleri oluşur. Kısmen kararlı olan ozon molekülleri, katalizör ve oksitlenmiş substrat yokluğunda birkaç gün içinde oksijene dönüşür (Gottschalk et al., 2000). Pratikte doğrudan ve dolaylı oksidasyon reaksiyonları bir arada oluşur, ayrıca pH, sıcaklık ve oksitlenen materyalin tipi gibi faktörlere bağlı olarak bir çeşit reaksiyon daha baskın olarak meydana gelir. Hücre sıvısı nötral pH seviyelerinde olup bu koşullarda radikal harekete sahip ozon hücre içinde inhibe edilir. Ayrıca, stoplazmik membran içindeki çok sayıda protein nedeniyle ozon reaksiyonlarının gerçekleşebileceği bir alan sağlar. Kalıntı ozon membranı geçtiği zaman, stoplazma ve kromozom ozon reaksiyonları için tercih edilen alan olur ve nükleik asitler ozon tarafından parçalanarak ozon dezentegrasyonu meydana gelir (Vranitzky and Lahnsteiner, 2005).

#### 3.2.3. Asidik-Bazik Ortamda Çamur Dezentegrasyonu

Asidik dezentegrasyon, kimyasal yöntemler arasında en az kullanılan bir yöntemdir ve bu yöntemde pH değeri, çamurun ayrıştırılma derecesi ve



susuzlaştırılabilme özelliğini önemli ölçüde etkiler (Apul et al., 2009).

Bazik ortam koşulları, hidrolizin gelişimine, yağ, hidrokarbon ve proteinlerin alifatik asitler, polisakkaritler ve aminoasitler gibi daha küçük ve çözünebilir maddelere dönüştürülmesini sağlamaktadır (Everett, 1973). Çamur çürütme işleminden önce alkali dezentegrasyon uygulandığında hidroliz aşaması hızlanıp çürütme işleminin performansı artmaktadır (Kim et al., 2003). Bazik dezentegrasyon uygulanan çalışmalarda kirece nazaran NaOH'ın daha yüksek çözünürlük verimine sahip olduğu tespit edilmiştir (Rajan et al., 1989). Bazik ortamda çamur dezentegrasyonunda, kimyasal parçalanma ve hidroksil gruplarının iyonlaşması olarak iki önemli mekanizma rol almaktadır (Neyens et al., 2004). Dezentegrasyon amacıyla NaOH, KOH, Mg(OH)<sub>2</sub> ve Ca(OH)<sub>2</sub> gibi kimyasallar birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır ve yapılan çalışmalarında, NaOH'ın dezentegrasyonda diğer kimyasallara göre daha etkili olduğu belirlenmiştir (Kim et al., 2003; Li et al., 2008; Yiyang et al., 2009).

### 3.3. Termal (Isıl) Dezentegrasyon

Termal işlem, ilk olarak çamurların su verme özelliklerini iyileştirmek amacıyla uygulanmış olup (Neyens et al., 2003) son yıllarda çamur dezentegrasyonunda kullanılmaya başlanmıştır. Genellikle buhar uygulayarak gerçekleştirilen ısıl arıtma 140-180°C arasındaki sıcaklıklarda hücre duvarının yıkılmasını, duvarda yer alan protein, karbonhidrat ve lipidlerin biyolojik parçalanmaya maruz bırakılmasını hedefler (Kepp et al., 2000; Novak and Wilson, 2009). Termal dezentegrasyon amacıyla su banyoları, basınçlı termal sistemler ya da mikrodalga ısıtıcılar kullanılmaktadır.

Phothilangka et al. (2008) tarafından yapılan çalışmada büyük ölçekli evsel atıksu arıtma tesisinde çamur çürütme öncesi termal-basınçlı-hidroliz prosesi uygulanarak bunun anaerobik çürütücüdeki biyogaz miktarına ve çamur susuzlaştırma performansına etkisi araştırılmıştır. Termal dezentegrasyon ile çürütücüde KOİ giderim veriminin artmasına paralel olarak biyogaz oluşum oranının %75-80 arttığı ve susuzlaştırmada katı madde oranının %25,2'den %32,7'ye



arttığı tespit edilmiştir.

Appels et al. (2010) anaerobik çürütme öncesi düşük aralıklarda (70, 80 ve 90°C) yapılan termal dezentegrasyon metotlarını incelemişlerdir. Çalışmada çamur içindeki organik (protein, karbonhidrat ve uçucu yağ asitleri) ve inorganik (ağır metal, kükürt, fosfor) maddelerin termal dezentegrasyonu ile çözünebilir hale getirilebileceği belirlenmiştir. Ancak 70°C'de çamurun anaerobik çürütmesi ile elde edilen verimin düştüğü gözlemlenmiştir. 80 ve 90°C'lerde daha uzun süreli ön arıtım sürelerinde gaz üretiminin arttığı tespit edilmiştir.

### 3.4. Biyolojik Dezentegrasyon

#### 3.4.1. Enzim Kullanımı

Biyolojik yöntemler ile dezentegrasyon da, hücre duvarı biyolojik olarak parçalanır ve organik maddeler daha kolay çözünebilir hale geçer (Müller, 2001). Organik maddelerin içerdiği protein ve polimerik karbonhidratlar hücreler tarafından doğrudan bünyelerine alınamamaktadır. Bu nedenle mikroorganizmalar, büyük molekül yapılarını kırarak aminoasitler, şekerler ve yağ asitleri gibi daha küçük molekül yapılarına dönüştürmek

amacıyla proteaz, selüloz ve lipaz gibi hidroliz enzimleri salgılamaktadır. Enzimatik dezentegrasyon işlemi ortam sıcaklığında kendiliğinden gerçekleşebileceği gibi enzim ekleyerek de gerçekleştirilir. Enzim kullanarak yapılan dezentegrasyon, mekanik dezentegrasyon ile birlikte uygulandığında dezentegrasyon derecesinde önemli bir artış meydana gelmektedir. Enzimatik dezentegrasyon ile hücre duvarı enzimlerin katalizörlüğünde parçalanmaktadır (Lai et al., 2001). Enzim kullanımı, dezentegrasyonda oldukça etkili bir yöntemdir. Daha önce yapılmış olan çalışmalar da enzim ilavesi ile anaerobik çürüme süresinin kısaldığı, çamur çürüme veriminin arttığı ve çamurun nihai bertaraf maliyetinin azaldığı tespit edilmiştir (Wawrzynczyk et al., 2003; Ronja, 2008).

#### 3.4.2. Fermentasyon ve hidroliz

Zhang et al. (2010) yaptıkları çalışmada, anaerobik çamur çürümenin ilk fazı hidroliz ve asidifikasyonun artırılması amacıyla, mezofilik şartlarda 8 gün boyunca pH:10 uygulaması yaparak bu uygulamanın metan üretim



potansiyeline etkisini incelemişlerdir. Ayrıca, bu çalışmada termal (70°C sıcaklıkta 9 saat), termal-bazik (90°C sıcaklıkta ve pH 11'de 10 saat) ve ultrasonik (41 kHz frekansta 150 dakika) dezentegrasyon alternatifleri de karşılaştırılmıştır. Metan üretiminin pH 10 ön arıtımı ile 398 mL CH<sub>4</sub>/gr UKM maksimum değerine 9. günde ulaştığı tespit edilmiştir. Ön arıtılma yapılmamış kontrol reaktöründe, ultrasonik, termal ve termal-bazik metotlarının uygulandığı diğer reaktörlerde ise 17. günde bile sırasıyla 90,4; 115,4; 127,8 ve 171,2 mLCH<sub>4</sub>/grUKM metan üretim değerlerine ulaşıldığı belirlenmiştir.

Ucisik and Henze (2008) yaptıkları çalışmada, kesikli ve yarı-kesikli anareobik reaktörlerde 6 farklı evsel atıksu arıtma çamuruna hidroliz ve asidifikasyon prosesi uygulayarak çamur tipinin proste oluşun uçucu yağ asidi ve dağılımına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada kesikli proste ön ve son çökeltim çamuru ayrı olarak uygulanmış, yarı-kesikli proste hem ayrı ayrı hem de karışık çamur olarak uygulama yapılmıştır. Ön çökeltim çamuru, aktif çamur ve karışık çamur için yarı-kesikli reaktörlerde sırasıyla %19,1; 6,5 ve 21,4

oranlarında çözünmüş KOİ artışları tespit edilmiş ve bu denemelerin spesifik uçucu yağ asidi üretimleri sırasıyla 270 mgKOİ/grUKM, 62 mgKOİ/grUKM ve 114 mgKOİ/grUKM olarak ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda ön çökeltim çamurunun her iki proses için de fermantasyonu arttırdığı ve tam ölçekli uygulamada ön çökeltim çamurunun aktif çamur ile karıştırılarak yarı-kesikli reaktör kullanımının daha uygulanabilir olduğu belirlenmiştir.

#### 4. SONUÇ

Otomotiv endüstrisinden kaynaklanan boya çamurlarının kompostlanabilirliğinin verimliliği arttırıldığında, prosesin sonuçları atık yönetimi için umut vadedecektir. Kompostlama sayesinde atığın hacimce ağırlığı ciddi oranda azalacak olup bertarafı daha kolay hale gelecektir. Boya prosesi kaynaklı ve miktarı oldukça fazla olan bu atıkların yönetiminin sağlanması endüstrilerden kaynaklanan proses atıklarının atık yönetimi için önemli bir adım olacaktır. Bu kapsamda çamura uygulanması düşünülen ve kompostlama prosesine ön işlem olan dezentegrasyon proseslerinin, atık



yönetimi oldukça güç olan boya çamurunun karbonlu bileşiklerinin kolay parçalanabilmesine yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Bu durum, boya çamuru için kompostlama prosesini uygulanabilir bir metot kılmaktadır. Sonuç olarak yapılan bu çalışmada, boya çamurunun kompostlanmasında, çamura ön işlem uygulanması için seçilen dezentegrasyon prosesi ve arıtma çamuru uygulamaları araştırılmış olup bilimsel çalışmalar incelenerek termal, biyolojik ve mekanik dezentegrasyon yöntemlerinin, boya çamuruna kompostlama prosesi öncesinde uygulanabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Appels, L., Degreève, J., Van der Bruggen, B., Van Impe, J. and Dewil, R., 2010, Influence of low temperature thermal pre-treatment on sludge solubilisation, heavy metal release and anaerobic digestion, Bioresource technology, Vol.101(15), pp.5743-5748.*
- Apul, G. O. and Sanin F. D., 2009, Municipal sludge minimization: Evaluation of ultrasonic and acidic pretreatment methods and their subsequent effects on anaerobic digestion, Master Thesis.*
- Bougrier, C., Albasì, C. and Delgenès, J.P., 2005, Solubilisation of waste-activated sludge by ultrasonic treatment, Chemical Engineering Journal, Vol.106, pp.163-169.*
- Camcioğlu, Ş., 2010, Su Bazlı Boya Üretim Tesislerinin Atıksularının Arıtılmasında Genelleştirilmiş Minimum Değişmeli (Gmv) Algoritma İle pH Kontrolü, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*
- Devlieghere, F., Vermeiren, L. and Debevere, J., 2004, New preservation technologies: Possibilities and limitations, International Dairy Journal, Vol.14, pp.273-285.*
- Erden, G. ve Filibeli A., 2010, Kentsel nitelikli arıtma çamurlarının ultrasonik yöntemle ön arıtımı, İTÜ dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü, Vol.20(1), pp. 39-48.*
- Everett, J. G., 1973, Recent developments in heat treatments, J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 50/1, pp. 73-75.*
- Filibeli, A. ve Kaynak, G. E., 2006, Arıtma çamuru miktarının azaltılması ve özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan ön işlemler, İTÜ dergisi/e Su Kirlenmesi Kontrolü, Vol.16(1-3), pp. 3-12.*
- Gottschalk, C., Libra, J. A. and Saupe, A., 2000, Ozonation of Water and Wastewater, Wiley-VCH, Weinheim,*



- [http://www.jomueller.de/english/index\\_engl.html](http://www.jomueller.de/english/index_engl.html).
- Kepp, U. Machenbach, I., Weisz, N. and Solheim, O. E., 2000, *Enhanced stabilization of sewage sludge through thermal hydrolysis – 3 years of experience with full-scale plant*, *Water Sci. Technol.*, Vol.42 (9), pp.89-96.
- Kim, J.S., Park, C.H. and Kim, T.H., 2003, *Effects of various pretreatment for enhanced anaerobic digestion with waste activated sludge*, *J. Biosci. Bioeng.*, Vol.95, pp.271–275.
- Lai, T.E., Nopharatana, A., Pullammanappallil, P.C. and Clarke, W.P., 2001, *Cellulolytic activity in leachate during leach-bed anaerobic digestion of municipal solid waste*, *Biores. Technol.*, Vol.80, pp.205-210.
- Li, H., Jin, Y. and Mahar, R.B., 2008, *Effects and model of alkaline waste activated sludge treatment*, *Bioresour. Technol.*, Vol.99, pp.5140-5144.
- Müller, J. A., 2000, *Pretreatment processes for the recycling and reuse of sewage sludge*, *Water Science Technology*, Vol. 42/9, pp. 167-174.
- Müller, J.A., 2001, *Prospects and problems of sludge pre-treatment processes*, *Water Science Technology*, Vol.44(10), pp.121-128.
- Müller J.A., 2003, *Conditioning, thickening and dewatering of mechanically disintegrated excess sludge*, *Seperation Science and Technology*, Vol. 38/ 4, pp. 889-902.
- Müller J. A, Winter A. and Strümkann G., 2004, *Investigation and assessment of sludge pretreatment processes*, *Water Science and Technology*, Vol. 49/10, pp. 97-104.
- Neyens, E., Baeyens, J. and Dewil, R., 2004, *Advanced sludge treatment affects extracellular polymeric substances to improve activated sludge dewatering*, *J. Hazard. Mater.*, Vol.106, pp.83-92.
- Neyens, E., Baeyens, J. and Creemers, C., 2003, *Alkaline thermal sludge hydrolysis*, *J. Hazard. Mater.*, Vol.97, pp.295-314.
- Novak J.T. and Wilson C. A., 2009, *Hydrolysis of macromolecular components of primary and secondary wastewater sludge by thermal hydrolytic pretreatment*, *Water Research*, Vol.43(18), pp.4489-4498.
- Onyeche, I. T., 2003, *Advanced Anaerobic Digestion of Sludge through High Pressure Homogenisation*, *Journal of Solid Waste Technology and Management*, Vol.29(1), pp.56-61.
- Papasavva, S., Kia, S., Claya, J. and Gunther, R., 2002, *Life cycle environmental assessment of paint processes*, *J. Coat. Technol.*, Vol. 74, pp. 65-76.
- Phothilangka, P., Schoen M. A. and Wett, B., 2008, *Benefits and drawbacks of*



- thermal pre-hydrolysis for operational performance of wastewater treatment plants, Water Science Technology, Vol.8(58), pp.1547-53.*
- Rajan, R. V., Lin, J.G. and Ray, B. T., 1989, *Lowlevel chemical pretreatment for enhanced sludge solubilization, Res. J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 61, pp.1678-1683.*
- Ronja, B., 2008, *Enzymatic treatment of wastewater sludge in presence of a cation binding agent-improved solubilisation and increased methane production, Linkopings University, Sweden, pp.49-50.*
- Roxburgh R., Sieger R, Johnson B., Rabinowit, B., Goodwin S., Crawford G. and Daigger G., 2006, *Proceedings of the Water Environment Federation, WEFTEC 2006: Session 1-10 , pp. 506-525(20).*
- Ruffino, B. and Zanetti, M.C., 2010, *Reuse and recycling of automotive paint sludge: a brief overview, In: 2nd International Industrial and Hazardous Waste Management Conference, Crete October 2010.*
- Salihoglu, G. and Salihoglu, N.K., 2016, *A Review on Paint Sludge from Automotive Industries: Generation, Characteristics and Management, Environmental Engineering Department, Faculty of Engineering, Uludag University, Bursa, 16059, Turkey.*
- Salihoğlu, G. ve Akcan, E., 2016, *Otomotiv Endüstrisi Boya Çamurunda Ultrasonik Dezentegrasyonun Etkisi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Vol.21(2), pp. 219-225.*
- Spinosa, L. and Vesilind P. A., 2001, *Sludge into biosolids: processing, disposal and utilization, IWA Publishing, United Kingdom.*
- St. Louis, D.M., 1996. *Process for producing building materials from paint sludge, United States Patent No: 5,573,587 Nov. 12, 1996.*
- Tanaka, S., Kobayashi, T., Kamiyama, K. and Bildan, M.L., 1997, *Effects of thermochemical pre-treatment on anaerobic digestion of waste activated sludge, Water Sci. Technol., Vol.8, pp.209-215.*
- Tian, Y., Chen, L., Wu, M., Gao L., Michel, Jr. F. C. and Dick, W. A., 2015. *Windrow Composting of Waste Paint Sludge Containing Melamine Resins. Compost Sci. Util., Vol. 23, pp. 199-206.*
- Tian, Y.Q., Chen, L.M., Gao, L.H., Michel, F.C., Keener, H.M., Klingman, M. and Dick, W.A., 2012a. *Composting of waste paint sludge containing melamine resin and the compost's effect on vegetable growth and soil water quality. J. Hazard Mater, Vol. 243, pp. 28-36.*
- Tian, Y., Chen, L., Gao, L., Michel, Jr. F. C.,



- Wan, C., Li, Y. and Dick, W. A., 2012b. *Composting of waste paint sludge containing melamine resin as affected by nutrients and gypsum addition and microbial inoculation. Environ. Pollut., Vol. 162, pp. 129-137.*
- Ucisik, A. S. and Henze, M., 2008, *Biological hydrolysis and acidification of sludge under anaerobic conditions: the effect of sludge type and origin on the production and composition of volatile fatty acids, Water Research, Vol.42, pp.3729-3738.*
- Vranitzky, R. and Lahnsteiner, J., 2005, *Sewage sludge disintegration using ozone – A method of enhancing the anaerobic stabilization of sewage sludge, Va Tech Wabab, R&D Process Engineering, Siemensstrasse 89, A-1211 Vienna, Austria.*
- Wang, Q., Kuninobu, M., Kokimoto, K., Ogawa, H. I. and Kato, Y., 1999, *Upgrading of anaerobic digestion of waste activated sludge by ultrasonic pretreatment, Bioresource Technol., Vol. 68, pp.309-313.*
- Wawrzynczyk, J., Dey, E. S., Norrlov, O. and Jansen, J. I. C., 2003, *Alternative method for sludge reduction using commercial enzymes. In: Aqua Enviro Technology Transfer: Eighth CLWEM/Aqua Enviro European Biosolids and Organic Residuals Conference: Wakefield West Yorkshire UK, pp. 1–5.*
- Winter, A., 2002, *Minimisation of costs by using disintegration at a full-scale anaerobic digestion plant, Water Science and Technology, Vol.46(4-5), pp.405-412.*
- Yiying, J., Huan, L., Bux, M. R., Zhiyu, W. and Yongfeng, N., 2009, *Combined alkaline and ultrasonic pretreatment of sludge before aerobic digestion, Journal of Environmental Sciences, Vol. 21, pp.279-284.*
- Zhang, D., Yinguang, C., Zhao, Y. and Zhu, X., 2010, *New sludge pretreatment method to improve methane production in waste activated sludge digestion, Environmental Science and Technology, Vol.44, pp.4802-4808.*





## YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Fehiman Çiner

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,  
Niğde.

fciner@ohu.edu.tr

**Özet:** Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, bir ürünün veya üretim sisteminin hammadde eldesinden, üretimi, kullanımı ve bertarafı sırasında çevreye ve doğal kaynakların kullanımına yönelik etkilerini modelleyen sistematik bir yaklaşımdır. Yaşam döngüsü değerlendirilmesi ile bir ürünün üretiminde kullanılan hammadde, su ve enerji tüketim miktarları ve tüm yaşam ömrü boyunca neden olduğu çevresel etkiler belirlendiğinden, riskler ve fırsatlar bütünsel bir bakış açısı içerisinde ele alınabilmektedir. Günümüzde, işletme ve şirketlerin çoğu, çevre performanslarını geliştirmek için çeşitli kavram ve araçları birleştirmekte ve yaşam döngüsü değerlendirmesini içine alan yeni uygulamalar kullanmaktadır. Bu çalışmada, sürdürülebilir kalkınma aracı olan yaşam döngüsü değerlendirilmesi, metodolojisi ve uygulama örnekleri ele alınacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Çevre yönetim sistemi, ISO 14040, Sürdürülebilir kalkınma, Yaşam döngüsü değerlendirilmesi.

## LIFE CYCLE ASSESSMENT AND ITS APPLICATIONS

**Abstract:** Life cycle assessment can be defined as a systematic approach that models the effects of a product or a production system from obtaining the raw material to the production, usage and disposal of material. By help of life cycle assessment, raw materials, water and energy consumption used in the production of a product, and the environmental impacts that are caused throughout its lifetime, risks and opportunities can be considered from a holistic point of view. Today, the majority of businesses and companies combine various concepts and use new applications including life cycle assessment for improving their environmental performance. In this study, life cycle assessment as the sustainable development tools, its methodology and applications will be discussed.

