

# TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİYEL ATIKSULARDA TOKSİSİTE İZLEME YÖNTEMİNİN ATIKSU PARAMETRELERİ İLE İSTATİSTİKSEL İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Elif Burcu BAHADIR<sup>1</sup>, Süreyya MERİÇ PAGANO<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi, Tekirdağ, Türkiye

<sup>2</sup> Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çorlu, Tekirdağ, Türkiye

## ÖZET

Endüstriyel atıksular, proseste kullanılan hammadde ve kimyasallar ile proses türüne göre çok çeşitli kirleticileri içermektedir. Bu nedenle, bu atıksuların çevresel etkilerini kontrol amacıyla fiziksel ve kimyasal parametrelerin yanında toksisite'nin de izlenmesi yönetmeliklerde yer almıştır. Bu çalışmada, dünyadaki mevcut durum özetlenerek Ülkemizde endüstriyel deşarjların kontrolünde uyulması gereken Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki Balık Zehirlilik Seyrelme Faktörü (ZSF) parametresinin istatistik yöntemler ile analizi yapılmaktadır. Bu çalışma sonucuna göre, belirli sektörlerde ZSF ile bazı parametreler arasında ilişki gözlenirken (tekstil sanayinde KOI-ZSF %17,2; metal sanayinde kadmiyum, çinko-ZSF %100 bağlı), bazı sektörlerde (selüloz ve kimya) anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kirlenmenin tanımının değiştiği ve öncelikli kirleticilerin deşarj limitleri arasında yer almaya başladığı günümüzde toksisite parametresi ile ilgili durumun da güncellenmesinin Ülkemiz için çevre korunması konusunda acil bir öncelik olduğu açıktır.

**Anahtar Kelimeler:** Balık Zehirlilik Seyrelme Faktörü, Endüstriyel Atıksu, İstatistik, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Toksikite.

## STATISTICAL CORRELATION OF TOXICITY MONITORING METHOD WITH POLLUTION PARAMETERS FOR INDUSTRIAL WASTEWATER DISCHARGES IN TURKEY

### ABSTRACT

Industrial wastewaters contain various pollutants due to the different raw materials and chemicals used in the process. It has been legislatively established that toxicity is a useful and necessary parameter along with physical and chemical parameters for controlling and inspecting the environmental effects of industrial wastewater. In this study, the current situation in the World is presented and the case of toxicity dilution factor (TDF) defined in Turkish Water Pollution Control Legislation is discussed using statistical evaluation methods. As a result of this study, for some industrial sectors, there has been found some significant relationship between TDF and other parameters required in the discharge limits (in textile industry KOI-ZSF % 17.2; in metal industry Cd, Zn ZSF: %100 bound), whereas for some of them (cellulose and chemical) there was no significant correlation observed. For protecting the environment of our country, It's quite clear that toxicity monitoring emerges an update in the discharge limits, since the definition of pollution has been changed and priority pollutants have been included among discharge parameters.

**Keywords:** :Fish Toxicity Dilution Factor. Industrial Wastewater, Statistic, Water Pollution Control Regulations, Toxicity.

\* Corresponding author. Tel.: 282 250 23 06; e-mail: [smeric@nku.edu.tr](mailto:smeric@nku.edu.tr)

## 1.GİRİŞ

Su canlılarının potansiyel etkilenmelerini tahmin etmede, kimyasal ve fiziksel metotların yetersiz kalması nedeniyle, su kirlenmesi kontrolü açısından toksisite deneylerinin gerekliliği kaçınılmazdır [1, 2]. Endüstriyel atıksu arıtımında uygulanan mevcut arıtma teknolojileri atığın karakterine bağlı olarak yeterli verim sağlayamamakta ve pek çok öncelikli kirletici alıcı ortamlara deşarj edilebilmektedir [2, 3]. Bunun sonucu endüstriyel deşarjlar alıcı ortam canlılarına zehirlilik etkisi göstererek, alıcı ortamın ekolojik özelliklerinin bozulmasına yol açmaktadır [4, 5]. Bazı çalışmalarda, ileri oksidasyon yöntemleri kullanılarak, arıtma tesislerinin verimlilikleri artırılmış ve deşarjların toksisitesi kontrollü olarak izlenmiştir [5, 6, 7]. Endüstriyel atıksularda toksisite çalışmalarında tercih edilen *Daphnia magna* ile ilgili literatür örnekleri Tablo 1'de görülmektedir.