**Keywords:** Environmental management system, ISO 14040, Sustainable development, Life cycle assessment.

### 1. GİRİŞ

Dünya'da hızla gelişmekte olan teknoloji ile birlikte ortaya çıkan ihtiyaçlar ekolojik dengenin bozulmasına ve doğal kaynakların

tükenmesine yol açan birçok çevresel etkiyi de beraberinde getirmektedir (Kılıç, 2017). Küresel ölçekte önemli bir sorun olan çevre kirliliği arttıkça,



sektörler ürettikleri ürün ve hizmetlerin çevresel etkilerini değerlendirmeye ve çevresel yük yaratan kaynakların bir sistem dahilinde tespit edilmesine yönelik çalışmalar yapmaya başlamışlardır (Ceylan, 2014). Bu çalışmalar, bir ürün veya hizmetin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi, kamuda ve özel sektörde stratejik planlanması, çevresel performans göstergelerinin dikkate alınması ve pazarlama araçlarının geliştirilmesi için yönetim sistemleri gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Elkington, 1993). Bu kapsamda farklı sektörlerdeki kuruluşlar, ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) Standardları serisini benimsemişlerdir. Bu standartlar, kuruluşlara çevre yönetimi konusunda yol gösterici ve sınırlandırıcı özellikte olup küreselleşen dünyada çevre konusunda ortak bir dil oluşturmaya çalışmaktadır (Ceylan, 2014).

Çevresel etkilerin azaltılması ancak doğru şekilde yapılan değerlendirmeler ile gerçekleştirilebilir. Bu etkileri ortaya çıkaran en iyi yöntemlerden birisi de ürün veya süreçlerin tüm yaşam evrelerini kapsayan yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) metodolojisidir (Kılıç, 2017). YDD, kullanılan hammadde, imalat, dağıtım, kullanım,

geri dönüşüm veya atık aşamalarında yani yaşam döngüsündeki tüm aşamalarda girdi ve çıktılarının çevresel etkilerinin sistematik olarak değerlendirilmesini sağlayan bir araçtır. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, “beşikten mezara analiz”, “yaşam döngüsü analizi”, “ekolojik dengeleme”, “yaşam döngüsü envanteri”, “materyal akış analizi” gibi değişik başlıklar altında anılmaktadır (Gündüz Balpetek vd., 2012).

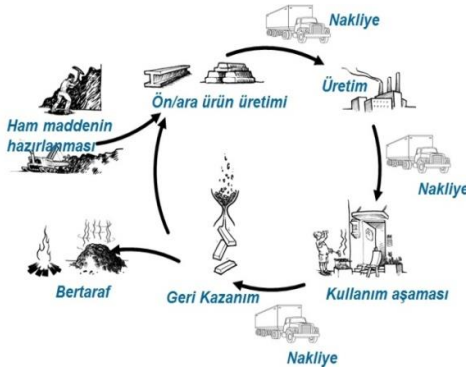
YDD, hammaddenin çıkarılmasından üretim, kullanım, imha ve geri dönüşüm safhalarına kadar bir ürünün yaşam döngüsü boyunca kullanılan kaynakların potansiyel çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılan sistematik bir yaklaşımdır (Vieira et al., 2016). Dolayısı ile sosyal, ekonomik ve çevresel boyutları ile kalkınma süreçlerine yeni bir bakış açısı getiren sürdürülebilir kalkınmayı sağlayacak önemli araçlardan biridir. Doğal kaynakları tüketmeden ve çevreye zarar vermeden endüstriyel gelişmenin programlanmasını ve gelecek kuşaklara yaşanabilir bir dünya bırakacak stratejilerin geliştirilmesini içermektedir (Gündüz Balpetek vd., 2012).



Bu çalışmada, sürdürülebilir kalkınma aracı olan yaşam döngüsü

## 2. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

YDD, tüm dünyada kullanılan, ISO 14040 serisinde ayrıntılı biçimde tanımlanmış ve standardize edilmiş bilimsel bir analiz metodudur. YDD, bir eylemin tüm çevresel boyutlarını; bir ürünün hammaddesinin elde edilişi, üretimi, nakliyesi, kullanılması, bertarafı aşamalarında (Şekil 1) çevreye olacak etkilerini hesaplamakta, üretimin sorunlu noktalarını saptamakta sorunların kaynağına inmekte kullanılan bir araç niteliği taşımaktadır (Tatar, 2013).



Şekil 1: Yaşam döngüsü aşamaları

Yaşam döngüsüne yönelik ilk fikirler 1960'lı yıllarda enerjinin etkin kullanımı, hammadde tüketimi ve atık maddeler gibi çevre sorunlarıyla ilgili veri çalışmalarıyla başlamış ve bu

değerlendirmesi, metodolojisi ve uygulama örnekleri ele alınacaktır.

çalışmalar 1980'li yılların sonunda hızlanmıştır (Gültekin ve Çelebi, 2016). YDD 90'lı yılların başından bu yana karmaşık karar verme süreçlerinde gittikçe daha sık başvurulan ve sürekli geliştirilen bir yöntemdir. YDD, ürün ve proses geliştirme, eko-verimlilik, eko-etiket, karbon ayakizi veya çevresel ürün deklarasyonları gibi birçok çalışmada önemli bir araçtır (Aydın, 2016). 1990'ların sonlarında ISO, ISO 14000 Çevre Yönetim Standartlarına yardımcı olacak yaşam döngü analizlerinde, ISO 14040 serilerini yayınlamıştır (Çokaygil, 2005).

YDD, hem doğrudan (üretim aşamasında oluşan emisyonlar ve kullanılan enerji v.b.) hem de dolaylı (hammadde eldesi, ürünün dağıtılması, tüketici tarafından kullanılması ve bertarafı v.b.) etkileri belirlemek ve ölçmek için kullanılmaktadır. Endüstriyel faaliyetler sonucu havaya, suya ve toprağa verilen kirleticilerin kontrol altına alınması, insan sağlığı ve ekosistemin korunması amacıyla gereklidir. YDD ile bir ürünün üretiminde kullanılan hammadde, su ve enerji tüketim miktarları ve tüm yaşam ömrü boyunca neden olduğu çevresel



etkiler belirlendiğinden, riskler ve fırsatlar bütünsel bir bakış açısı içerisinde ele alınabilmektedir. Bu bağlamda, YDD ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan en etkin sistemlerin seçilebilmesi için risk analizi ile birlikte alternatiflerin oluşturulmasını ve optimum uygulamaların belirlenmesini sağlayacaktır (Gündüz Balpetek vd., 2012).

### **2.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Metodolojisi**

TS EN ISO 14040 ve 14044 standartlarına göre gerçekleştirilen bir YDD çalışması 4 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar, (i) Amaç ve Kapsam Tanımı, (ii) Envanter Analizi, (iii) Etki Değerlendirmesi ve (iv) Yorumlama'dır (Demirer, 2011; Alkaya vd., 2012; Polat and Bektaş, 2015).

YDD çalışmasının ilk aşaması olan "*Amaç ve Kapsam Belirleme*", yapılacak çalışmanın amacını ve yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkacak olan çevresel etkilerin karar verme sürecine nasıl katılacağına dair yöntemin belirlendiği aşamadır. Karar verme sürecinde katkı sağlayacağına inanılan bilgilerin türleri, katkı sağlayacak sonuçların ne kadar kesin

olması gerektiği, sonuçların anlamlı ve kullanılabilir olmasını sağlamak için nasıl yorumlanması ve sunulması gerektiği gibi hususlar bu aşamada netleştirilmelidir (Demirer, 2011).

İkinci aşama olan "*Envanter Analizi*" ham verilerin toplandığı ve analiz edildiği oldukça zaman ve emek gerektiren bir bölümdür. Envanter Analizi, söz konusu ürünün yaşam döngüsü boyunca kullanılan girdiler (hammadde, su, enerji vb.) ile kullanım sonrası oluşan çıktılar (emisyon, yan ürün, atık vb.) ortaya koyulduğu kısımdır. Bir YDD çalışmasının yaşam döngüsü envanteri aşamasında, bütün ilgili veriler toplanır ve organize edilir. Yaşam döngüsü envanteri (YDE) olmadan karşılaştırmalı çevresel etkiler veya bunlardaki potansiyel değişiklikler belirlenemez. Toplanan verilerin detayları ve doğruluk düzeyi YDD çalışmasının diğer aşamalarının doğruluğunu ve sonuçların kullanılabilirliğini doğrudan etkiler (Demirer, 2011).

YDD çalışmasının üçüncü aşaması olan "*Etki Değerlendirmesi*" bölümü, Envanter Analizi sonucu oluşturulan verilerin kullanılması sonucunda ürünün Amaç ve Kapsam Tanımı



bölümünde tanımlanan çevresel etki kategorilerinin (iklim değişikliği, asidifikasyon, ötrofikasyon, kanserojen etki vb.) belirlendiği ve tartışıldığı bölümdür (ISO, 2006).

Çalışmanın son kısmı olan *Yorumlama* bölümünde söz konusu ürünün/hizmetin çevresel etkileri değerlendirilmektedir. Ürünün/hizmetin yaşam döngüsü boyunca neden olduğu en önemli çevresel etkiler bu bölümde ele alınarak özellikle hangi süreçlerin bu etkileri doğurduğu ortaya çıkartılmaktadır (Alkaya vd., 2012).

## **2.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Kullanım Alanları**

YDD'nin başlıca kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Cooper ve Fava, 2006):

- Belirli bir ürünle ilgili problemlerin analiz edilmesi,
- Ürün geliştirmesi için yapılacak bir çalışmayı etkileyen önemli parametrelerin belirlenmesi, yeni ürün tasarımı,
- Birbirleri ile benzeşen ürünler, prosesler ve hizmetler arasında seçim yapılması.

YDD kullanıcıları ile yapılan bir anketin sonuçlarına göre YDD'nin başlıca kullanım alanları arasında iş geliştirme stratejileri (%18), araştırma ve geliştirme (%18), ürün ya da süreç tasarımı (%15) ve eko-etiket ya da ürün deklarasyonları (%11) yer almıştır (Demirer, 2011; Aydın, 2016).

YDD'nin özellikle kullanıldığı alanlarından birisi de gerek kamu gerek özel sektörde görülen yeşil satın alma uygulamalarıdır. Bu tür satın alma uygulamalarının doğal kaynak kullanımı ve çevresel etkiler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilebilmesi, var olan alternatiflere yönelik bir YDD çalışması yapılması ile mümkün olabilmektedir (Demirer, 2011).

YDD, ürünlere ve süreçlere ilişkin yukarıda özetlenen alanlarda doğrudan kullanılabileceği gibi, daha genel yaklaşımlı çalışmalar için de kullanılabilir. Ürün ve hizmet eldesi süreçlerinin tasarımı, iyileştirilmesi, optimizasyonu gibi iş geliştirme stratejileri, üretim ve tüketim alanlarındaki kamu politikalarının geliştirilmesi bu kapsamda değerlendirilebilir.



### 2.3. Yaşam Döngüsü Düşüncesi

Yaşam döngüsü düşüncesi 6 R felsefesine dayanmaktadır:

**Re-think (yeniden etraflıca düşünmek):** Ürün ve işlevi hakkında detaylı analiz yapmak,

**Re-duce (azaltmak):** Hammadde ve enerji sarfiyatını yaşam döngüsü boyunca azaltmak,

**Re-place (yerini değiştirmek/ikame):** Zararlı maddeler yerine daha az zararlı olanları kullanmak,

**Re-cycle (geri dönüşüm):** Geri kazanılabilecek materyallerin seçimi,

**Re-use (yeniden kullanım):** Ürünün tekrar kullanılabilecek şekilde üretilmesi,

**Re-pair(onarmak):** Onarıma (tamire) uygun üretmek,

şeklinde sıralanır (butekom.pdf).

### 3. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ İLE İLGİLİ ÖRNEK UYGULAMALAR

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin farklı sektördeki uygulamalarına ilişkin kısa örnekler aşağıda sunulmaktadır.

### Örnek 1. Evsel Katı Atık Yönetimi Metotlarının Yaşam Döngüsü Analizi

Bu çalışmada Ankara için çevresel etkileri en düşük ve en ekonomik evsel katı atık yönetim opsiyonunu belirlemek amacıyla, evsel katı atık yönetimine ilişkin çeşitli metotlar Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) yapılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen senaryolar evsel katı atıkların toplanması, taşınması, kaynakta ayrı toplanması, transfer istasyonlarında ayrıştırılması ile yakma, anaerobik bozundurma ve düzenli depolama süreçlerini içermiştir.

IWM 1 (Integrated Waste Management-Entegre Atık Yönetimi) modeli kullanılarak gerçekleştirilen çalışmanın etki değerlendirmesi bölümünde -Nordic Council of Ministers tarafından belirlenen ağırlık faktörleri kullanılmıştır. Senaryolar yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı, ortaya çıkan tehlikeli ve tehlikeli olmayan atıklar, küresel ısınma potansiyeli, asidifikasyon, ötrofikasyon ve toksisite potansiyeli bazlarında karşılaştırılmıştır.

YDA sonuçlarına göre, kaynakta ayrıştırmayı içeren senaryonun



çevresel etkiler ve enerji kullanımı bazında en uygun yöntem olduğu, yakmayı içeren senaryonun en yüksek maliyet ve toksisiteye karşılık geldiği ve anaerobik bozundurmaya içeren senaryonun en düşük küresel ısınma potansiyeline yol açtığı bulunmuştur (Demirer, 2011).

### **Örnek 2. Çimento Üretimini Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Analizi**

Bu çalışmada, Türk Çimento Sektörü kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının hesaplanması amacıyla YDA tatbik edilmiştir. Çalışma kapsamında, YDA'nın temel aşaması kabul edilen envanter analizine ağırlık verilmiş, ulaşılabilir verilerin yetersizliği sebebiyle etki değerlendirmesi yapılmamıştır. CEM-I tipi çimento üretimi sırasında beşikten-kapıya (cradle-to-gate) kadar kullanılan ham madde ve enerji girdileri ile açığa çıkan CO<sub>2</sub> emisyonları sistematik bir şekilde hesaplanmıştır. Benzer bir yol izlenerek, farklı oranlarda (%10, %20, %30 ve %40) uçucu kül içeren katkı çimento türleri için de bir analiz yapılmıştır. Sonuçlar bir ton çimento (CEM-I ve uçucu kül katkı çimento tipleri için) başına düşen CO<sub>2</sub> emisyon

(kg-CO<sub>2</sub>/ton.çimento) miktarı olarak ifade edilmiştir. Son olarak, çimento sektörünün sürdürülebilirliğinin artırılması için alternatif malzemelerin (uçucu kül gibi) kullanılmasına ilişkin farklı yaklaşımlar sunulmuştur. Karbon dioksit emisyonları hesaplanırken, ISO 14040 (ISO, 2006) standartlarının tavsiye ettiği YDA metodolojisi tatbik edilmiştir.

YDA sonuçlarına göre Türkiye'de bir ton CEM-I tipi çimento üretimi sırasında 1,165 kg CO<sub>2</sub> açığa çıkmaktadır. Toplam CO<sub>2</sub> emisyonların yaklaşık %94'u klinkerin pişirilmesi ve kalsinasyon kaynaklıdır. Bu rakamı yakıt, hammadde ve klinkerin öğütülmesinde kullanılan elektrik kaynaklı emisyonlar (toplamın %5'i) izlemektedir. Geri kalan % 1 ise hammaddenin ocaktan çıkarılması, kamyonla taşınması, malzemelerin fabrika içinde konveyörlerle taşınması ve klinkerin soğutulması süreçlerinden kaynaklanmaktadır (Gürsel ve Meral, 2012).

### **Örnek 3. Tekstil Ürünlerinin Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Analizi**



Bu çalışmada, YDD yöntemi kullanılarak % 100 pamuklu tek kişilik bir çarşaf incelenmiştir (Çiner and Aydın, 2016). Çalışmada 1 kg ağırlığındaki standart tek kişilik çarşafın kapıdan-mezara (gate to gravel) kadar geçirdiği tüm evreler pamuğun firmaya girmesinden atık haline gelene kadar SimaPro 8.0.4 yazılımı CML-IA baseline metodu kullanılarak incelenmiş ve sayısal veriler elde edilmiştir. %100 pamuklu tek kişilik boyalı çarşafın en büyük çevresel etkilerinin çarşafın üretimi aşamasında boya terbiye prosesinden kaynaklandığı ve bu prosese en büyük etkiyi de boyama işleminde kullanılan vinil sülfonil grubu boyaaların yol açtığı anlaşılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda ürünün tekstil ürünü olmasından dolayı kullanım aşamasındaki çevresel etkisinin üretim aşamasındaki etkisinden daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum, ürünün bir tekstil ürünü olması ve yıkama ile yeniden kullanımının birçok kez gerçekleşmesi nedeniyle kaynaklanmaktadır. Üretim aşamasında orta nokta zarar sınıfına göre en büyük etkinin boya terbiye ve boyama aşamasında olduğu görülmüştür. Belirlenen etki

kategorilerine göre, “ozon tabakasının incelenmesi” ve “insan sağlığı toksisitesi” kategorileri dışında tüm kategorilerde yıkama aşaması birinci sırada yer almaktadır. “Ozon tabakasının incelenmesi” kategorisinde üretim aşamasının etkili olmasının sebebi boya terbiye prosesi ve haşılama prosesinden kaynaklı emisyon değerleridir. Tüm etki kategorilerinde boya terbiye prosesinin dokuma prosesine göre çok daha fazla etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

#### **Örnek 4. Farklı Asfalt Tiplerinin Yaşam Döngüsü Analizi**

Farklı asfalt tiplerinin (en yaygın olarak kullanılan Tip-1, Tip-5 ve binder tipi asfalt üretiminin) yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapıldığı bu çalışmada, karbon miktarları ve kaynakları, Impact 2002+ veri tabanına sahip lisanslı SimaPro 7.2 bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Çalışmada fonksiyonel birim olarak 1 ton asfaltın kapıdan-kapıya (gate to gate) üretim aşaması incelenmiş ve sayısal veriler elde edilmiştir. Burada, en az çevresel etki yapacak asfalt tipinin belirlenmesi ile asfalt içerisinde bulunan herhangi bir malzemenin değiştirilmesi sonucunda bunun





çevresel etkide (ekotoksosite, karbon salınımı vb.) oluşturacağı artış veya azalış belirlenmiştir. Farklı asfalt tiplerinin üretimlerinin çevresel etkileri karşılaştırıldığında Tip-5 asfalt üretimi süreci Binder ve Tip-1 asfalt üretim sürecinden daha fazla çevresel etki yaratan asfalt üretim süreci olarak görülmektedir. Binder ve Tip-1 asfalt üretim süreçleri karşılaştırıldığında ise binder asfalt üretiminin çevresel etkilerinin Tip-1 asfalt üretiminden daha az olduğu görülmektedir. Üç farklı asfalt üretim sürecinin CO<sub>2</sub> salınımlarının değerlendirilmesi sonrası çevresel etkisi en fazla olan asfalt üretim sürecinin Tip-5 olduğu belirlenmiştir. En az çevresel etkiye sahip süreç ise binder tip asfalt üretim süreci olup, yapılan karşılaştırmaya göre, üç farklı asfalt ürünü arasında, asfalt üretiminde daha az bitüm kullanıldığında, çevresel etkilerin ortalama % 10 oranında azaltılabileceği bulunmuştur. Aynı zamanda, bitümün ısıtıldığı bağlayıcı tipi asfalt üretiminde de karbon emisyonunun % 5 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Polat ve Bektaş, 2015).

#### 4. SONUÇ

Son yıllardaki tüketici eğilimleri incelendiğinde çevreye saygılı ürünlerin artan talep gördüğü dikkat çekmektedir. Bilinçli tüketici doğaya zararlı olmayan ürünleri tercih etmektedir. Firmalar yaşam döngüsü değerlendirmesi konusunda yapacakları çalışmalar ile materyal, işçilik, enerji gibi girdileri optimize ederek para ve zamandan tasarruf sağlarken, pazarlama stratejilerinde yeni trendlerden faydalanarak üretim süreçlerinde çifte katma değer getirisi elde edeceklerdir. Bu sırada ekolojik dengenin korunmasına yapılacak katkı ile de sosyal sorumluluk anlayışı içinde hareket etmiş olacaklardır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile sınırlı olan doğal kaynakların etkin kullanımı, atık yönetimi, enerji verimliliği ve endüstrilerin çevre yüklerinin azaltılması konusunda farkındalık kazandırmaya yönelik çalışmalara bir çerçeve oluşturulmaktadır. Üretim ve tüketimin artması ile birlikte gündeme gelen sorunları çözmeye yardımcı olacak sürdürülebilir kalkınma gerçeklerine hizmet etmektedir. Şu an gönüllülük esasına dayanmakla birlikte birçok ülke uygulamaları hızla artmaktadır. Yaşam Döngüsü



Değerlendirmesinin işletmelerde kullanılması ile ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan birçok fayda sağlanacaktır.

## KAYNAKLAR

- Alkaya, E., Böğürücü, M. ve Ulutaş, F., 2012, *Yaşam Döngüsü Analizi ve Bina Isı Yalıtım Malzemeleri için Uygulamalar, Çevre Bilim & Teknoloji, Cilt 3(4), s.261-274.*
- Aydın, S., 2016, *Pamuklu Ev Tekstil Ürünlerinin Üretim Süreçleri ve Nihai Ürünlerin Yaşam Döngüsünün Değerlendirilmesi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*
- Butekom, 2018, *Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, www.butekom.org/Data/SayfaEk/4db1810c-1847-4b7d-af45-1cc747d7ec11.pdf, Erişim Tarihi: 07.03.2018.*
- Ceylan, A., 2014, *Bakır Boru Üretiminin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*
- Çiner, F. and Aydın, S., 2016, *Life Cycle Assessment of Cotton Home Textile Products, 3rd International Conference on Recycling and Reuse, 28-30 September 2016, İstanbul, Full Text Proceedings, ISBN: 978-605-07-0605-5, pp.136-140.*
- Çokaygil, Z., 2005, *Atık Yönetimi Planlamasında Yaşam Döngüsü Analizi”, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*
- Demirer, G., 2011, *Yaşam Döngüsü Analizi, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları, Çağlayan Y., ISBN: 978-975-6180-42-6, Ankara.*
- Elkington, J., 1993, *Cannibals with Forks – The Triple Bottom Line of 21st Century Business, New Society Publishers, Canada.*
- Gündüz Balpetek, F., Alay, E. ve Özdoğan, E., 2012, *Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Tekstil Sanayi, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 6(2), s. 37-49.*
- Gültekin, A.B. ve Çelebi, G., 2016, *Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt 3, s.1-36.*
- Gürsel, A.P. and Meral, Ç., 2012, *Türkiye’de Çimento Üretiminin Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Analizi, 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 13-16 Eylül 2012, İYTE, Urla-İzmir.*



*ISO, 2006, Environmental Management Life Cycle Assessment – Requirement and Guidelines, International Organization for Standardization.*

*Kılıç, E. E., 2017, Bir Araç Koltuğunun Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.*

*Polat Ö. and Bektaş N., 2015, Life Cycle Assessment of Asphalt Pavement Product, Sustainable Environmental Research, Vol. 25(5), pp. 275-281.*

*Tatar, Y., 2013, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment, LCA) Perspektifinden Genel Bakış, Sürdürülebilirlik Serisi, 7.*

*Vieira, D.R., Calmon, J.L. and Coelho, F.Z., 2016,. Life Cycle Assessment (LCA) Applied to the Manufacturing of Common and Ecological Concrete: A review, Construction and Building Materials, Vol. 124, pp. 656-666.*



## SO<sub>2</sub> VE NO<sub>x</sub> KONSANTRASYONLARI VE SUCUL ORTAMLARA ETKİLERİ

Mehmet Ferhat SARI<sup>1</sup>, Fatma ESEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa

031250041@ogr.uludag.edu.tr, payan@uludag.edu.tr

**Özet:** Bursa Sanayileşmenin ve hızlı nüfus artışının görüldüğü kentlerden birisidir. Bu sebeple hava kirliliği kent için önemli çevre problemlerindedir. Çalışmada, klasik hava kirleticilerden olan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub>'lerin Bursa atmosferindeki konsantrasyon seviyeleri ve sebep oldukları asit yağmurlarının yüzeysel su ve bu sulara yaşayan canlılar üzerindeki etkilerinin önemi irdelemiştir. Bursa İlinde bulunan Uludağ Üniversitesi, Kestel, İnegöl, Kültürpark, Bursa ve Beyazıt ölçüm istasyonlarında 1 Ocak 2016 – 31 Aralık 2016 tarihleri arasında ölçülen kirleticilerin konsantrasyon değerleri dikkate alınmıştır. Uludağ Üniversitesi, Kestel, İnegöl, Kültürpark, Bursa ve Beyazıt İstasyonları'nda ölçülen yıllık SO<sub>2</sub> konsantrasyonları sırasıyla 7±3, 24±7, 23±7, 7±4, 6±4 ve 12±5 µg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Ölçüm istasyonlarında elde edilen SO<sub>2</sub> konsantrasyon değerleri Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY)'de yer alan yıllık 20 µg/m<sup>3</sup> olan sınır değerini Kestel İstasyonu ve İnegöl İstasyonunda aştığı görülmektedir. Uludağ Üniversitesi, Kestel, İnegöl, Kültürpark ve Beyazıt İstasyonları'nda yıllık NO<sub>x</sub> konsantrasyonları sırasıyla 50±31, 53±23, 31±10, 83±8 ve 169±71 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Ölçülen NO<sub>x</sub> konsantrasyon değerleri HKDYY'de yer alan 30 µg/m<sup>3</sup> sınır değeri tüm ölçüm istasyonlarında aştığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarının Bursa atmosferinde asit yağmurlarına etkilerinin daha fazla olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Asit yağmurları, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub> oranı.

## SO<sub>2</sub> AND NO<sub>x</sub> CONCENTRATIONS AND THEIR EFFECTS ON AQUATIC ENVIRONMENTS

**Abstract:** Bursa is one of the cities where industrialization and rapid population growth is observed. Therefore air pollution is an important environmental problem for the city. In the study, the concentration levels of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> from the classical air pollutants in the Bursa atmosphere and the effects of the acid rain that they cause on the surface water and the living creatures in these waters are discussed. Concentration values of pollutants measured between January 1, 2016 - December 31, 2016 at Uludag University, Kestel, Inegöl, Kültürpark, Bursa and Beyazıt measuring stations in Bursa were taken into consideration. The annual SO<sub>2</sub> concentrations measured in Uludag University, Kestel, İnegöl, Kültürpark, Bursa and Beyazıt stations were determined 7±3, 24±7, 23±7, 7±4, 6±4 and 12±5 µg/m<sup>3</sup>, respectively. The SO<sub>2</sub> concentration values obtained at the measurement stations are seen to be exceeded at the stations at Kestel Station and Inegöl Station, which have the annual value of 20 µg / m<sup>3</sup> in the Air Quality Assessment and Management Regulation (AQAMR). The annual NO<sub>x</sub> concentrations measured at Uludağ University, Kestel, Inegöl, Kültürpark and Beyazıt stations were 50±31, 53±23, 31±10, 83±8 and 169±71 µg/m<sup>3</sup>, respectively. The measured NO<sub>x</sub> concentration values exceed the limit value of 30 µg / m<sup>3</sup> at AQAMR at all measuring stations. As a result, NO<sub>x</sub> concentrations are thought to be more effective on acid rain in the Bursa atmosphere.



**Keywords:** Acid rains, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, ratio of NO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub>

## KISALTMA VE SEMBOLLER

### Kısaltmalar

SO <sub>2</sub>	Kükürt dioksit
CO	Karbon monoksit
NO <sub>x</sub>	Azot oksitler
PM	Partükül madde
HK	Hidrokarbonlar
US-EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
NAAQS	Ulusal Hava Kalitesi Standartları
CAA	Temiz Hava Yasası
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Sülfat iyonu
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat iyonu
NH <sub>3</sub>	Amonyak

### Semboller

µg	Mikrogram
m <sup>3</sup>	Metreküp

## 1. GİRİŞ

Hava kirliliği insan sağlığı üzerinde büyük etkisi olan faktörlerden biridir (Contreras and Ferri, 2016). Hava kirliliği, kentlerdeki endüstrilerin artması ve fosil yakıt kullanımına bağlı olarak hızla artmaktadır (Xiao et al., 2013). Kentsel alanlardaki kirlenici emisyonlarındaki ve hava kirliliğindeki artış, dünya çapında artan bir çevre sorunudur. Kirlenici

konsantrasyonlarının yüksek olması hastalıkların ve ölüm oranlarının artmasına neden olmaktadır (Pesic et al., 2016). Büyük şehirlerdeki hava kirliliği sorunları, topografya, demografi, meteoroloji ve sanayileşme seviyesi gibi bir dizi faktörden etkilenmektedir (Sindosi et al., 2003). Atmosfere antropojenik aktiviteler sonucu deşarj edilen klasik hava kirlenicilerinden bazıları; kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO), azot



oksitler (NO<sub>x</sub>), partikül madde (PM) ve hidrokarbonlar (HK)'dır (Erbaşlar ve Taşdemir, 2007). Klasik hava kirleticilerinin halk sağlığına ve çevreye zararlı olabilecek düzeydeki seviyeleri öncelikle Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US-EPA) tarafından düzenlenmiş ve Ulusal Hava Kalitesi Standartları (NAAQS) Temiz Hava Yasası'nda (CAA) belirlenmiştir (Guo et al., 2017).

Atmosferdeki toplam emisyonların yaklaşık %80'i otomobil taşımacılığından kaynaklanmaktadır (Bespalov et al., 2016). Trafikten kaynaklanan hava kirliliği, özellikle solunum yolu hastalıklarına bağlantılı olmakla birlikte trafiğin fazla olduğu alanlarda yaşamak, artan solunum yolu hastalığına neden olmaktadır (Çakmak vd., 2016). Daha önce yapılmış birçok araştırma, son yıllarda hava kirliliğinin insan sağlığı açısından son derece önemli bir çevresel risk teşkil etmeye başladığını ortaya koymaktadır (Zhang et al., 2017; WHO, 2014).

Oda sıcaklığında SO<sub>2</sub>, yanıcı olmayan, suda kolayca çözünen, güçlü keskin bir kokuya sahip renksiz bir gazdır (Ge et al., 2017). Çoğu kirletici gibi SO<sub>2</sub>'nin hem doğal hem de antropojenik

kaynakları bulunmaktadır. Volkanik patlamalar, deniz tuzu emisyonları ve diğer kükürt gazlarının oksidasyonu doğal kaynaklara, kömürün ve biyokütlenin yakılması ile endüstriyel diğer yakma prosesleri antropojenik kaynaklara örnek verilebilir (Ray and Kim, 2014). Kükürt içeren fosil yakıtların yanmasıyla enerji santrallerinde %73 ve diğer sanayi tesislerinde %20 oranında SO<sub>2</sub> atmosfere serbest halde bırakılır (Ge et al., 2017). NO<sub>x</sub>'lerin doğal kaynakları bakteri faaliyetleri, antropojenik kaynakları ise ulaşım, endüstriyel faaliyetler ve yakma işlemleridir (Erbaşlar ve Taşdemir, 2007).

Yağmur, su birikimlerini ve yer altı su sistemlerini dolduran en önemli kaynaklardan birisidir. Tatlı su kaynakları, insanların başlıca içme suyu ve diğer kullanımlar için su sağlamaktadır. Bu suyun fiziksel veya kimyasal yapısındaki herhangi bir değişiklik insanlar üzerinde olumsuz sağlık etkilerine neden olmaktadır (Singh et al., 2016). Yağış, kar, partikül madde, gaz ve buhar olarak yeryüzünü etkileyen asidik yapılı bileşenlerin atmosferik birikimi asit yağmuru olarak karışımıza çıkmaktadır (Burns et al., 2016). Bu terim ilk olarak 1845 yılında



Ducros, asit yağmurları ve insanlar üzerindeki potansiyel etkileri ile ilgili çalışmaları ise 1872 yılında İngiliz kimyager Robert Angus Smith tarafından yapılmıştır (Menz and Seip, 2004). 1950'lerin ortasında bilim adamları, asit yağmuru yağışlarının toprak ve göllerin asitleşmesinin etkilerini analiz ederek, asit yağmuru nedeninin aminoasitlerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. 1970'lere gelindiğinde dünyadaki bazı ülkeler asit yağmurlarının ormanların bozulmasıyla yakından ilişkili olduğunu fark etmeye başlamışlardır (Zong-Jie et al., 2017). Günümüzde ise asit yağmurlarının insan faaliyetleri sonucu atmosfere verilen  $SO_2$ ,  $NO_x$  ve amonyak ( $NH_3$ )'tan kaynaklandığı bilinmektedir (Hordijk and Kroeze, 1997).

Asit yağmurları yeraltı ve yerüstü sularına karışarak bu ortamları asitleştirirler. Su ortamında ilk olarak asiditeye toleransı olmayan böcekler ve otlar ölür, asiditeye az toleranslı olan alabalık, levrek ve midyeler ise olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu canlılar öldükten sonra sudaki oksijen ile reaksiyona girerek su ortamındaki oksijen derişimini azaltarak ortamın anaerobik olmasına, böylelikle alg

patlamalarına neden olmaktadır (Kant and Kızıloğlu, 2003).

Bu çalışmanın amacı, Bursa atmosferindeki klasik hava kirleticilerinden  $SO_2$  ve  $NO_x$ 'lerin konsantrasyon değerlerini ortaya koyarak Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY)'nde yer alan limit değerler ile karşılaştırmak ve asit yağmurlarının yüzeysel su ve bu sularda yaşayan canlılar üzerindeki olumsuz etkilerini irdelemektir. Hesaplamalarda 1 Ocak 2016 – 31 Aralık 2016 tarihleri arasında Bursa'daki ölçüm istasyonlarında ölçülen kirleticilerin saatlik, aylık, mevsimlik ve yıllık konsantrasyon değerleri kullanılmıştır. Ayrıca emisyon kaynaklarını belirlemek amacıyla kullanılan ve basit bir indeks olan  $NO_x/SO_2$  oranı hesaplanıp yorumlanmıştır. Son olarak istasyonlarda ölçülen  $NO_x$  ve  $SO_2$  konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacıyla lineer regresyon yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Örnekleme Bölgeleri

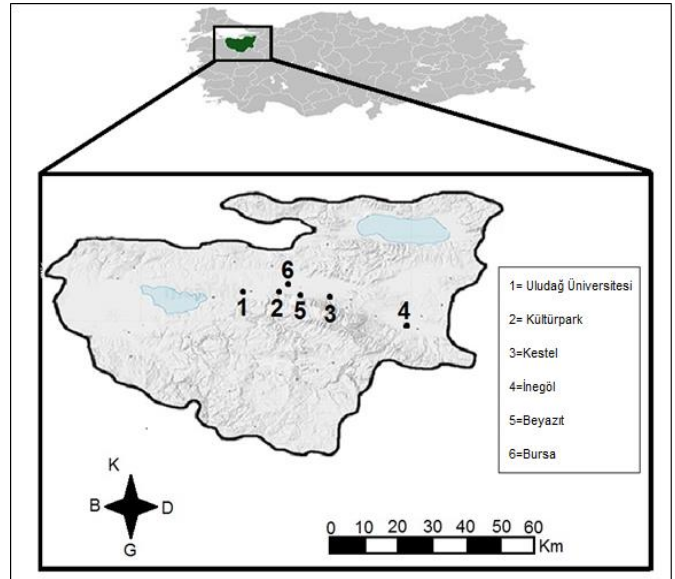
2016 yılı nüfus sayımına göre toplam nüfusu 2.901.396 olan Bursa, 40°



boylam ve 28-30° enlem daireleri arasında yer almaktadır. Ege ve Marmara bölgeleri arasında bir geçiş alanında yer aldığından Bursa'nın iklimi bölgelere değişiklik göstermektedir. Kuzeyde; Akdeniz ikliminin Marmara kıyılarına özgü tipi etkili olurken güney ve iç kesimlerde; İç Batı Anadolu'nun karasal iklimi etkili olmaktadır. Doğal bitki örtüsü açısından zengin bir il olan Bursa, yüzölçümünün yaklaşık %40'ı ormanlık alanlarla kaplıdır. Şehrin en soğuk ayları Şubat-Mart, en sıcak ayları ise Temmuz-Eylül'dür.

2005-2007 yılları arasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Kurulan bütün ölçüm istasyonlarında SO<sub>2</sub> parametresi ölçülmektedir. Bu parametreye ek olarak bazı istasyonlarda NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> ve O<sub>3</sub> parametreleri de ölçülmektedir. Ölçüm istasyonlarında toplanan veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait özel bir ağ üzerinden GSM Modemler aracılığıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Referans Laboratuvarı Veri İşletim Merkezi'ne aktarılmaktadır. ([www.havaizleme.gov.tr](http://www.havaizleme.gov.tr)).

Bursa'da 40° 04' 51" enlem ve 29° 30' 00" boylamda yer alan İnegöl ölçüm istasyonu, 40° 11' 43" enlem ve 29° 12' 19" boylamda yer alan Kestel Ölçüm İstasyonu, 40° 11' 08" enlem ve 29° 04' 49" boylamda yer alan Beyazıt Ölçüm İstasyonu, 40° 11' 44" enlem ve 29° 02' 45" boylamda yer alan Kültürpark Ölçüm İstasyonu, 40° 14' 03" enlem ve 29° 02' 17" boylamda yer alan Bursa Ölçüm İstasyonu ile 40° 13' 24" enlem ve 28° 52' 17" boylamda yer alan Uludağ Üniversitesi Ölçüm İstasyonu olmak üzere toplam 6 hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Bursa'da bulunan ölçüm istasyonları Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Ölçüm istasyonları





### 3. BULGULAR VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında 2016 yılında Bursa'daki istasyonlardan alınan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> kirleticilerine ait veriler ile çalışılmıştır. Sonuçlar saatlik, aylık, mevsimlik ve yıllık konsantrasyonları dikkate alınıp değerlendirilerek, sıcaklığın (Beyazıt İstasyonu'nda ölçülmemiştir) ve kirleticilerin birbirleri ile olan ilişkisi ortaya koyulmaya

çalışılmıştır. Ölçülen kirletici parametrelerin insan ve çevre sağlığı açısından bir risk teşkil edip etmediğini değerlendirmek amacıyla HKDYY'de yer alan limit değerlerden yararlanılmıştır. Yönetmelikte yer alan limit değerler Çizelge 1'de verilmiştir (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 2008).

**Çizelge 1.** Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği EK'1'de yer alan limit değerler

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Uyarı Eşiği
SO <sub>2</sub>	<b>Saatlik</b> (insan sağlığının korunması için)	<b>350 µg/m<sup>3</sup></b> (bir yılda 24 defadan fazla aşılmaz)	<b>500 µg/m<sup>3</sup></b> (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölgede" veya en azından 100 km <sup>2</sup> 'de hangisi küçük ise üç ardışık saatte ölçülür)
	<b>24 saatlik</b> (insan sağlığının korunması için)	<b>125µg/m<sup>3</sup></b> (bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	
	<b>Yıllık ve kış dönemi</b> (1 Ekim den 31 Martta kadar - ekosistemin korunması)	<b>20 µg/m<sup>3</sup></b>	
NO <sub>2</sub>	<b>Saatlik</b> (insan sağlığının korunması için)	<b>200 µg/m<sup>3</sup></b> (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	<b>400 µg/m<sup>3</sup></b> (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" de veya en azından 100 km <sup>2</sup> 'de hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	<b>Yıllık</b> (insan sağlığının korunması için)	<b>40µg/m<sup>3</sup></b>	



<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>Yıllık</b> (vejetasyonun korunması için)	<b>30 µg/m<sup>3</sup></b>	-
-----------------------	--	----------------------------	---

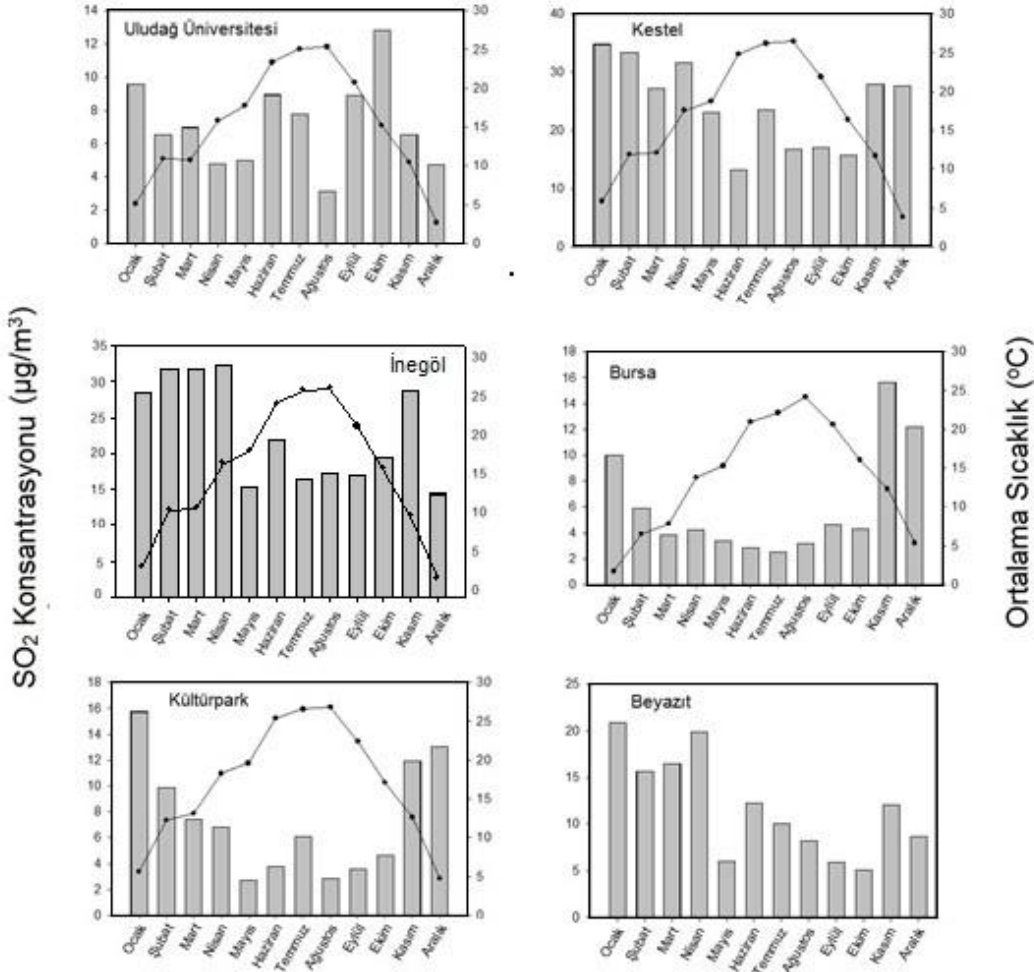
### 3.1. Kükürt Dioksit (SO<sub>2</sub>) Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Örnekleme periyodu süresince aylık ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun tüm istasyonlar birlikte değerlendirildiğinde 3 µg/m<sup>3</sup> ile 35 µg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 2). En düşük konsantrasyon değeri Temmuz ayında Bursa İstasyonunda, en yüksek konsantrasyon değeri ise Ocak ayında Kestel İstasyonu'nda tespit edilmiştir. Ayrıca tüm istasyonlarda en düşük konsantrasyon değerleri yaz aylarında, en yüksek konsantrasyon değerleri ise kış aylarında görülmektedir.