Bu amaçla Avrupa Birliği üye ülkelerinde olduğu gibi gelişmiş ülkeler su kaynakları mevcut kalitesinin iyileştirilmesi/korunması yolunda evsel ve endüstriyel atık sularda arıtma teknolojilerinin güncelleştirilmesi yolunda yönetmelikler yayımlanmıştır [8]. Buna göre yüzeysel sularda toksisite, bakteri (*Vibrio fischeri*), alg ve *D. magna* ile izlenmeli ve gerek olduğunda balık ile biyoakümülyasyon testleri de yapılmalıdır. İtalya'da uygulanan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre, atıksuyun alıcı ortama direk deşarjı halinde *D. magna* test canlıların %50'sinin ölümüne ve sonu ortak arıtma ile biten kanalizasyona deşarjı halinde ise %80'inin ölmesine izin verilmektedir (DLgs 152/2006).

**Tablo 1.** Bilimsel literatürde *Daphnia magna* ile endüstriyel deşarjlarda toksisite izleme çalışmalarından örnekler

Numune Türü	Açıklama	Ref.
Tekstil endüstrisi atıksuyu	Atıksu örneklerinde LC <sub>50</sub> değerini belirlemişlerdir. <i>Daphnia magna</i> 'ların hassasiyetleri kimyasallarda sodyum dedosil sülfat ve benzeri diğer maddelerle değişiklik gösterdiğini fark etmişlerdir.	[9]
Deri endüstrisi atık suyu	<i>Daphnia magna</i> ve <i>Daphnia pulex</i> kullanarak organik ve inorganik bileşiklerin LC <sub>50</sub> değerleri hesaplanmıştır.	[10]
Klor dioksit ve kostik soda içeren kraft ambalaj kağıdı ağartıcı atıksu	<i>Daphnia magna</i> ve <i>Vibrio fischeri</i> ile katalitik toksisite testleri katalitik nemli hava oksidasyona maruz kalmadan önce ve sonra gerçekleştirilmiştir.	[11]
Metal içeren katı atıkların sızıntı suları	Çeşitli endüstri atık sızıntılarındaki metallerin EC <sub>50</sub> değerleri hesaplanmıştır.	[12]
Tekstil Atıksuyu	Tekstil atıksularının fenton prosesi ile arıtılabilirliği araştırılmış ve <i>Daphnia magna</i> (su piresi) kullanılarak akut toksisite giderimi incelenmiştir. LD <sub>50</sub> değerleri atık suda % 50, Fenton prosesi ile arıtılmış suda ise % 80 olarak belirlenmiştir.	[13]
Deri endüstrisi atıksuyu	İzmir'de krom bazlı tabakhane endüstrisinin ham atıksuyunda, koagülasyon ve flokülasyon prosesinin akıntıları, biyolojik uygulama sonrası atıksuda toksisite testlerini gerçekleştirmiştir.	[2]
Endüstriyel atıksu	<i>Daphnia magna</i> , <i>Lemna minor</i> ve <i>Vibrio fischeri</i> ile yapılmış olan toksisite testlerini yüksek organik yüke sahip, askıdaki katılar, fenoller, taninler ve göz önünde bulundurulabilir çeşitli çevresel zararlı maddeleri içeren spesifik bir karakterizasyona sahip atıksular ile gerçekleştirmişlerdir. Bu tip atıksuların akut toksisitesi için en hassas tür <i>Vibrio fischeri</i> , kronik toksisite testleri içinde <i>Daphnia magna</i> olarak bulunmuştur.	[14]
Tekstil atıksuyu	İmmobilize titanya nanofotokataliz kullanarak tekstil atıksuyunun degradasyonu sonucunda toksisite analizi gerçekleştirilmiştir.	[6]
İzmir'deki petrokimya endüstrisi atıksuyu	İşlenmemiş petrokimya endüstrisi atıksu örneklerinin <i>Daphnia magna</i> hücrelerinin canlılığını %95 inhibe ettiği gözlenmiştir.	[5]
52 tip tekstil sızıntı atıksuları	Pamuk (21), keten (4), pamuk ve keten (7), selüloz (3), sentetik iplik (7), pamuk ve sentetik iplik (8), yün (2) atıksu örneklerinde EC <sub>50</sub> değerlerini hesaplamışlar.	[15]

### 1.1 Ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin Toksikite Yönünden Değerlendirilmesi

Türkiye'deki 24.04.2011 son tarihli Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) revizyonuna bakıldığında, balık toksisitesi baz alınarak zehirlilik "zehirli olarak tanımlanan bir maddenin belirli bir konsantrasyondan fazla olarak su ortamında bulunmasıyla insan sağlığının, çeşitli indikatör organizmaların sağlığının ve ekosistem dengesinin tehdit edilmesi; akut veya kronik hastalıklara, teratojenik, genetik bozulmalara ve ölçümlere yol açma özelliği" ve ZSF (zehirlilik seyrelme faktörü) ise "atıksuların zehirlilik derecesini belirlemede kullanılan bir birim" şeklinde tanımlanmıştır [16]. Yönetmeliğin 24.04.2011 revizyonuna bakıldığında balık toksisitesi baz alınarak zehirlilik seyrelme faktörü (ZSF) 11 adet endüstri kategori için 2 saatlik kompozit numunelerde 2-40 değerleri arasında ve 24 saatlik kompozit numuneler için 3-10 değerleri arasında tanımlanmaktadır (Tablo 2). Türkiye' de mevcut 08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe giren Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği'nde zehirlilik izleme ile ilgili bir değerlendirme yoktur.