Taşdemir ve arkadaşları (2005) yaptıkları çalışmada SO<sub>2</sub> konsantrasyon değerini 12-71 µg/m<sup>3</sup> arasında değiştiğini ve en düşük konsantrasyon değerlerini yaz aylarında, en yüksek konsantrasyon değerlerini ise kış mevsimlerinde hesapladıklarını raporlamışlardır. Bu değerlerin bizim yaptığımız çalışmada

hesaplanan değerlerden yazın 4, kışın 2 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Küresel ısınmaya da neden olan fosil yakıtların yerini az da olsa yenilenebilir enerji kaynaklarının alması, daha az kükürt içeren yakıtların ve endüstride daha gelişmiş filtre ve baca sistemlerinin kullanılması SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarında yıllar geçtikçe bir azalmaya neden olduğu düşünülmektedir.

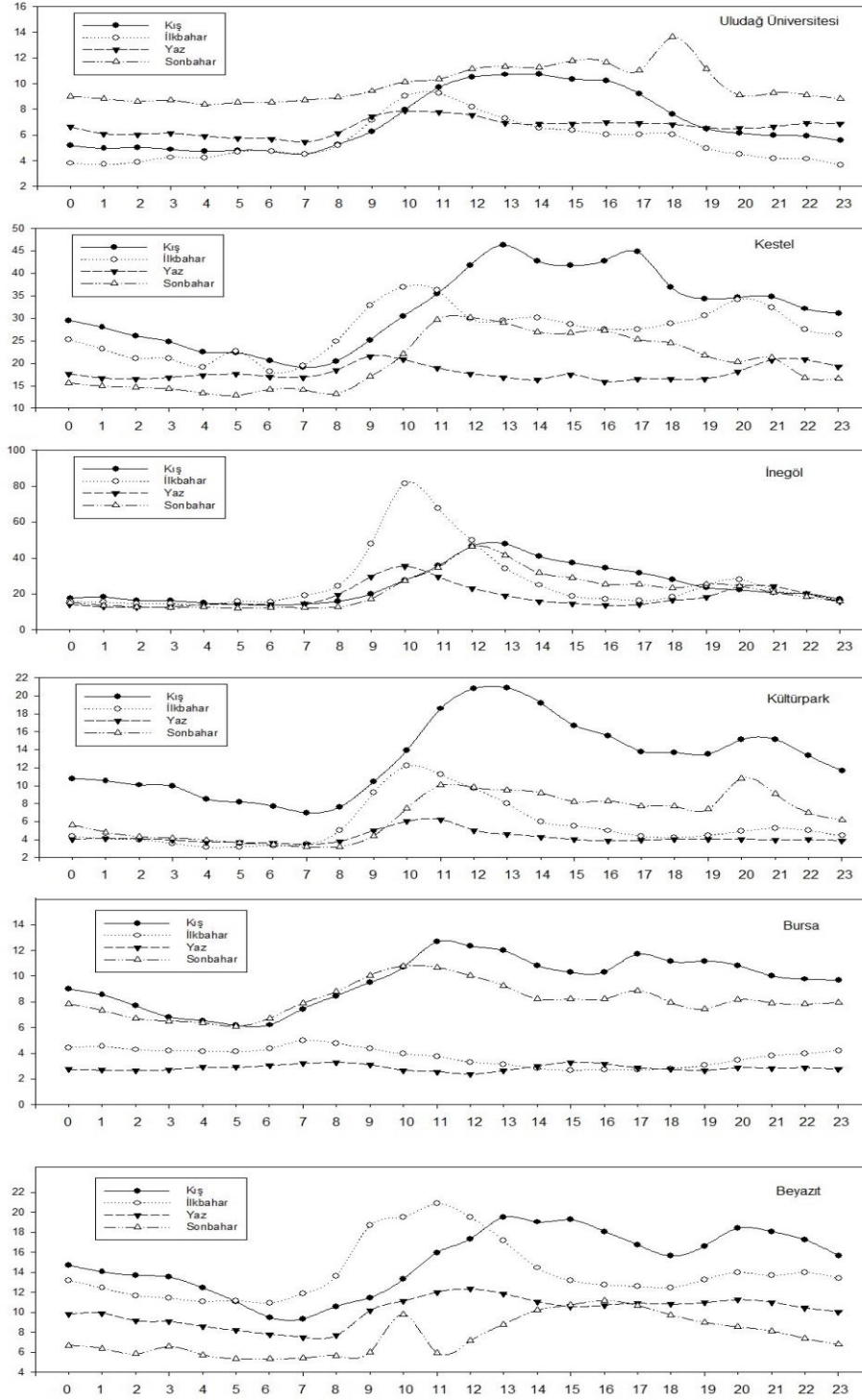
Li ve Xie (2016) Çin'de SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının kaynaklarını ve mekânsal dağılımlarını belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada elde ettikleri konsantrasyon değerleri, tüm bölgeler bir arada değerlendirildiğinde 0.2-44 µg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği ve en düşük yaz, en yüksek ise kış aylarında rastlanıldığı raporlanmış olup, bu çalışmada elde edilen konsantrasyon değerleri ile bizim çalışma arasında bir paralellik görülmektedir.



Şekil 2. Ölçüm istasyonlarında elde edilen aylık SO<sub>2</sub> konsantrasyonları

Konsantrasyon değerlerini daha yakından incelemek amacıyla tüm mevsimlerde ortalama saatlik konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3). En düşük konsantrasyon değeri Bursa

İstasyonu'nda, yaz mevsiminde, saat 12:00'da (2,4 µg/m<sup>3</sup>), yüksek konsantrasyon değeri ise İnegöl İstasyonu'nda, ilkbahar mevsiminde, saat 10:00'da (81,6 µg/m<sup>3</sup>) ölçülmüştür.



Şekil 3. Saatlik SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması

Genellikle tüm ölçüm istasyonlarında ve mevsimlerde öğle saatlerinde (11:00-13:00) konsantrasyon değerleri

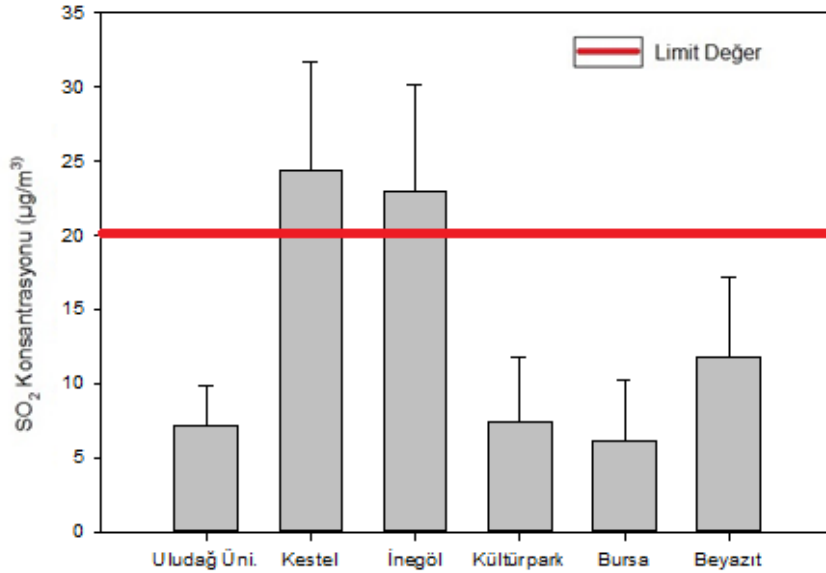
en yüksek, en düşük konsantrasyon seviyeleri ise gece saatlerinde (4:00-7:00) arasında olduğu görülmektedir.



Mevsimsel olarak ölçüm istasyonları değerlendirildiğinde ise en yüksek konsantrasyon değerleri kış ve ilkbahar, en düşük konsantrasyon değerleri ise yaz ve sonbahar mevsimlerinde görülmektedir.

Ayrıca ölçüm istasyonlarında elde edilen SO<sub>2</sub> konsantrasyon değerleri HKDYY EK 1'de yer alan sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 4). HKDYY EK 1'de yer alan yıllık limit değerler SO<sub>2</sub> için 20 µg/m<sup>3</sup>'tür. Sanayi kuruluşlarının fazla olması ve kükürt

içerikli kömür kullanımına bağlı olarak Kestel istasyonundaki 24 µg/m<sup>3</sup> ve İnegöl İstasyonu'ndaki 23 µg/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> konsantrasyonu yönetmelikte belirlenen yıllık 20 µg/m<sup>3</sup> limit değerini aşmaktadır. Epidemiyolojik çalışmalar, SO<sub>2</sub> maruziyetinin kardiyovasküler hastalıklara neden olduğunu ortaya koymuştur (Zhang et al., 2013). Bu bölgede SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun düşürülmesi için özellikle sanayide kükürt içeriği düşük enerji kaynaklarının kullanılması uygun olur.



Şekil 4. SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yıllık limit değerler karşılaştırılması

### 3.2. Azot Oksit (NO<sub>x</sub>) Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Örnekleme periyodu boyunca aylık

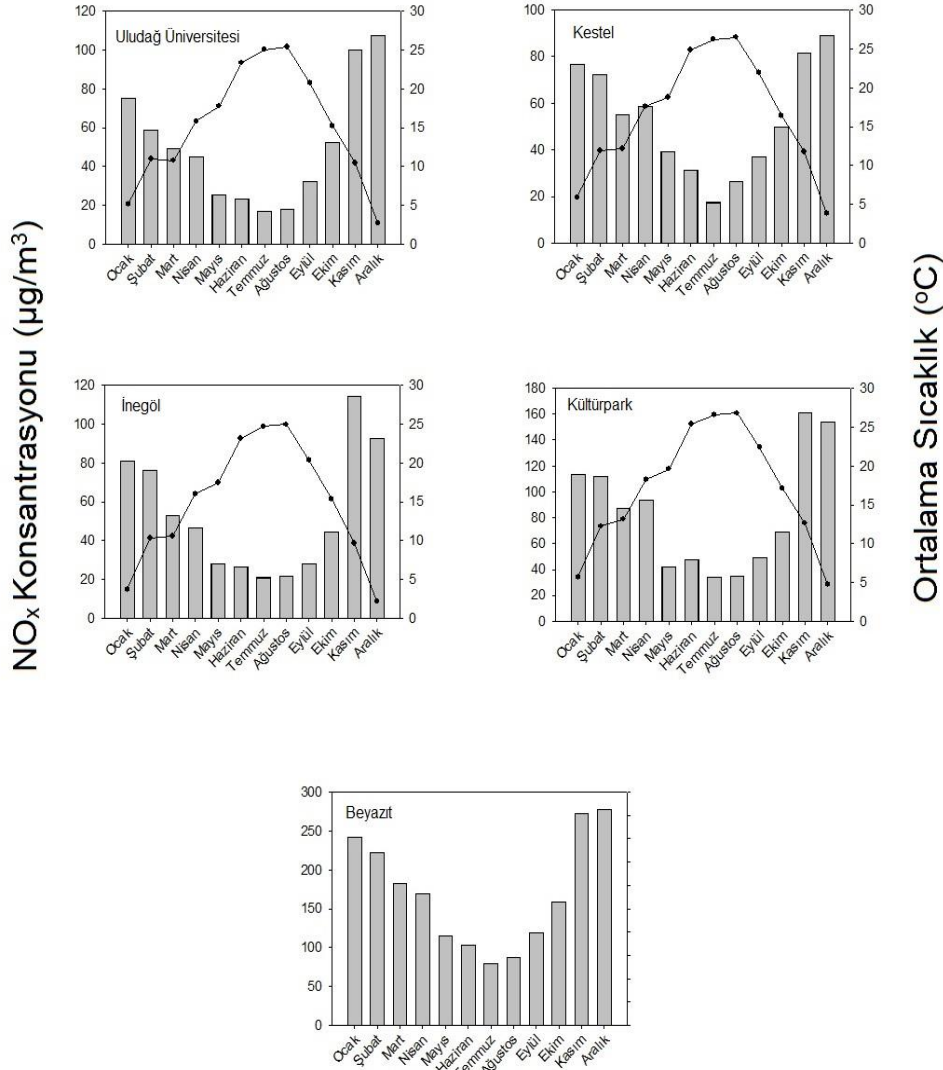
ortalama NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarının tüm istasyonlar birlikte değerlendirildiğinde 17 - 277 µg/m<sup>3</sup> (ortalama 82±62 µg/m<sup>3</sup>) arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 5). En



düşük konsantrasyon değeri Temmuz ayında Uludağ Üniversitesi İstasyonu'nda, en yüksek konsantrasyon değeri ise Aralık ayında Beyazıt İstasyonu'nda hesaplanmıştır. Ayrıca tüm istasyonlarda en düşük konsantrasyon değerleri yaz aylarında, en yüksek konsantrasyon değerleri ise

kış aylarında görülmektedir.

Jiang ve arkadaşları (2017) 2002-2012 yılları arasında Almanya'da hava kalitesini belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada elde ettikleri ortalama NO<sub>x</sub> konsantrasyonunu 132 µg/m<sup>3</sup> olarak rapor etmişlerdir.

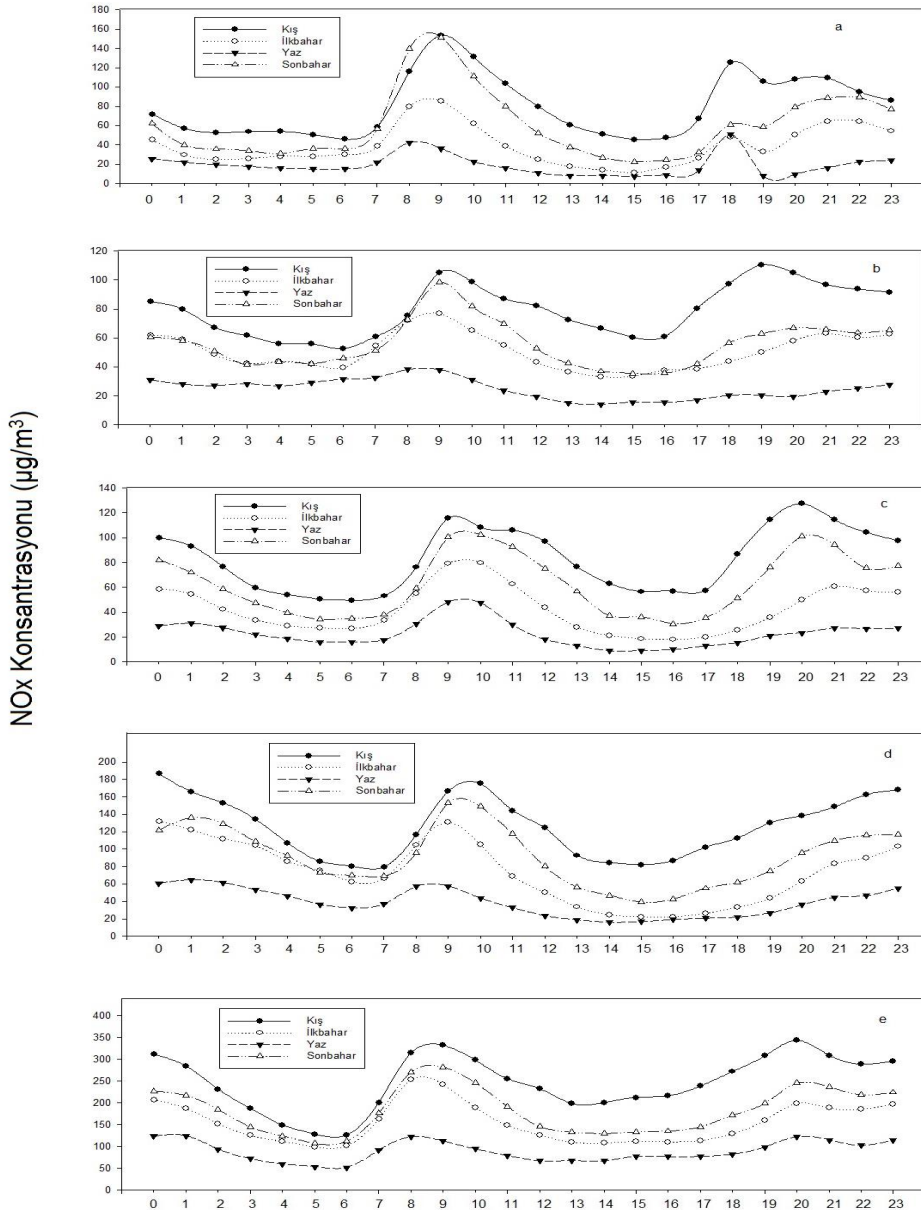


Şekil 5. Ölçüm istasyonlarında elde edilen aylık NO<sub>x</sub> konsantrasyonları



Saatlik konsantrasyon değerlerine bakıldığında tüm istasyon ve mevsimlerde saat 8:00-10:00 ile 18:00-20:00 arasında NO<sub>x</sub> konsantrasyonun pik yaptığı görülmektedir (Şekil 6). En düşük konsantrasyon değeri 7 µg/m<sup>3</sup> ile Uludağ Üniversitesi İstasyonu'nda, yaz mevsiminde en yüksek

konsantrasyon değeri 344 µg/m<sup>3</sup> ile Beyazıt İstasyonu'nda, kış mevsiminde ölçülmüştür. NO<sub>x</sub> emisyonları genellikle trafikten kaynaklandığından ve pik yaptığı saatlerde işe gidiş ve dönüş saatleri olduğundan bu saatlerde en yüksek konsantrasyon seviyelerinin görülmesi muhtemeldir.



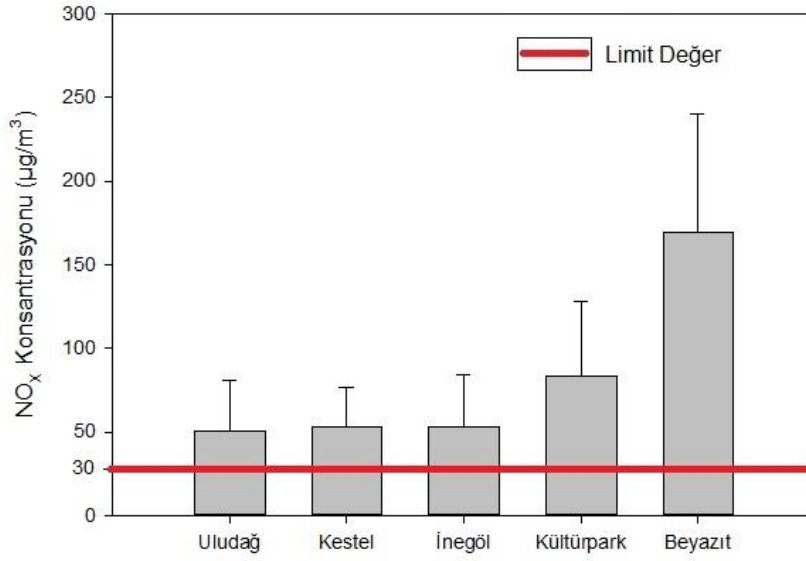
Şekil 6. Saatlik NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarının mevsimsel olarak karşılaştırılması

karşılaştırılması



Ayrıca ölçüm istasyonlarında elde edilen NO<sub>x</sub> konsantrasyon değerleri HKDYY EK 1'de yer alan sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 7). Genellikle yanma işlemlerinden, motorlu taşıtlardan veya havadaki azotun oksidasyonu sonucu oluşan

NO<sub>x</sub> (Ogidiama and Shamim, 2015), tüm istasyonlarda yönetmelikte verilen 30 µg/m<sup>3</sup> yıllık limit değerini aşmıştır. Hoekman ve Robbins (2012) hem NO<sub>x</sub> emisyonlarının hem de sera gazı emisyonlarının azaltılması için biodizel kullanılmasını önermişlerdir.



Şekil 7. NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarının yıllık limit değerle karşılaştırılması

### 3.3. NO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub> Oranı

Atmosferik kirleticiler genellikle örnekleme alanındaki sanayi, trafik ve evsel ısınmadan kaynaklanmaktadır. Basit bir indeks olan NO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub> oranı, emisyon kaynakların tiplerini belirlemekte ve bu oran çoğunlukla meteorolojik olaylara bağlı değildir. Düşük NO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub> oranı tipik olarak yüksek kükürt içeren kömürlerin yanmasıyla kaynaklanan noktasal

kaynağı karakterize etmektedir (Taşdemir vd., 2005).

Taşdemir ve arkadaşları (2005) Bursa'da klasik hava kirleticilerinin Mayıs 2001-Nisan 2003 yılları arasındaki konsantrasyon değerlerini belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarında elde ettikleri NO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub> oranının 0,3-13,4 arasında değiştiğini ve ortalama 3,6±1,8 olduğunu raporlamışlardır. Bu çalışmada





hesaplanan  $NO_x/SO_2$  oranı Çizelge 2'de verilmiştir. Bursa İstasyonu'nda

$NO_x$  parametresi ölçülmediği için  $NO_x/SO_2$  oranı hesaplanamamıştır.

**Çizelge 2.** Ölçüm istasyonlarından elde edilen  $NO_x/SO_2$  Oranı

İstasyon	$NO_x/SO_2$ Oranı				
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Ortalama
Uludağ Üniversitesi	11,6	6,8	2,9	6,5	7,0±3,6
Kestel	2,5	1,9	1,4	2,8	2,1±0,6
İnegöl	12,0	7,6	3,5	6,6	7,4±3,5
Kültürpark	9,8	13,1	9,2	13,9	11,5±2,4
Beyazıt	16,4	11,0	8,9	24,0	15,1±6,7

İstasyonlarda ölçülen  $NO_x$  ve  $SO_2$  parametreleri göz önüne alınarak hesaplanan  $NO_x/SO_2$  oranının 1,4-24 arasında değiştiği ve ortalama  $8,6±5,7$  olduğu bulunmuştur. En düşük oran Kestel İstasyonu'nda, en yüksek oran ise Beyazıt İstasyonu'nda ölçüldüğü hesaplanmıştır.

Düşük  $NO_x/SO_2$  oranı yüksek kükürt içeren kömürlerin yanmasıyla kaynaklanan noktasal kaynağı karakterize ettiğinden (Taşdemir vd., 2005); sanayinin çok fazla olduğu Kestel istasyonunda fazla miktarlarda kükürt içeren kömür yakıldığı tespit edilmiştir.

Beyazıt istasyonu'nda ise trafik yoğunluğunun çok yüksek olmasından dolayı ve trafikten kaynaklanan en önemli kirletici parametresi  $NO_x$

olduğundan  $NO_x/SO_2$  oranının yüksek olması beklenen bir durumdur.

Diğer taraftan İnegöl İstasyonu yine sanayinin çok yoğun olduğu bir bölge olması nedeniyle  $NO_x/SO_2$  oranı düşük, Kültürpark İstasyonu ise Bursa-İzmir karayolunun yanında olmasından sebebiyle trafiğin bu bölgede de çok yoğun olması dolayı  $NO_x/SO_2$  oranı yüksektir.

### 3.4. Lineer Regresyon

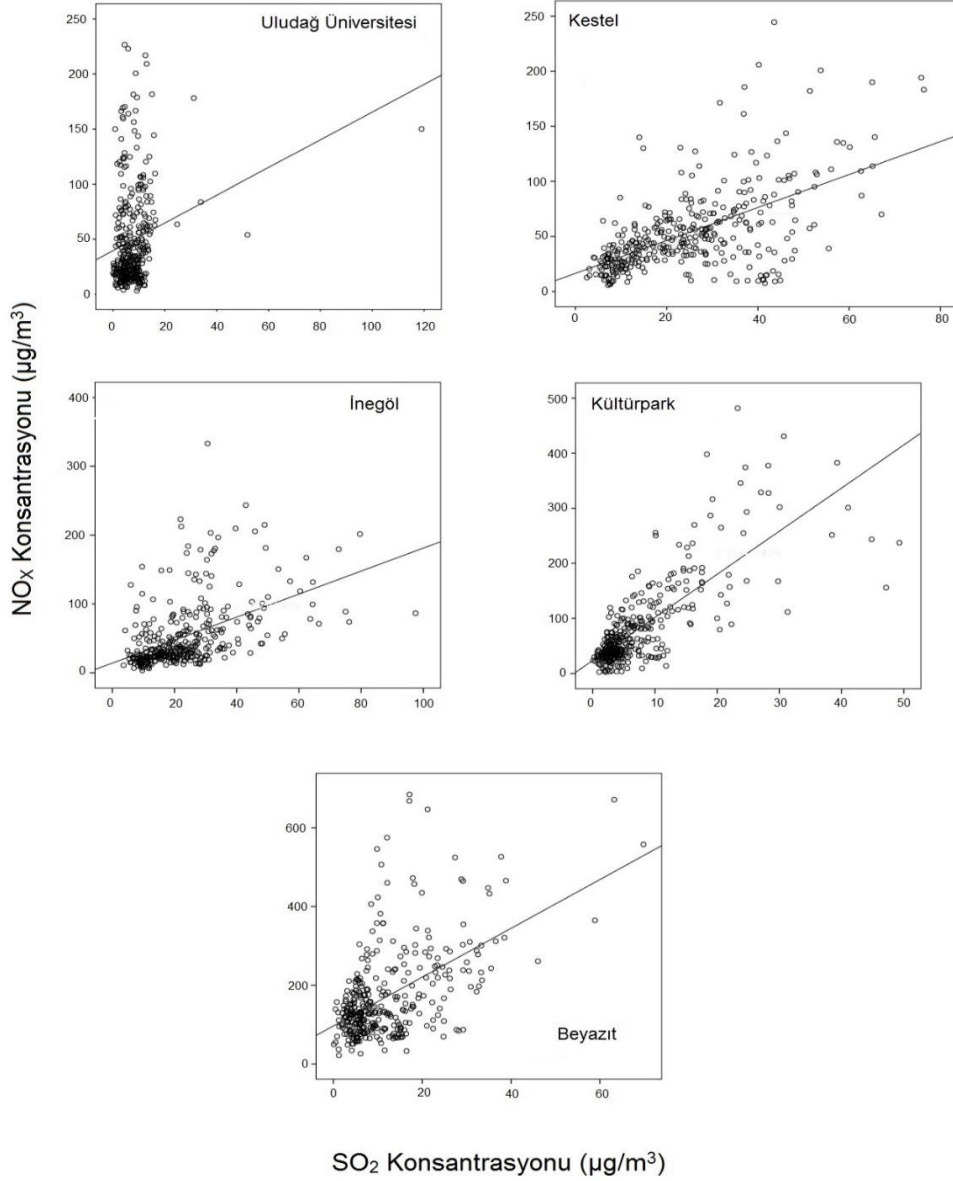
Bu çalışmada saatlik veriler yardımıyla hesaplanan  $SO_2$  ve  $NO_x$  parametreleri arasında bir ilişki olup olmadığını ortaya koymak amacıyla lineer regresyon işlemi uygulanmıştır (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** İstasyonlarda ölçülen NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> değerleri arasındaki lineer regresyon sonuçları

Ölçüm İstasyonu	n	P	r
Uludağ Üniversitesi	364	<0,05	0,24
Kestel	366	<0,05	0,59
İnegöl	364	<0,05	0,48
Kültürpark	363	<0,05	0,78
Beyazıt	366	<0,05	0,53

Saatlik NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> konsantrasyon değerlerinin karşılaştırması için yapılan lineer regresyon modelinin grafikleri Şekil 8'de verilmiştir. Regresyon sonuçları değerlendirildiğinde r ve P değerlerine bakılarak Uludağ

Üniversitesi Ölçüm İstasyonunda zayıf bir ilişki tespit edilirken diğer ölçüm istasyonlarında ölçülen NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> konsantrasyon değerleri arasında kayda değer bir ilişki tespit edilmiştir.



Şekil 8. Ölçüm istasyonlarında hesaplanan NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının karşılaştırılması

### 3.5. Asit Yağmurlarının Su Ortamlarına Etkileri

Asit yağmurlarının başlıca kaynakları SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> olup, atmosferdeki su molekülleri ile reaksiyona girerek asit oluşturmaktadır. 1990'lı yıllardan bu yana, SO<sub>2</sub> emisyonlarını ve enerji

kaynaklarını kontrol etme ve değiştirme politikaları göz önüne alındığında, yağmurdaki sülfat iyonu (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) miktarı önemli ölçüde azalmıştır. Diğer taraftan, hızla büyüyen kentleşme ve motorlu taşıtların sayısındaki artış nedeniyle NO<sub>x</sub> emisyonları artmakta ve buna bağlı olarak da artan nitrat iyonu



(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) miktarı asitlenmeye neden olmaktadır (Lv et al., 2014).

Zong-Jie ve arkadaşları (2017) yaptıkları çalışmada Yangtze Akarsuyu'nda (Çin) 2010-2015 yılları arasında asit yağmurlarının etkilerini ortaya koymaya çalışmışlardır. Yapılan çalışma sonucu akarsuyun pH derecesinin 4-8,6 arasında değiştiğini raporlamışlardır.

Dannevig (1959) asitli çökeltmenin Norveç sularında balıkların ölümüne neden olduğunu ileri süren ilk bilim insanıdır (Menz and Seip, 2004). Bu nedenle birçok ülke, Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın belirttiği gibi kritik pH aralığının deniz canlıları için 6,5-8,5, tatlı su canlıları için ise 6,5-9 olması gerektiğini savunmaktadır. Bu aralıkların 0,2 birim aşılması ve ya azalması su canlılarının yaşamlarını tehlikeye sokmaktadır (Weisberg et al., 2016).

Asit yağmurları, derelerin, göllerin, körfezlerin, havuzların ve diğer su ortamlarının asiditesini arttırmaları. Suda yaşayan bitkiler en iyi gelişmeyi pH 7-9,2 arasında gerçekleştirmektedirler. pH düştüğünde su bitkilerinin popülasyonu azalır ve su kuşları besin

bulmakta zorlanırlar (Özdemir, 2005). Genel olarak, sularda yaşayan canlılar arasında çoğu türlerin gençleri çevre koşullarına yetişkinlerden daha duyarlıdır (Anonim, 2014). pH 6'da karidesler, pH 4.5'in altında da tüm balık türleri ölmektedir. (Özdemir, 2005). Bununla birlikte pH 5'de ise balıklar yumurtadan çıkamazlar (Anonim, 2014). Asit yağmurlarının su ortamlarına presipitasyon yoluyla direk, kanalizasyon sistemleriyle drene şeklinde ya da havzadan yüzeysel akış yoluyla geçmektedir (Özdemir, 2005).

Yapılan bu çalışmada da Kestel İstasyonu ve İnegöl İstasyonu dışındaki tüm ölçüm istasyonlarında SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun HKDYY EK 1'de yer alan sınır değerini aşmadığı, NO<sub>x</sub> konsantrasyonunun ise tüm ölçüm istasyonlarında sınır değerini aştığı görülmektedir. Su yaşamını korumak amacıyla NO<sub>x</sub> konsantrasyonunun azaltılması yönünde çalışmaların yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

Anonim, 2014,  
[http://www.epa.gov/acidrain/effects/surface\\_water.html](http://www.epa.gov/acidrain/effects/surface_water.html).



- Bespalov, V.I., Gurova, O.S., Samarskaya, N.S. 2016, *Main Principles of The Atmospheric Air Ecological Monitoring Organization for Urban Environment Mobile Pollution Sources*, *Procedia Engineering*, Vol. 150(2016), pp. 2019-2024.
- Burns, D.A., Aherne, J., Gay, D.A., Lehmann, C.M.B. 2016, *Acid Rain and Its Environmental Effects: Recent Scientific Advances*, *Atmospheric Environment*, Vol. 146, pp. 1-4.
- Çakmak, S., Hebborn, C., Çakmak, J.D., Vanos, J. 2016, *The Modifying Effect of Socioeconomic Status on The Relationship Between Traffic, Air Pollution And Respiratory Health in Elementary Schoolchildren*, *Journal of Environmental Management*, Vol. 177, pp. 1-8.
- Contreras, L., Ferri, C. 2016, *Wind-sensitive Interpolation of Urban Air Pollution Forecasts*, *Procedia Computer Science*, Vol. 80, pp. 313-323.
- Dannevig, A., 1959, *Nedbørens Innflytelse På Vassdragenes Surhet Og Fiskebestand. (The Influence of Precipitation on The Acidity of Watercourses and On Fish Populations)*, *Jæger og Fisker*, Vol. 3, pp. 116–118.
- Erbaşlar, Y., Taşdemir, Y. 2007, *Bursa Atmosferinde Ölçülen Klasik Hava Kirleticilerin Birbirleri İle Olan İlişkileri*, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Vol. 12(2), pp. 9-19.
- Ge, E., Fan, M., Qiu, H., Hu, H., Tian, L., Wang, X., Xu, G., Wei, X. 2017, *Ambient Sulfur Dioxide Levels Associated With Reduced Risk of Initial Outpatient Visits for Tuberculosis: A Population Based Time Series Analysis*, *Environmental Pollution*, Vol. 28(2017), pp. 408-415.
- Guo, H., Wang, Y., Zhang, H. 2017, *Characterization of Criteria Air Pollutants in Beijing During 2014-2015*, *Environmental Research*, Vol. 154(2017), pp. 334-344.
- Hoekman, S. K., Robbins, C. 2012, *Review of The Effect of Biodiesel on NOx Emissions, Fuel Processing Technology*, Vol. 96(2012), pp. 237-249.
- Hordijk, L., Kroeze, C. 1997, *Integrated Assessment Models for Acid Rain*, *European Journal of Operational Research*, Vol. 102(1997), pp. 405-417.
- Jiang, W., Boltze, M., Groer, S., Scheuven, D. 2017, *Impacts of Low Emission Zones in Germany on Air Pollution Levels*, *Transportation Research Procedia*, Vol. 25, pp. 3370-3382.
- Kant, C., Kızıloğlu, T. 2003, *Asit Yağmurlarının Canlılar Üzerine Etkileri*, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Vol. 34(2), pp. 217-221.



- Li, S., Xie, S. 2016, *Spatial Distribution and Source Analysis of SO<sub>2</sub> Concentration in Urumqi*, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 41(2016), pp. 15899-15908.
- Lv, Y., Wang, C., Jia, Y., Wang, W., Ma, X., Du, J., Pu, G., Tian, X. 2014, *Effects of Sulfuric, Nitric, and Mixed Acid Rain on Litter Decomposition, Soil Microbial Biomass, and Enzyme Activities in Subtropical Forests of China*, *Applied Soil Ecology*, Vol. 79, pp. 1-9.
- Menz, F.C., Seip, H.M. 2004, *Acid Rain in Europe and the United States: An Update*, *Environmental Science & Policy*, Vol. 7 (2004), pp. 253-265.
- Ogidiama, O.V., Shamim, T. 2015, *Investigation of Dual Layered SCR Systems for NO<sub>x</sub> Control*, *Energy Procedia*, Vol. 75(2015), pp.2345-2350.
- Özdemir, O. 2005, *Görünmeyen Tehlike: Asit Yağışları, Sağlık ve Toplum Dergisi*, Vol. 15 (1), pp.1-13.
- Pesic, D.J., Zigar, D.N., Anghel, I., Glisovic, S.M. 2016, *Large Eddy Simulation of Wind Flow Impact on Fire-Induced Indoor and Outdoor Air Pollution in An Idealized Street Canyon*, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 155(2016), pp. 89-99.
- Ray, S., Kim, K-H. 2014, *The Population Status of Sulfur Dioxide in Major Urban Areas of Korea Between 1989-2010*, *Atmospheric Research*, Vol. 147-148, pp. 101-110.
- Shing, S., Elumalai, S.P., Pal, A.K. 2016, *Rain pH Estimation Based on The Particulate Matter Pollutants and Wet Deposition Study*, *Science of The Total Environment*, Vol. 563-564, pp. 293-301.
- Sindosi, O.A., Katsoulis, B.D., Bartzokas, A. 2003, *An Objective Definition of Air Mass Types Affecting Athens, Greece; The Corresponding Atmospheric Pressure Patterns And Air Pollution Levels*, *Environmental Technology*, Vol. 44, pp. 947-962.
- Taşdemir, Y., Cindoruk, S.S., Esen, F. 2005, *Monitoring of Criteria Air Pollutants in Bursa, Turkey*, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 110, pp. 227-241.
- Weisberg, S.B., Bednarsek, N., Feely, R.A., Chan, F., Boehm, A.B., Sutula, M., Ruesink, J.L., Hales, B., Largier, J.L., Newton, J.A. 2016, *Water Quality Criteria for An Acidifying Ocean: Challenges and Opportunities for Improvement*, *Ocean&Coastal Management*, Vol. 126(2016), pp. 31-41.
- Xiao, C., Li, S., Zhao, W., Shang, D., Zhao, S., Zhu, X., Chen, K., Wang, R. 2013, *The Effect of Air Pollutants on The*



*Microecology of The Respiratory Tract of Rats, Environmental Toxicology and Pharmacology, Vol. 36(2013), pp. 588-594.*

Zhang, H., Wang, Y., Park, T-W., Deng, Y. 2017, *Quantifying The Relationship Between Extreme Air Pollution Events And Extreme Weather Events, Atmospheric Research, Vol. 188(2017), pp. 64-79.*

Zhang, Q., Tian, J., Bai, Y., Yang, Z., Zhang, H., Meng, Z. 2013, *Effects of Sulfur Dioxide and Its Derivatives on The Functions of Rat Hearts and Their Mechanisms, Procedia Environmental Sciences, Vol. 18, pp. 43-50.*

Zong-Jie, L., Song, L-L., Jing-Zhu, M., Li, Y-G (2017) *The characteristics changes of pH and EC of atmospheric precipitation and analysis on the source of acid rain in the sources area of the Yangtze River from 2010 to 2015, Atmospheric Environment, 156(2017), 61-69.*



## DOĞANCI BARAJ GÖLÜ (BURSA, TÜRKİYE) PELAJİK BÖLGE ALG FLORASI

Nihan Özengin<sup>1</sup>, Tahir Atıcı<sup>2</sup>, Ayse Elmacı<sup>1</sup>, Taner Yonar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Nilüfer /  
BURSA

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, 06500, Teknikokullar  
/ ANKARA

nozengin@uludag.edu.tr

**Özet:** Bu araştırmanın amacı, Doğancı Baraj Gölü pelajik bölge alg florasını taksonomik olarak tespit ederek mevcut türlerin listesini oluşturmak ve fitoplankton fonksiyonel gruplarını belirlemektir. Bu amaçla, Doğancı Baraj Gölünde dört farklı istasyondan alınan su örneklerinde, 6 haftalık bir periyotta, fitoplanktonik alg florası ve bazı fiziko-kimyasal parametreler incelenmiştir. Pelajik bölge alg florasında Bacillariophyceae (45), Chlorophyceae (12), Cyanophyceae (12), Dinophyceae (2), Chrysophyceae (2), ve Euglenophyceae (2) sınıflarına ait toplam 75 takson tespit edilmiştir. Fitoplanktonda tür çeşitliliği bakımından Bacillariophyceae üyeleri dominat olurken, bunu Chlorophyceae ve Cyanophyceae üyeleri takip etmiştir. Birçok farklı bölge göllerinde yapılan çalışmalar, indikatör grup olarak fitoplankton kullanılmasının ekolojik durumun belirlenmesinde önemli bir araç olduğunu göstermiştir. Araştırma sonucunda belirlenen tür listesi, baraj gölünün fitoplankton kompozisyonu hakkında ilk rapor niteliği taşımakta olup, ileride yapılacak su kalitesi ve su kirliliği araştırmalarında kaynak teşkil etmesi açısından fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Alg florası, Doğancı Baraj Gölü, Fitoplankton.

### THE ALGAL FLORA OF PELAGIC REGION ON LAKE ULUABAT

**Abstract:** The aim of this research is to determine the phytoplanktonic algal flora of the pelagic region of Dogancı Dam Reservoir, to make a list of the existing species and determine the phytoplankton functional groups. For this purpose, phytoplankton algal flora and some physico-chemical parameters were investigated in water samples taken from four different stations in Dogancı Dam Lake during 6 week period. A total of 75 taxa belonging to the classes Bacillariophyceae (45), Chlorophyceae (12), Cyanophyceae (12), Dinophyceae (2), Chrysophyceae (2) and Euglenophyceae (2) were detected in the algal flora of the pelagic region. In terms of species diversity in the phytoplankton, Bacillariophyceae members were dominant, followed by Chlorophyceae and Cyanophyceae members. Studies in many different regional lakes have shown that the use of phytoplankton as an indicator group is an important tool in determining ecological conditions. As a result of the research, the type list determined is the first report on the phytoplankton composition of the dam reservoir and it is thought to be beneficial in terms of future water quality and water pollution research.

**Keywords:** Algal flora, Doğancı Dam Lake, Phytoplankton.





## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması, yeryüzündeki içilebilir su miktarının gün geçtikçe daha da tükenmesine yol açmaktadır. Aşırı şehirleşme ve hızlı nüfus artışına paralel olarak su ihtiyacını sadece yüzey üstü ve yeraltı su kaynakları ile karşılamak imkânsız hale gelmektedir.

Baraj gölleri, akarsular üzerine elektrik üretimi, içme suyu temini, sulama, balıkçılık, sel kontrolü ve rekreasyon amacıyla inşa edilen ve suyun engelleyici bir yapının oluşturduğu havzada biriktiği yapay göllerdir (Eryılmaz vd., 2014).

Bursa şehri içerisinde önemli su kaynaklarından biri olan Doğançı Barajı, içme suyu temini amacıyla kurulmuştur (Uyguner, 2009). Doğançı Barajı, Bursa ilinin Osmangazi ilçesinde, Nilüfer Çayı üzerinde, şehre içme suyu temin etmek amacıyla 1975-1983 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Toprak ve yaya gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 2.520 hm<sup>3</sup>, akarsu yatağından yüksekliği 85 m, maksimum su kotunda göl hacmi 43,30 hm<sup>3</sup>, normal su kotunda göl alanı 1,55 km<sup>2</sup>'dir. Yılda 110 hm<sup>3</sup> içme suyu

sağlamaktadır (Büyükdıdan vd., 2008, Anonim, 2014).

Bütün canlılar için temel element olan su, aynı zamanda sucul organizmalar için bir yaşam alanı oluşturmaktadır. Fitoplankton sucul sistemlerin birincil üreticileri olarak kabul edilmekte ve besin zincirinin ilk halkasını oluşturmaktadır. Sucul ortamlarda meydana gelen değişimlere en hızlı tepki veren canlı grubu olan fitoplankterler, ekolojik fonksiyonları bakımından büyük önem taşımaktadırlar. Fitoplanktonun kompozisyonu, sucul sistemin ekolojik durumunu yansıttığı için bir çok su kalitesi ve su kirliliği çalışmalarında indikatör organizmalar olarak kullanılmaktadırlar (Järvinen et al., 2013, Rimet et al., 2015).

Türkiye'nin çeşitli bölgelerindeki göl, gölet ve baraj göllerinde alglerin sistematik ve ekolojik özelliklerinin incelendiği pek çok araştırmalar bulunmaktadır (Albay ve Akcaalan, 2003, Ersanlı, 2006, Soylu, 2010, Yılmaz, 2013, Dalkıran vd., 2016). Araştırma alanı olarak seçilen Doğançı Baraj Gölü'nde limnolojik araştırmalar literatürde sınırlı olarak yer almaktadır.



Bu araştırmanın amacı, Doğancı Baraj Gölü fitoplanktonik alg florasını taksonomik olarak tespit ederek mevcut türlerin listesini oluşturmak ve fitoplankton fonksiyonel gruplarını belirlemektir. Araştırma sonucunda verilen tür listesi baraj gölünün fitoplankton kompozisyonu ileride yapılacak su kirliliği ve su kalitesi araştırmalarında kaynak teşkil etmesi açısından fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çalışma Alanı

Doğancı Baraj Gölü, Türkiye'nin kuzeybatı kesiminde yer alan çok küçük bir rezervuar. Su kaynağı rezervuarı olup, 1983 yılında faaliyete geçmiştir. Rezervuarın drenaj alanı, kuzey enlemleri 44° 36 've 44° 57', doğu boylamları 32° 08 've 32° 62' arasındadır. Rezervuarın bu su seviyesindeki karakteristikleri şu şekildedir: Yüzölçümü 1.58 ha, toplam su hacmi 37.80 hm<sup>3</sup> ve baraj çıkışının toplam drenaj alanı 446,9 km<sup>2</sup>'dir (Büyükfıdan vd., 2008).

#### 2.1.1. Arazi Örnekleme ve Teşhis

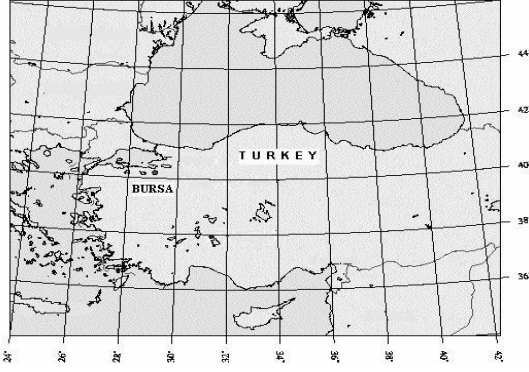
Su numuneleri, dört farklı istasyondan toplanmıştır. Çalışma alanı ve numune alma yerleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Polietilen şişeler (2000 ml) saf su ile yıkanmış ve rezervuar suyu ile doldurulmuştur. Fitoplankton örnekleri plankton kepçesi ile alınmıştır. Toplanan tüm numuneler derhal analiz için Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilmiştir. İlk numuneler alg kontrolü sistemi kurulumundan önce alınmıştır. Ardından, sistem devreye girdikten sonra örnekleme istasyonlarında 6 haftalık periyotta belirli zaman aralıklarında düzenli örnekler alınmıştır. Alınan su numunelerinde Klorofil-a (Kl-a) ve Askıda katı madde (AKM) miktarları ve Secchi (Seki) disk derinliği (SDD) Standart Metotlara uygun olarak belirlenmiştir (KAYNAK). Örnekler laboratuvar ortamında fikse edildikten sonra fitoplankton fonksiyonel gruplarının belirlenmesi için Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi Anabilimdalına gönderilmiştir. Alglerin teşhis ve tanımlamaları bölüm laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Prescott, 1975, Germain, 1981, Husted, 1985,



Korshikov, 1987, Dillard, 1989, Round, 1973, Krammer ve Lange-Bertalot, 1986, 1991a, 1991b, 1999, Hartley,

1996, John vd., 2003, Guiry and Guiry, 2009).



<b>İstasyon 1</b>	40° 06' 03.20" N
	28° 58' 07.42" W
<b>İstasyon 2</b>	40° 06' 03.20" N
	28° 58' 07.42" W
<b>İstasyon 3</b>	40° 06' 03.20" N
	28° 58' 07.42" W
<b>İstasyon 4</b>	40° 06' 03.20" N
	28° 58' 07.42" W



Şekil 1. Doğancı Baraj Gölü haritası ve örnekleme istasyonları.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Seki diski derinliği göllerin berraklığının-ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. Işık geçirgenliğini etkileyen en önemli parametre askıdaki katı

maddelerdir. Literatürde, askıdaki katı maddeler ile ışık geçirgenliği arasındaki ilişkinin, çok üretken göllerde özellikle geçerli ve fitoplankton yoğunluğunun tahmininde öteden beri kullanılan bir yol olduğu bildirilmektedir.



Fitoplankton üretimi yüksek seviyede olduğunda ışık geçirgenliği azalacağından Seki derinliği de düşük olacaktır. Seki değeri ne kadar düşükse gölün trofik seviyesi o kadar yüksek demektir (Çevlik, 2013).

Sistem devreye alınmadan önce ölçülen seki diski derinliği en düşük 2,8 m (2. İst), en yüksek 4 m (1. İst) olarak belirlenmiştir. Ortalama seki diski derinliği 3,08 m olarak hesaplanmıştır. Sistem devreye alındıktan sonra ölçülen seki diski derinliği en düşük 1,4 m (4. İst), en yüksek 4,7 m (1. İst) olarak belirlenmiştir. Ortalama seki diski derinliği 3,24 m olarak hesaplanmıştır.

Su kaynaklarının göle girdiği bölümlerde besin tuzlarının çokluğundan dolayı fitoplankton üretimi yüksek dolayısı ile geçirgenlik değerleri düşüktür. Besin tuzları daha önce kullanılıp azaldığı için baraj gövdesine doğru plankton üretimi de azalmakta ve ışık geçirgenliği artmaktadır (Akar, 2017).

Suda bulunan askıdaki katı madde miktarına etki eden faktörler fitoplankton yoğunluğu ve göle ulaşan yağış/sel sularıdır. Askıda katı

maddeler suyun bulanıklığını artırırlar ve ışık geçirgenliğini azaltırlar. Güneş ışınlarının su bitkilerine ulaşmasını engelleyerek fotosentezi etkileyerek sudaki çözünmüş oksijenin azalmasına neden olurlar. Ayrıca, dibe çökerek tabanda yaşayan bentik canlıların yaşam ortamlarını olumsuz etkilerler (Ünlü vd., 2008).

Sistem devreye alınmadan önce ölçülen askıda katı madde miktarı en düşük 0,4 mg/L (1. İst), en yüksek 3,2 mg/L (4. İst) olarak belirlenmiştir. Ortalama askıda katı madde miktarı 1,8 mg/L olarak hesaplanmıştır. Sistem devreye alındıktan sonra Doğancı Baraj Gölü'nde tayin edilen AKM miktarı en düşük 0,4 mg/L, en yüksek 6 mg/L (2. İst) ve ortalama 1,64 mg/L olarak hesaplanmıştır.

Klorofil-a bütün fitoplanktonik canlılarda mevcut olan fotosentetik bir pigmenttir. Fotosentez ve kemosentez yolu ile besin maddesi üretimi klorofil sayesinde mümkün olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, göllerde birincil üretim (primer prodüksiyon) klorofilli plankton ve litoral bitkiler (göllerin sığ kesimlerinde bulunan bitkiler) tarafından gerçekleştirilmektedir (Çevlik, 2013).



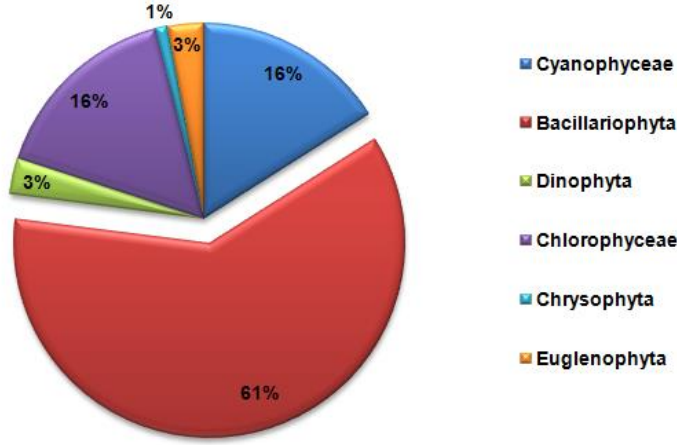
Ekosistemlerde mevcut canlılardan birinin diğeri üzerinden beslenmesi sonucu besin zinciri adı verilen bir halka gerçekleşir. Bir tatlı su ekosisteminde besin zincirinin ilk halkasını fitoplanktonik canlılar ve bitkiler oluşturmaktadır. Klorofil-a miktarı bu nedenle bir gölde fitoplankton biyokütlesinin ve verimliliğın en önemli göstergesidir.

Sistem devreye alınmadan önce ölçülen klorofil-a değeri en düşük 8,11 mg/m<sup>3</sup> (4. İst), en yüksek 9,54 mg/m<sup>3</sup> (1. İst) ve ortalama 8,9 mg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Sistem devreye alındıktan sonra Doğancı Baraj Gölü'nde tayin edilen klorofil-a değeri en düşük 1,5 mg/m<sup>3</sup> (3. İst), en yüksek 8,97 mg/m<sup>3</sup> (3. İst) ve ortalama 4,33 mg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Doğancı Baraj Gölünde hesaplanan bu değerler gölün klorofil-a konsantrasyonu açısından mezotrofik özellikte olduğunu göstermektedir (Anonim, 2004).

Klorofil-a miktarı, bir gölde fitoplankton biyokütlesinin ve verimliliğın en önemli göstergesidir. Su kaynaklarının göle girdiği bölümlerde besin tuzlarının çokluğundan dolayı fitoplankton üretimi yüksek dolayısı ile geçirgenlik değerleri

düşüktür. Besin tuzları daha önce kullanılıp azaldığı için baraj gövdesine doğru plankton üretimi de azalmakta ve ışık geçirgenliği artmaktadır. Doğancı Baraj Gölü'nde de benzer şekilde gölün 2 kola ayrıldığı ve 4. İstasyonun bulunduğu bölge en verimli, baraja yakın olan 1. İstasyonun bulunduğu bölge ise en az verimliliğe sahiptir.

Doğancı Baraj Gölü fitoplanktonunda Bacillariophyceae (45), Chlorophyceae (12), Cyanophyceae (12), Dinophyceae (2), Chrysophyceae (2), ve Euglenophyceae (2) sınıflarına ait toplam 75 takson tespit edilmiştir. Pelajik bölge alglerini tür çeşitliliği bakımından başlıca Bacillariophyceae (%61), Chlorophyceae (%16) ve Cyanophyceae (%16) üyeleri oluşturmuştur. Doğancı Baraj Gölü fitoplanktonik alg florasını oluşturan türlerin listesi Tablo 1' de verilmiştir. Alglerin divizyolara göre yüzdelik dağılımları ise Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Fitoplanktonu oluşturan grupların yüzdelik dağılımı.

Çizelge 1. Doğancı Baraj Gölü'nde tespit edilen fitoplanktonik alg florası.

Blue-Green Algae (Cyanophyceae)	Diatomae (Bacillariophyta)
<i>Aphanizomenon flos-aqua</i> (L.) Ralfs	<i>Aulacoseria granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nageli	<i>Coccinodiscus rothii</i> (Ehrenberg) Grunow
<i>Lyngbya birgei</i> G.M.Smith	<i>Cyclotella ocellata</i> (C.Agardh) Kützing
<i>Chroococcus varius</i> A.Braun	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.
<i>Microcystis punctata</i> Meyen	<i>Melosira varians</i> Ag.
<i>M. aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing
<i>Nostoc commune</i> Vaucher	<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>elliptica</i> Grun.
<i>Oscillatoria tenuis</i> (Agardh) Gomont	<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grun.
<i>Oscillatoria granulata</i> Gardner	<i>Anamoeneis sphaephora</i> Grun.
<i>Spirulina major</i> (Kützing) Gomont	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg
<i>Spirulina pirinceps</i> W.West&G.S.West	<i>Cymbella ventricosa</i> Agardh
	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg
	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg
	<i>Cymbella affinis</i> (Kützing) Grunow
	<i>Cymbella amphicephala</i> Naeg.ex. Kütz.
	<i>Cymbella cymbiformis</i> (Ag.) Ag.
	<i>Cymbella helvetica</i> Kütz
	<i>Cymbella lanceolata</i> Ag.
Dinophyta	
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.Müller) Bergh	
<i>Peridinium cinctum</i> Ehr.	
Green algae (Chlorophyceae)	
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	



*Chlorella vulgaris* Beyerinck  
*Coelastrum microporum* Nageli in A.  
Braun

*Oocystis borgei* J.Snow

*Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini  
*Closterium littorale* Gay.

*Cosmarium botrytis* Menegh.

*Scenedesmus communis* E.H.Hegevald

*Scenedesmus bijuga* (Turp) Lagerh

*Spyrogyra varians* (Hass.) Kütz.

*Spyrogyra gratiana* Kütz.

*Staurastrum gracile* Ralf

#### **Chrysophyta**

---

*Dinobryon sertularia* Ehrenberg

#### **Euglenophyta**

---

*Euglena elongata* Schewiakoft

*Trachelomonas* sp.

*Diatoma vulgare* Bory

*Diatoma elongatum* Bory.

*Fragilaria delicatissima* (W.Smith) Lange-  
Bertalot

*Fragilaria construens* (Ehrenberg) Hustedt

*Fragilaria ulna* (Nitzsch) Ehrenberg

*Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabh.

*Gyrosigma attenuatum* Bory.

*Gomphonema olivaceum* (Lyng.) Kütz.

*Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grun.

*Meridion circulare* Ag.

*Rhoicosphaenia curvata* (Kützing) Grunow

*Pinnularia brebissonii* (Kütz.) Ralph.

*Pinnularia sublinearis* (Grunow) Krammer

*Pinnularia borealis* Grun.

*Navicula cincta* (Ehrenberg) Ralfs in  
Pritchard

*Navicula cryptocephala* Kütz.

*Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot

*Navicula lanceolata* (Agardh) Kützing

*Navicula pupula* Kütz.

*Navicula radiosa* (Agardh) Kützing

*Navicula venata* Kützing

*Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith

*Nitzschia acularis* (Kützing) W. Smith

*Neidium iridis* (Ehr.) Cleve

*Neidium dubium* Becker

*Surirella ovata* Kützing

*Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing

#### **4. SONUÇ**

Doğancı Baraj Gölü'nden alınan su  
numunelerinde Klorofil-a (Kl-a) ve

Askıda katı madde (AKM) ve Secchi  
(Seki) disk derinliği (SDD)  
parametreleri izlenmiştir. Elde edilen  
veriler doğrultusunda;



- Baraj Gölü'nde izlenen parametrelerin sonuçları, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Tablo 2'de yer alan "Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri" Tablosu ile karşılaştırıldığında AKM ve Klorofil-a konsantrasyonları açısından sınır değerlerini sağlamaktadır.
- Baraj Gölü'nde ölçülen Seki diski derinliği ve Klorofil-a değerleri Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Kurulan Su Ürünleri Yetiştiriciliği Tesislerinin İzlenmesine İlişkin Tebliğ Taslağı Tablo 1'de yer alan "Göl Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri" Tablosuna göre değerlendirildiğinde baraj gölünün mezotrofik özellikte olduğu görülmektedir.

Doğancı Baraj Gölü fitoplanktonunu tür çeşitliliği bakımından başlıca Bacillariophyceae, Chlorophyceae ve Cyanophyceae üyeleri oluşturmaktadır. Fitoplanktonun ayrıntılı olarak incelendiği araştırmaların sürdürülmesinin, gölün su kalitesinin

kontrol altında tutulması ve iyileştirilmesinde etkili olacağı düşünülmektedir. Araştırma sonucunda verilen tür listesi bu baraj gölünün fitoplankton kompozisyonu hakkında öncelikli rapor niteliği taşımakta olup sonraki araştırmalar için kaynak teşkil etmesi açısından fayda sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akar, A., 2017, *Öküzdere Baraj Gölü Fitoplanktonunun Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi 2017-YL-008, A.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Anonim, 2004, *Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Kurulan Su Ürünleri Yetiştiriciliği Tesislerinin İzlenmesine İlişkin Tebliğ Taslağı - Tablo 1*, Resmi Gazete:31/12/2004-25687.
- Anonim, 2014, *Bursa ili 2014 Yılı Çevre Durum Raporu*, T.C Bursa Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü. 152s.
- Apha, A.W.W.A., and W.E.F., 2012, *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, vol. 22.
- Çevlik, H., 2013, *Ermenek Baraj Gölü Limnolojisi*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara, 252s.
- Ünlü, A., Çoban, F. ve Tunç, M.S., 2008, *Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve*





- İnorganik Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23(1), 119-127.*
- Eryılmaz, H., İpek, Ş. İ. ve Yalçın Çelik, B., 2014, Borçka Baraj Gölü (Artvin) Su Kalitesinin Araştırılması, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(1)-8.
- Uyguner, C.S., 2009, Vulnerability of the Drinking Water Supplies of Istanbul Metropolitan City: Current Status and Future Prospects, Hlavinek et al. (eds.), Risk Management of Water Supply and Sanitation Systems, 215-224.
- Järvinen, M., Drakare, S., Free, G., Lyche-Solheim, A., Phillips, G., Skjelbred, B., Mischke, U., Ott, I., Poikane, S., Søndergaard, M., Pasztaleniec, A., Van Wichelen J. and Portielje, R., 2013, Phytoplankton Indicator Taxa for Reference Conditions in Lowland Northern and Central European Lakes, *Hydrobiologia*, 704(1), 97–113.
- Albay, M. and Akçaalan, R., 2003, Factors Influencing the Phytoplankton Steady State Assemblages in a Drinking-Water Reservoir (Ömerli Reservoir, Istanbul), *Hydrobiologia*, 502, 85-95.
- Soylu, E.N. and Gönülol, A., 2010, Functional Classification and Composition of Phytoplankton in Liman Lake, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 10, 53-60.
- Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Dere, Ş., Çınar, Ş., Bulut, C. and Savaşer, S., 2016, Species Composition and Spatio-Temporal Variations of Phytoplankton of Lake Uluabat, *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 2(3), 121-135.
- Germain, H., 1981, Flore Des Diatomees, eaux douces et saumâtres, Societe Nouvelle Des Editions Boubee, 11 place Saint-Michel, Paris, 444 pp.
- Husted, F., 1985, The pennate diatoms, With Supplement by Norman G.Yensen, Koenigstein.
- Korshikov, O.A., 1987, The freshwater algae of the Ukranian. Vol: 5, 412s.
- Dillard, G.E., 1989, The freshwater algae of the Southeastern United States, Pt.3.Chlorophyceae: Zygnematales: Zygnemataceae, Mesotaeniaceae and Desmidiaceae (Section 1).
- Round, F.E., 1973, The Biology of the Algae, Second Edition, London, 278 pp.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1986, Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/1, 1. Teil: Naviculaceae, pp. 1-876. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1991a, Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae, Band 2/3, 3. Teil:



*Centrales, Fragillariaceae,  
Eunoticeae, pp. 1-576. Stuttgart:  
Gustav Fischer Verlag.*

*Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1991b,  
Süßwasserflora von Mitteleuropa.  
Bacillariophyceae, Band 2/4, 4. Teil:  
Achnantheaceae, pp. 1-436. Kritische  
Ergänzungen zu Navicula  
(Lineolatae) und Gomphonema  
Gesamtliteraturverzeichnis. Stuttgart:  
Gustav Fischer Verlag.*

*Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1999,  
Süßwasserflora von Mitteleuropa.  
Bacillariophyceae, Band 2/2, 2. Teil:  
Bacillariophyceae, Epithemiaceae,  
Surirellaceae, pp. 1-610. Berlin:  
Spectrum Akademischer Verlag.*

*Hartley, B., Barber, H.G., Carter, J.R. and  
Sims, P.A., 1996, An Atlas of British  
Diatoms. Bristol, UK: Biopress Ltd.*

*John, D. M., Whitton, B.A. and Brook, A.J.,  
2003, The Freshwater Algal Flora of  
the British Isles, An Identification  
Guide to Freshwater and Terrestrial  
Algae. Cambridge: Cambridge  
University Press.*

*Guiry, M.D. and Guiry, G.M., 2009, Algae  
Base, World-wide electronic  
publication. Galway: National  
University of Ireland.*



## KIYI ŞEHİRLERİNDE BULUNAN ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDEKİ ÇED UYGULAMALARINA GENEL BİR BAKIŞ: KURŞUNLU ATIKSU ARITMA TESİSİ VE DERİN DENİZ DEŞARJI TESİSİ

Nursel KALEOĞLU<sup>1</sup>, Esra GÜLER<sup>1</sup>, Özcan YAVAŞ<sup>1</sup>, Çağla ÇELİKLİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>EKOÇED Çevre Danışmanlık ve Mühendislik Ltd. Şti.

yavas.ozcann@gmail.com, caglacelikli@gmail.com

**Özet:** Ülkemizde hızlı gelişen sanayi sektörü çevreyi olumsuz olarak etkilemektedir. Bu durumun önüne geçmek amacıyla hem sanayi faaliyetleri hem de halk yararına kurulan tesisler, kurulmadan önce çevresel etkilerini belirtmek ve bu etkileri minimum seviyeye indirecek önlemleri almak zorundadır. Bu süreç, ülkemizde Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) süreci olarak tanımlanmıştır. Kıyı şehirlerinde halk yararına kurulması planlanan gerek atıksu arıtma tesisleri gerek derin deniz deşarjı sistemleri için ÇED raporu hazırlanırken özellikle alıcı ortamın Marmara Havzası gibi kötü su kalitesine sahip olması durumunda; deşarj yerinin oşinografik ve batimetrik çalışmalarının mutlaka ÇED raporlarında belirtilmesi gerekmektedir. Ayrıca ÇED mevzuatı kapsamında alıcı ortamın flora ve faunası hakkında detaylı bilgiler verilmeli özellikle derin deniz deşarjı sistemleri kurulmadan önce denizdeki canlıların göç güzergahları, yumurta bırakma alanları ve endemik türlerin yaşam alanlarına zarar gelecek herhangi bir alana bu sistemler kurulmamalıdır. Özellikle bu tip projelerden önce bölgesel planlar yapılmalı ve bu planlara ÇED raporu hazırlanmadan önce mutlaka Stratejik ÇED raporları hazırlanmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Stratejik ÇED, ÇED, Mevzuat, Atıksu Arıtma Tesisi, Derin Deniz Deşarjı, Deniz Kirliliği

### WASTEWATER TREATMENT FACILITIES AND DEEP SEA DISCHARGE SYSTEMS EIA PROJECT APPLICATIONS IN COASTAL CITIES: SAMPLE OF BURSA PROVINCE

**Abstract:** The rapidly growing industrial sector was affected the environment negatively in our country. In order to avoid this situation, both industrial activities and built for the public weal must indicate for environmental effect and must take precaution to decrease minimum level to this affects before be established. This process has been defined as the Environmental Impact Assessment (EIA) process in our country. When the EIA report is prepared for the wastewater treatment plants or deep sea discharge systems planned to be built in the coastal cities for public benefit, oceanographic and bathymetric studies of the discharge site must be specified in the EIA reports if the receiving environment has poor water quality such as the Marmara Basin. In addition, detailed information about the flora and fauna of the receiving environment should be given within the scope of EIA legislation. These systems should not be installed in any area that would damage the habitats of migratory routes, laying habitats and endemic species of the sea creatures, especially before deep sea discharge systems are established. Before such projects, regional plans should be made and Strategic EIA reports should be prepared before these plans are prepared.



**Keywords:** SEA, EIA, Legislation, Wastewater Treatment Plants, Deep Sea Discharge, Sea Pollution

## KISALTMALAR

AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
BUSKİ	Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
DDD	Derin Deniz Deşarjı
HDPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde artan nüfus ve hızlı gelişen sanayi sektörü çevreyi olumsuz etkilemekte ve ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple gerek sanayi faaliyetleri gerek halk yararına kurulan tesisler, kurulmadan önce çevresel etkilerini belirtmek ve bu etkileri minimum seviyeye indirecek önlemleri almak zorundadır. Bu süreç, ülkemizde Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) süreci olarak bilinmekte olup 07.02.1993 tarih ve 21489 sayılı Resmi Gazete (ilk yayın) ile ülkemiz mevzuatına girmiştir. ÇED süreci ülkemizde gerçekleştirilmesi planlanan projelerdeki çevresel etkilerin önemini azaltmak için alınacak önlemlerin belirlenmesi ve ekolojik dengenin

bozulmasını önlemek için önemli bir süreçtir.

Dünyada 1950'li yıllardan itibaren sanayi kuruluşların çevreye olan olumsuz etkileri tespit edilmiş ve bunun sonucunda çevre kirliliği ve çevre bilinci konusu hızla yaygınlaşmıştır. Olumsuz etkilerin ortaya çıkması sonucunda 1972 yılında İsviçre'de gerçekleştirilen 'İnsan ve Çevre' konferansında olumsuz etkilerin insan sağlığına etkisi ve bu etkilerin azaltılması konusu vurgulanmıştır. 1992 yılında Rio'da yapılan Çevre Konferansı'nda ise Rio Deklerasyonu imzalanmış ve 17. Maddesi olan 'Çevresel Etki Değerlendirmesi' maddesi tanımlı yer almıştır. Bu madde kapsamında ise 'Ulusal bir araç olan Çevresel Etki Değerlendirmesi çevreye önemli derecede zarar verici nitelikteki



ve uzman ulusal otoritelerin kararına bağlı olan projeler için yapılacaktır' ifadesi yer almıştır (Fanuscu ve Coskun, 1995). Özellikle Birleşmiş Milletler Çevre Komisyonu bu çalışmaları desteklemiş ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde ÇED sürecinin mevzuata girmesi konusunda başarılı çalışmalar gerçekleştirmiştir (Çevresel Etki Değerlendirmesi El Kitabı, 2009).

ÇED sürecinin 1970li yıllarda ortaya çıkmasından ve 1983 yılında Çevre Kanunu çıkarılmasından itibaren sanayi kuruluşlarının çevreye verdiği zararlar konusunda çalışmalar yapılmıştır. Bunun sonucunda ülkemizde Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği 07.02.1993 tarih ve 21489 sayılı Resmi Gazete (ilk yayın) ile ülkemiz mevzuatına girmiştir. Bu yönetmelikle ise temel amaç 'gerçekleştirmeyi planladıkları faaliyetleri sonucu çevre sorunlarına yol açabilecek kamu veya özel sektöre ait kurum, kuruluş ve işletmelerin yatırım kararlarının çevre üzerinde yapabilecekleri tüm etkilerin değerlendirilmesi, tespit edilen olumsuz etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi ve alternatiflerin

değerlendirilmesi' olarak tanımlanmıştır. Ülkemizde ÇED süreci 1993 yılından itibaren proje gerçekleştirilmeden uygulamaya konulmuş ve proje faaliyetleri sırasında etkili olacak şekilde planlanan koruyucu önlemleri içermektedir (Aydın, 2003; Gökçe ve Barış, 2015).

ÇED raporları, multi-disipliner ve uzman bir grubun çalışması ile oluşturulmaktadır. Bu sebeple proje ana hatlarıyla çok dikkatli bir şekilde planlanmalıdır. Planlanan bir faaliyet;

- Ön Hazırlık Süreci
- Eleme Süreci
- Kapsam ve etkilerin belirlenmesi
- Çevrenin mevcut durumunun tespiti
- Çevresel etkilerin kesinlik kullanılarak ifadesi
- Gerekli çevre koruma önlemlerinin belirlenmesi ve/veya alınması
- Proje ve yer alternatiflerinin değerlendirilmesi
- ÇED raporunun hazırlanması
- Karar verme süreci

Aşamalarının tamamını kapsamalıdır (Çevresel Etki Değerlendirmesi El Kitabı, 2009).



Özellikle alıcı ortamın deniz olduğu Bursa ili gibi kıyı şehirlerinde gerçekleştirilecek projelerin denizi etkilemesi durumunda ÇED raporlarının önemi daha da ortaya çıkmaktadır. Bu raporların hazırlanması, projeler açısından yol gösterici nitelikte olup ÇED planlama faaliyetlerini ardışık şekilde yerine getirmek gerekmektedir. Özellikle herhangi bir aşamada çıkan olası durumlarda tekrar gözden geçirme ve sürecin iyileştirme çalışmaları kaçınılmaz olabilir.

ÇED süreci ülkemizde gerçekleştirilmesi planlanan projelerdeki çevresel etkilerin önemini azaltmak için alınacak önlemlerin belirlenmesi ve ekolojik dengenin bozulmasını önlemek için önemli bir süreçtir. Çalışma kapsamında, kıyı şehri olan Bursa ilinin Gemlik İlçesi'nde ÇED süreci tamamlanan Kurşunlu Atıksu Arıtma Tesisi ve Derin Deniz Deşarjı Sisteminin ÇED süreçleri incelenmiş ve alınan önlemler ile Marmara Denizi'nin su kalitesinin korunmasına sağlayacağı katkı belirlenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Kıyı Şehirlerinde Atıksu Arıtma Tesisleri

19. yılların başında hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişimin hızlanmasıyla birlikte çevrenin ve temiz su kaynaklarının hızla kirlendiği fark edilmiş ve bu durum kirlenen suların temizlenmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bunun sonucunda atıksu arıtma teknolojileri geliştirilerek ve yer, enerji, iklim vb. özelliklere bağlı olarak pek çok alternatifleri oluşturulmuştur.

Bursa ili, Marmara Denizi'ne özellikle Mudanya ve Gemlik ilçeleri ile sınırı olan bir sanayi şehridir. Bu iki ilçe de toplam Özellikle otomotiv ve tekstil sanayinin yanı sıra, zeytincilik ve gıda sektörü gibi sektörlerle öncülük etmektedir. Gemlik ilçesinde yılda yaklaşık 11.000 ton zeytin işlenmektedir. Mudanya ve Gemlik ilçelerinde ise yılda 43.000 ton zeytinyağı üretimi gerçekleştirilmektedir. Rakamlar göz önünde bulundurulduğunda bu suların atıksu arıtma tesislerinde arıtılmasının önemi anlaşılmaktadır.

Bursa ili'nde 2 adet merkezi atıksu arıtma tesisi olup, bunlardan Doğu



Atıksu Arıtma Tesisi 240.000 m<sup>3</sup>/gün, Batı Atıksu Arıtma Tesisi 80.000 m<sup>3</sup>/gün kapasitede işletilmektedir. Bu tesisler kentsel atıksu arıtma tesisi özelliği göstermekte ilin bütün evsel nitelikli atıksularının yanı sıra bazı endüstriyel nitelikli atıksuları da arıtılmaktadır. Ancak son yıllarda Bursa ilinde özellikle kıyı bölgelerinde artan nüfus ve sanayi bu bölgelerde ilave arıtma ihtiyacı doğurmuştur. Özellikle zeytin endüstrilerinden kaynaklanan yüksek fenol ve KOİ içeriği bu atıksuların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesi alıcı ortamdaki oksijenin hızla tükenmesine özellikle alıcı ortamın deniz olduğu yerlerde canlı türlerinin azalmasına ve su kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu sebeple Gemlik ilçesi'nde Kurşunlu bölgesine atıksu arıtma tesisi kurulması planlanmış çıkış sularının da derin deniz deşarj sistemi ile arıtılarak denize verilmesi planlanmıştır

## **2.2. Kıyı Şehirlerinde Derin Deniz Deşarjı Sistemleri**

Derin deniz deşarjı sistemleri atıksuların belirli ön arıtma işlemlerine tabi tutulduktan sonra denizlere bertarafı yapıp, denizlerin

türbülansından yararlanılarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticilerin giderilmesi proseslerini kapsamaktadır. Deniz deşarjı sistemleri özellikle kıyı şehirlerinde atıksuların klasik yöntemlerle arıtılmasına oranla daha ekonomik ve işletilmesi daha kolay tesislerdir. Ayrıca deniz deşarjı sistemlerinin önemli bir avantajı gözle görülmeyen tesisler olduğundan dolayı estetik açıdan problem teşkil etmeyen tesislerdir.

Su kalitesi gün geçtikçe hızla kirlenen ve hem ekonomik hem ekolojik açıdan kritik bir öneme sahip olan Marmara Denizi'ne gerçekleştirilmesi planlanan derin deniz deşarjı projelerinde uygun arıtma değerlerine ulaşılabilmesi tesisin oldukça iyi projelendirilmesine ve deşarj edilecek alıcı ortamın özelliklerinin iyi belirlenmesine bağlıdır. Bu sebeple alıcı ortamın oşinografik, batimetrik ve deniz yapısının genel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Türkiye Devlet Planlama Teşkilatı tarafından hazırlanan Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda (2014-2018) yer alan politikalar göz önünde bulundurulduğunda 981. Madde'de belirtilen "Şehirlerde kanalizasyon ve atık su arıtma altyapısı geliştirilecek,



bu altyapıların havzalara göre belirlenen deşarj standartlarını karşılayacak şekilde çalıştırılmaları sağlanacak, arıtılan atık suların yeniden kullanımı özendirilecektir” denmektedir. Bu sebeple özellikle kıyı şehirlerinde derin deniz deşarj sistemleri yaygınlaştırılmalıdır.

Bursa ili Gemlik ilçesinde kurulması planlanan Kurşunlu Atıksu Arıtma Tesisi ve Derin Deniz Deşarj Sistemi ÇED yönetmeliği kapsamında değerlendirilerek tesislerin Marmara Denizi'ne olası etkilerinin incelenmesi, engelleyici tedbirlerin alınması ve sürdürülebilir bir çevrenin sağlanması amacıyla ÇED raporlarının önemi büyüktür. Ayrıca bu çalışmada ÇED prosedürü yasal süreçlerinin nasıl işlediği, bu tesislere hazırlanan ÇED raporlarının ve/veya proje tanıtım dosyalarının hazırlanmasında dikkat edilmesi gereken konular, ÇED sürecinde uyulacak idari ve teknik esaslar, tesislerin inşaat ve işletme aşamasından sonraki süreçler detaylı olarak incelenmiş ve genel ÇED süreci hakkında bilgiler verilmiştir.

### **2.3. ÇED Uygulamalarında Atıksu Arıtma Tesisleri ve Derin Deniz Deşarj Sistemleri**

Ülkemizde ÇED Yönetmeliği 1993 yılından itibaren birçok defa revize edilmiş olup 07.02.1993 tarih ve 21489 sayılı Resmi Gazete (ilk yayın)'de yayınlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği kapsamında Derin Deniz Deşarj Sistemleri yer almamakta ancak atıksu arıtma tesisleri Ek-3 Ön Araştırma Uygulanacak Tesisler Madde 7 e) bendi kapsamında kapasite sınırı olmadan yer almaktadır. Günümüzde geçerliliği mevcut 25.11.2014 tarih ve 29186 sayılı (26.05.2017 tarih ve 30077 sayılı revize) ÇED Yönetmeliği kapsamında ise, derin deniz deşarj sistemleri Ek-2 Seçme-Eleme kriterleri uygulanacak projeler listesi Madde 31 ö) bendinde yer almaktadır. Atık su arıtma tesisleri ise kapasitelerine göre 2 farklı kategori de ele alınmaktadır. ÇED Yönetmeliği Ek-2 Seçme-Eleme Kriterleri Uygulanacak Projeler Listesi Madde 56. Kapasitesi 50.000-150.000 eşdeğer kişi ve/veya 10.000-30.000 m<sup>3</sup>/gün arasında değişen atıksu arıtma tesisleri kapsamında daha yüksek kapasiteye sahip tesisler ise Ek-1 ÇED Uygulanacak Projeler Listesi Madde 16 Kapasitesi 150.000 eşdeğer.kişi ve/veya 30.000 m<sup>3</sup>/gün üzeri olan





atıksu arıtma tesisleri kapsamında yer almaktadır.

Atıksu arıtma tesisleri için ÇED işlemleri eleme kriterlerinin yapılması ile başlamaktadır. Öncelikle arıtma tesisinin kapasitesi belirlenmeli Proje Tanıtım Dosyası ya da ÇED Başvuru Raporu mu hazırlanacağı belirlenmelidir. Derin deniz deşarjı projelerinde ise kapasite önemli olmaksızın Proje Tanıtım Dosyası hazırlanmalı ve gelen görüşe göre (ÇED Gereklidir ya da ÇED Gerekli Değildir) proje devam ettirilmelidir.

ÇED projeleri hazırlanırken yönetmelik maddesi belirlendikten sonra hazırlık

aşamasına geçilir. Burada en önemli konu proje koordinatörün belirlenmesi ve proje ekibinin oluşturulması olmaktadır. ÇED süreci multi-disipliner bir süreç olduğundan dolayı seçilecek ekibin gerçekleştirecek projeye uygun olması gereklidir (Tablo 1). Özellikle Atıksu Arıtma Tesisi ve Derin Deniz Deşarjı projeleri kapsamında proje ekibi belirlenirken alıcı ortamın deniz olmasına dikkat edilmeli ve deniz ortamının flora-faunasını inceleyen bir biyolog, zoolog ve/veya mümkünse bir hidrobiyolog proje ekibine dahil edilmelidir.

**Çizelge 1.** Bir ÇED Projesine Katkı Bulunması Muhtemel Meslek Grupları (Çevresel Etki Değerlendirmesi El Kitabı, 2009)

BİYOTİK ÇEVRE		SOSYO-EKONOMİK ÇEVRE		ABİYOTİK ÇEVRE	
FLORA-FAUNA ve PROTİSTA	SOSYAL ÇEVRE	EKONOMİK ÇEVRE	LİTOSFER	HİDROSFER	ATMOSFER
Ekolog			Jeoteknik Mühendisi	Su Kirliliği Mühendisi	
Biyolog	Sosyolog	Ekonomist	İnşaat Mühendisi	Çevre Mühendisi	
Mikrobiyolog	Sosyal Plancısı	Şehir Plancısı	Jeoloji Mühendisi	Sistem Analisti	Hava Kirliliği Mühendisi
Hidrobiyolog	Mimar	Bölge Plancısı	Jeofizik Mühendisi	Su Kimyası Uzmanı	Çevre Mühendisi
Zoolog	Peyzaj Plancısı	Ulaşım Plancısı	Jeolog	Hidrolog	Sistem Analisti
Sistemik Uzmanı	Peyzaj Mimarı	Tarımsal Ekonomist	Pedalog	Hidrojeolog	Meteorolog
Sistem Analisti		İstatistikçi	Ziraat Mühendisi	Hidrojeofizikçi	
Flora Fauna Sosyoloğu					

**NOT:** Tablo genel bir ÇED raporuna örnek olarak verilmiştir. Proje bazlı olarak tabloya ilave meslek grupları eklenebilir.



Tablo 1'de görüldüğü üzere ÇED projeleri birçok meslek grubunu bir araya getirmektedir. Proje ekibinin oluşturulmasından sonra proje alanında ziyaret yapılmalı toprak ve arazi yapısı incelenmeli, su-enerji kullanımı ve atık oluşumu belirlenmelidir ve bu konularla alakalı yönetmelikler gözden geçirilmelidir. Böylece projenin hem ÇED aşamasında hem de işletme aşamasında mevcut yasal düzenlemeler ile oluşacak problemler ortadan kaldırılmış olur. Özellikle derin deniz deşarjı projelerinde kara hattının devamı olan deniz hattının oşinografik ve batimetik çalışmaları göz önünde bulundurulmalı deniz hattı bölgesinin flora faunası gözden geçirilmelidir. Özellikle balıkların göç yolu ve yumurtlama alanları olan bölgelerde bu sistemlerin kurulması mümkün olmadığından ÇED aşamasında bu konuların incelenmesi önemlidir. Ayrıca ÇED raporlarında denizin akıntı ölçümleri, deniz suyu analizleri, fiziksel ve iklimsel parametrelerin analizi mutlaka ÇED raporlarına konulmalı ve uygun olmayan parametreler varsa yerin değiştirilmesi ve projelerin durdurulması gerekmektedir (Sukumaran et. al, 2009).

Kurşunlu Atıksu Arıtım Tesisi 4.725 m<sup>3</sup>/gün proje debisiyle kurulması planlanmaktadır. Bu tesislerin çıkış yapılarına kurulacak derin deniz deşarjı hatları ise sırasıyla 728,71 metre (187,13metre kara hattı, 541,58 metre deniz hattı) hat uzunluğuna sahiptir.

#### 2.4. Metod

Çalışma bir literatür ve inceleme çalışması olup, yönetmelikler, dergiler, makaleler araştırma kısmını oluşturmuştur. Ayrıca Kurşunlu ve Küçükkuşla Atıksu Arıtım Tesisleri ve Derin Deniz Deşarjları sistemleri yerinde incelenmiş ve proje sahipleri ile konuşularak elde edilen gözlemler paylaşılmıştır.

Çalışma kapsamında Kurşunlu Atıksu Arıtım Tesisi ve Derin Deniz Deşarj Sistemi oşinografik ve batimetik çalışmaları, meteoroloji verileri, topografik analizler, hidrojeoloji/jeoloji etüdüleri, proje alanı flora/faunası ve sosyo-ekonomik çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmaları çevresel etkileri; hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği, koku kirliliği ve iklim değişikliği yönünden değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.



### 3. BULGULAR VE SONUÇLAR

#### 3.1 Kurşunlu Atıksu Arıtma Tesisi ve Derin Deniz Deşarjı Sistemi'nin ÇED Süreci Kapsamında Yapılan Çalışmalar

Atıksu Arıtma Tesisleri ve Derin Deniz Deşarjı Tesisleri özellikle denizin alıcı ortam olarak kullanıldığı kıyı şehirlerinde hem inşaat hem de işletme aşamasında üzerinde önemle durulması gereken tesislerdir. Bu projelerin ortak özelliği halk yararı gözetilen ve yapılması zorunlu tesisler olmasıdır. Bu sebeple alıcı ortamlarının son yıllarda hızla kirlenmeye başlayan Marmara Denizi olması nedeniyle ÇED

süreçlerinin dikkatli hazırlanması gerekmektedir. Bu projeler hazırlanırken dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise çevresel etkiler incelenirken hem kara yapıları hem de deniz yapıları ayrı ayrı incelenmeli ve çevresel etkileri ayrı ayrı belirlenmelidir.

Çalışma kapsamında ilk olarak Kurşunlu Atıksu Arıtma Tesisi ve Derin Deniz Deşarjı Sistemi oşinografik ve batimetrik çalışmaları incelenmiştir. Bu çalışmalarda hakim akıntı yönü batı-kuzeybatı olarak belirlenmiştir. Tesisin akıntı yönü ve derinlik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Kurşunlu AAT ve DDD Tesisi Dalga Özelliklerinin Özeti (Kurşunlu AAT ve DDD Proje Tanıtım Dosyası, 2017)

Yön	H <sub>s</sub> [m]	H <sub>avg</sub> [m]	H <sub>s50</sub> [m]	H <sub>1/100</sub> [m]	H <sub>max</sub> [m]	Güvenli Derinlik [m]
BGB	0,70	0,45	<b>0,89</b>	1,17	<b>1,41</b>	2,11
B	1,05	0,67	<b>1,33</b>	1,75	<b>2,09</b>	3,14
BKB	2,76	1,76	<b>3,50</b>	4,60	<b>5,51</b>	<b>8,27</b>
KB	0,76	0,48	<b>0,96</b>	1,26	<b>1,51</b>	2,27
KKB	0,74	0,47	<b>0,94</b>	1,23	<b>1,48</b>	2,22
K	0,71	0,45	<b>0,90</b>	1,19	<b>1,42</b>	2,13
KKD	0,68	0,44	<b>0,87</b>	1,14	<b>1,37</b>	2,05

Yapılan çalışmalar sonucunda Engürcük Koyu'ndan gelen akıntı sayısının çok az olduğu ancak yağmur

miktarlarına bağlı olarak su kalitesinde değişimler olabileceği düşünülmektedir. Kurşunlu Sahil



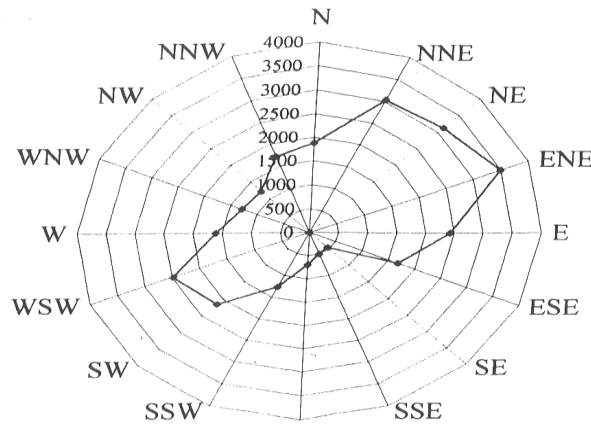
Bölgesi'ne ait rüzgar yönleri, hız ve verilmiştir.  
diğer etkin dalga verileri Tablo 3'te

**Tablo 3.** Kurşunlu Sahil Şeridi Etkin Olan Rüzgar Yön, Hız ve Diğer Etkin Dalga Verileri (Kurşunlu AAT ve DDD Proje Tanıtım Dosyası, 2017)

Dalg a Yönü	Hız(U) (m/s)	Fetch (km)	Etkin Dalga Yükseklği (H <sub>s</sub> )(m)	Etkin Dalga Peryodu (T <sub>s</sub> )(s)	Etkin Dalga Boyu (L <sub>s</sub> ) (m)	Etkin Dalga Kırılma Derinliği (h) (m)
BGB	14	9.5	0.70	2.48	9.58	0.48
B	14	21	1.05	3.14	15.43	0.77
BKB	14	146	2.76	5.63	49.38	2.47
KB	14	11	0.76	2.59	10.47	0.52
KKB	14	10.5	0.74	2.55	10.18	0.51
K	14	9.7	0.71	2.49	9.71	0.49
KKD	14	9	0.68	2.44	9.28	0.46

Oşinografik ve batimetrik çalışmalar yapıldıktan sonra Bursa Orman ve Su İl Müdürlüğü'nden Bursa iline ait uzun

dönem iklimsel veriler alınmış olup bu veriler yardımıyla hakim rüzgar yönü hazırlanmıştır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Bursa İli Hakim Rüzgar Yönü Şeması (Bursa Orman ve Su İl Müdürlüğü Uzun Dönem Verileri -1960/2016)



Şekil 1 'den görüldüğü gibi hakim rüzgar yönü doğu –kuzeydoğu yönü olduğu belirlenmiş ve tesiste oluşması muhtemel emisyon ve koku probleminin önüne geçmek için dikkat edilmesi gereken alan belirlenmiştir.

Bursa İli'nin iklimi incelendiğinde Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasındaki geçiş bölgesinde bulunmaktadır. Bu nedenle her iki iklimin özelliklerini yer yer görmek mümkündür. Kış aylarının çok sert geçmediği ilde, yaz ayları da çok kurak geçmemektedir. Bursa ilinin ortalama yerel basıncı 1004,3 (hPa), yıllık sıcaklık ortalaması 14,7 °C olarak belirlenmiştir.

ÇED ve Proje tanıtım dosyaları hazırlanırken özellikle kıyı şehirlerini etkileyen önemli bir konu tesis alanının topografik ve jeolojik/hidrojeolojik yapısıdır. Bu kapsamda ÇED raporları hazırlanırken özellikle Marmara Denizi gibi hassas bölgenin etkileneceği yerlerde proje ekibinde Jeoloji Mühendisi dahil edilmeli ve bölgenin topografik ve jeolojik yapısı analizlenmelidir.

Tesis alanı, Gemlik Körfezinden güneye doğru oldukça dik yamaçlarla

yükselen topoğrafya, kıyıya paralel doğu - batı doğrultulu sırtlar oluşturmakta olup sırtlar üzerinde yükselti 125-250 m. arasında değişmektedir. Daha sonra, güneybatıya doğru tekrar tedrici olarak alçalan topoğrafya Büyük Dere (Koca D.) vadisinde 15 m. ye kadar düşmektedir. Daha güneye doğru tekrar artan yükselti, oldukça dik yamaçlara sahip sırt ve tepelerin görüldüğü engebeli bir topografyayı oluşturur ve Gençali güneyindeki Kızılcapınar T. de 387 m. ye ulaşır. Deşarj başlangıç noktası deniz kıyısında olup, topografik yükseltisi 0 m. dir. İnceleme alanını içinde bulunduran Bursa-Gemlik bölgesinde Paleozoyikten Kuvaternere kadar değişik yaşta, ve değişik litolojide birçok kaya birimi bulunmaktadır. Ancak inceleme alanı içerisinde sadece Eosen yaşlı Gemlik Grubuna ait, Dürdane, Kayacık Çayırı, Katırlı ve Kurbandağı Formasyonları ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar görülmektedir.

Flora/fauna bütün ÇED raporları ve proje tanıtım dosyalarında bulunması zorunlu olan ve canlı yaşamını korumak amacıyla araştırılması ve değerlendirilmesi gereken önemli bir



konudur. Flora/fauna kısımları ÇED sürecinde genel olarak biyolog ve/veya biyoloji uzmanları tarafından ele alınmakla birlikte bazen zoologların da sürece dahil olduğu görülmüştür. Kıyı projelerinde flora/fauna bilgileri için yalnız kara bölgesi ile sınırlı kalınmaması flora/fauna araştırmasının deniz alanına da taşınması gerekmektedir. Kıyı yapıları ve projelerinin su canlılarının üzerine olan olumsuz etkiler iyi belirlenmelidir. Canlılar yaşamını sürdürdükleri ortama göre uygun ekosistemlerde yaşamlarını sürdürür, beslenir, gelişir, çoğalır ve ölürler. Bu bağlamda sucul ortamdaki parametreler bazı uyumlu çeşitli balıklar ve diğer su ürünlerinin yaşamlarını sürdürmeleri için idealdir. Ayrıca sucul doğal ortamda, mevcut su canlıları içinde belirli bir biyolojik denge söz konusu olup bu dengenin bozulmaması gerekmektedir. Deniz dibinde yapılacak boru hattının yerleştirilmesi işlemi bu bölgedeki faunanın değişmesine sebep olabilir ancak yer seçimi yapılırken bu durum dikkate alınmalıdır. Bölgedeki flora/faunanın en az etkileneceği yer seçilmelidir. Deşarj hattı sucul ortamda kısmî bulanıklıklara sebep olabilir. Bu durumda sucul canlılara yer

değiştirebilecekleri yakın yerlerin temini gerekmektedir. Bulanıklığın yayılma alanı çok kısıtlı olacağından bu canlıların tamamen bölgeden uzaklaşması beklenmemektedir. Bentik faunanın tür kompozisyonu diğer denizlere göre fakir olmakla birlikte yine de dikkat edilmesi üreme ve göç yollarının üzerinde bulunmaması gerekmektedir. Kurşunlu Atıksu Arıtma Tesisi ileri derecede azot-fosfor ve diğer organik kirleticileri giderecek ve deniz ortamına deşarj standartlarının altında atıksu verilecektir. Proje kapsamında sucul canlılar üzerine etkisi iyi analizlenmiş ve 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu ve buna bağlı olarak çıkarılan diğer yönetmelik ve tebliğlere bağlı kalınması ve su canlıların üreme, yaşama ve hayatlarını idame ettirdikleri sucul ortama zarar verilmemesi şartları gözetilerek yer seçimi yapılmıştır (Kurşunlu AAT ve DDD Sistemi Proje Tanıtım Dosyası, 2017).

### **3.2 Kurşunlu Atıksu Arıtma Tesisi (AAT) ve Derin Deniz Deşarjı (DDD) Sisteminin Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi**

Kurşunlu AAT ve DDD Sistemi hava kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği, toprak kirliliği, koku kirliliği ve iklim değişikliği



yönünden çevresel etkileri incelenmiştir.

Kurşunlu AAT ve DDD Sistemi için su kirliliği etkileri açısından incelendiğinde tesis ayrı ayrı incelenmiş olup tesiste yalnızca evsel nitelikli atıksu olacağı belirlenmiştir. Oluşan/oluşması

muhtemel bu atıksular Kurşunlu Atıksu Arıtma Tesisine bağlanacak ve arıtıldıktan sonra derin deniz deşarj sistemine verilerek nihaî olarak bertarafı sağlanacaktır. Tesis ayrıca inşaat ve işletme aşamasında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği, Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği, Kentsel Atıksuların Arıtımı Yönetmeliği, Kentsel Atıksuların Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği ve Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği mevzuatının tamamına uyularak su kirliliğinin oluşmaması için bütün önlemler alınacaktır.

Tesis hava kirliliği yönünde inşaat ve işletme aşaması olmak üzere ayrı ayrı incelenmiş olup tesisin kütleli debi hesapları kabuller üzerinden yapılmıştır. Buna göre inşaat aşamasında kara hattında oluşacak

4.500 ton/yıl hafriyat atığından 0,538 kg/sa kontrolsüz kütleli debi oluşacak, deniz hattında ise 28.000 ton/yıl hafriyat atığından ise 0,945 kg/sa kontrolsüz kütleli debi oluşacaktır. Belirtilen debiler Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Korunması Yönetmeliği EK-2'de belirtilen 1 kg/saat sınırının altında kaldığı için ayrıca modelleme çalışması yapılmamıştır. Ayrıca tesis te Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Korunması Yönetmeliği ve Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği hükümlerine uyularak minimum hava kirliliği oluşması sağlanacaktır.

Tesiste inşaat aşamasında kullanılan iş makineleri ve ekipmanlardan kaynaklanacak gürültü 166 metre uzaklıktan sonra Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği sınır değerlerini sağlamaktadır. İşletme aşamasında pompa, difüzör vb. ekipmanlardan kaynaklı gürültünün önüne geçmek için makineler kapalı ortamda çalıştırılacak ve oluşması muhtemel gürültünün önüne geçilecektir.

Tesisin inşaat ve işletme faaliyetleri sırasında oluşması muhtemel atıklar, evsel nitelikli atıklar, atık yağlar,



kontamine atıklar, atık pil ve akümülatörler ve atık flüoresan lambalar olarak belirlenmiştir. Bu atıklar özelliklerine göre birbirinden ayrı olarak geçici depolama atık sahasında depolanacak ve lisanslı tesislere bertarafı sağlanacaktır. Ayrıca Kurşunlu AAT beton zemin üzerinde kurulacak olup tehlikeli atıkların toprakla etkileşimi söz konusu olmayacaktır. Derin deniz deşarj hattı kara hattı ve deniz hattı ikiye ayrılmakta olup borularda meydana gelen çatlama, sızma vb. gibi durumlarda toprağa atıksu karışması muhtemeldir. Ancak tesisin deşarj hattında bu durumun önüne geçmek amacıyla HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) borular kullanılacak olup bu boruların en önemli özelliği uzun süre dayanıklı olmasıdır. Kurşunlu Atıksu Arıtma Tesisi betonarme yapıdan oluşmakta olup atıkların sızma, dökülme vb. gibi durumlar ile toprak kirliliğine sebep olması mümkün değildir. Ayrıca tesiste işletme aşamasında Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik hükümlerine uyulacaktır.

Atıksu arıtma tesislerinin işletmeye alınması ile oksijen tüketilmesi nedeni

ile anaerobik ortama geçen suda koku oluşturan H<sub>2</sub>S, metan, merkaptan, uçucu yağ asitleri, ketonlar ve amonyaktan ileri gelen kokular meydana gelmesi muhtemel olup koku ölçümleri sonucuna göre ilave koku önlemleri alınacaktır. Ayrıca işletme sırasında Kokuyu Oluşturan Emisyonların Kontrolü Yönetmeli şartlarına uyulacaktır.

Kurşunlu AAT ve DDD sisteminin iklim değişikliğine herhangi bir etkisi söz konusu değildir. Ancak yine de uzun dönemde herhangi bir olumsuz etkinin meydana gelmemesi amacıyla Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik ve Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik hükümlerine uyulacaktır.

Yukarıda sayılan etkiler ve alınması planlar önlemler ÇED raporlarında belirtilmiş olup verilen bu taahhütlere uyulması sağlanacak ve tesisin çevresel etkileri minimuma indirilecektir.

#### 4.TARTIŞMA

Marmara Havzası, gerek endüstrileşmeye gerekse hızlı nüfus artışına bağlı olarak başta İstanbul olmak üzere Kocaeli, Çanakkale, Tekirdağ, Bursa gibi şehirler tarafından





özellikle arıtılmamış atıksu miktarına bağlı olarak hızla kirletilmektedir. Bu sebeple Marmara Havzası su kalitesinin iyileştirilmesi için gerekli çalışmalar son yıllarda artmakta olup özellikle kıyı şehirlerinde evsel atıksuların ileri derecede arıtılması sağlanmalı ve derin deniz deşarjı sistemleri sayısı arttırılmalıdır.

ÇED süreci bilimsel temellere dayanılarak hazırlanan bir savunma aracı olup özellikle kıyı şehirlerinde deniz suyu kalitesinin etkilemeyeceğine dair taahhütler içermeli ve bu taahhütlere uyulması sağlanmalıdır (Gündoğdu ve diğ., 2004). Kıyı yapılarında ÇED süreçlerine bakıldığında ÇED sürecinin ilk çıktığı 1993 yılında itibaren bir takım gelişmeler göstermiştir. Derin deniz deşarjı projeleri 1993 yılında ÇED süreci kapsamına dahil edilmezken 2014 yılında çıkarılan son yönetmelikte Ek-2 Seçme Eleme Kriterleri Uygulanacak Projeler Listesi'ne dahil edilmiştir. Ancak bu gelişmeler hızlandırılmalı kıyı şehirlerinde denizi etkileyecek bütün projelerin ÇED sürecine dahil edilmesi gerekmektedir. Ancak bu tesisler yapılırken önce etüt-fizibilite raporları hazırlanarak Marmara Havzası'nın su kalitesini olumsuz

etkilemeyecek şekilde kapasite miktarı belirlenmelidir. Özellikle bölgesel 1, 3 ve 5 yıllık planlarda kıyı yapılarını ve deniz suyu kalitesini etkileyecek yapıların projeleri bu planlara dahil edilmeli ve mutlaka Stratejik ÇED raporları hazırlanmalıdır. Stratejik ÇED raporlarında proje ekibine, üniversite, özel kuruluş ve kamu kurumları davet edilmeli multi-disipliner çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

## **TEŞEKKÜRLER**

Bu projenin hazırlanmasında, bu çalışmanın gerekliliğini anlayıp elinden gelen desteği esirgemeyen Bursa Büyükşehir Belediyesi Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, BUSKİ Arıtma Tesisi Daire Başkanı Sayın Devrim İZGİ'ye ve Yapım ve İşletme Şube Müdürü Sayın Nurcan AYDOĞAN'a teşekkürü bir borç biliriz.

## **BİLGİ**

Bu proje 10-12 Ekim 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilen 'Ulusal Çevre, Deniz ve Kıyı Sempozyumu' kapsamında sözlü sunum olarak sunulmuştur.



## KAYNAKLAR

<http://muh.bartın.edu.tr> (2009) Çevresel Etki Değerlendirmesi El Kitabı

25.11.2014 tarih ve 29186 sayılı (26.05.2017 tarih ve 30077 sayılı revize) sayılı Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği.

Aydın, M., (2003) Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD), Planlama Dergisi, 2003/1, 19-25.

Bursa-Kurşunlu (728,71 metre hat uzunluğuna sahip) Derin Deniz Deşarjı Projesi, Proje Tanıtım Dosyası Raporu, (2017).

Fanusçu, E. M., Coşkun, A. A., (1995) Çevresel Etki Değerlendirmesi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, B-45, 3-4.

Gökçe, G., Barış, M. E. (2015) Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)-Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) İlişkisi ve Peyzaj Planlama Sürecinde Stratejik Çevresel Değerlendirmenin Önemi, International Journal of Science Culture and Sport (IntJSCS), 2148-1148, 10.14486/IJSCS345.

Gündoğdu, V., Tuzcu, D., Elele, M., (2004) Su Ürünleri İşleme Tesisleri ve Kültür Balıkçılığı Projelerinde ÇED Uygulamaları-İzmir Örneği, E.Ü Su Ürünleri Dergisi 21, 49-52, ISSN 1300-1590.

Sukuraman, S., Naidu, V. S., Sharma, P., (2009) Marine Environmentaş Impact Assessment for Discharge Channel of 4000 MW Ultra Mega Power Project Near Mundra, Gulf of Kachchh, NIO/SP-14/2009.



# 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](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 [cbt@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](http://www.cmo.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=718) adresinden ulaşılabilir.

tmmob evre mühendisleri odası

[www.cmo.org.tr](http://www.cmo.org.tr)