**Tablo 2.** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde Balık Biyodenyi (ZSF) istenen endüstriyel sektörler

Tablo no.	Sektör/Altsektör	Anlık Num. (2 saat)	Komp. Num. (24 saat)	Rev.
5.10	Gıda sanayi ( Bitki işleme tesisleri ve benzerleri)	4	3	1988
5.11	Gıda Sanayi (Şeker üretimi; kondensasyon suları ile seyrelme yok ise var ise)	4		1988
7.1	Maden Sanayii ( kadmiyum metali, demir ve demir dışı metal cevherleri, kalsiyum florür, grafit ve benzeri cevherlerin hazırlanması)	4		1988
7.3	Metalik olmayan maden sanayi(Bor cevheri)	8		1988
10.1	Tekstil Sanayii (Açık elyaf, ipek üretimi ve terbiye)	4	3	1988
10.2	Tekstil Sanayii (Dokunmuş kumaş terbiyesi ve benzerleri)	4	3	1988
10.3	Tekstil Sanayii (Pamuklu tekstil ve benzerleri)	4	3	1988
10.4	Tekstil Sanayii (Yün yıkama, terbiye ve dokuma ve benzerleri)	4	3	1988
10.5	Tekstil Sanayii (Örgü kumaş terbiyesi ve benzerleri )	4	3	1988
10.6	Tekstil Sanayii (Halı terbiyesi ve benzerleri )	4	3	1988
10.7	Tekstil Sanayii (sentetik tekstil terbiyesi ve benzerleri)	3	2	1988
11.3	Petrol Sanayii (Hidrokarbon üretim tesisleri)	6	4	1988
12	Deri ve deri mamulleri ve benzeri sanayiiler	4	4	1988
13.1	Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayiiler (Yarı selüloz üretimi)		8	1988
13.2	Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayiiler ( Hurda kağıt, saman ve kağıttan ağartılmamış selüloz üretimi)		8	1988
13.3	Selüloz, kağıt, karton ve benzeri sanayiiler ( Ağartılmış selüloz üretimi)		8	1988
13.4	Selüloz, kağıt,karton, ve benzeri sanayiiler ( Saf selüloz üretimi )		8	1988
14.1	Kimya sanayii ( Klor-alkali üretimi)	5		1988
14.2	Kimya sanayii ( Perborat ve diğer bor ürünleri)	8		1988
14.3	Kimya sanayii ( Zırmık üretimi ve benzerleri)	4	4	1988
14.4	Kimya sanayii ( Boya üretimi ve benzerleri)	3		1988
14.5	Kimya sanayii ( Boya hammadde ve yardımcı madde üretimi ve benzerleri)	6	3	1988
14.6	Kimya sanayii ( İlaç üretimi ve benzerleri )	6		1988
14.8	Kimya sanayii ( Plastik maddelerin izlenmesi ve plastik malzeme üretimi)	6	3	1988
14.9	Kimya sanayii (Tıbbi ve zirai müstahzarat üretimi vb.)	10		1988
14.12	Kimya sanayii ( Petrokimya ve hidrokarbon üretimi tesisleri )	6	4	1988
14.13	Kimya sanayii ( Soda üretimi )	32		1988
14.14	Kimya sanayii (Karpit üretimi )		2	1988
14.15	Kimya sanayii (Baryum bileşikler üretimi )		3	1988
14.16	Kimya sanayii (Dispers oksitler üretimi)	16		1988
15.2	Metal sanayii (Genelde metal hazırlama ve işleme )	10		1988
15.3	Metal Sanayii ( Galvanizleme)	8		1988
15.4	Metal Sanayii ( Dağlama İşlemi )	5		1988
15.5	Metal Sanayii ( Elektrolitik kaplama)	2		1988
15.6	Metal Sanayii ( Metal renklendirme)	8		1988
15.7	Metal Sanayii (Sıcak galvanizleme, çinko kaplama )	10		1988
15.8	Metal Sanayii (Su verme ve sertleştirme işlemleri )	40		1988
15.9	Metal Sanayii (İletken plaka imalatı )	10		1988
15.10	Metal Sanayii (Akü imalatı)	8		1988
15.11	Metal Sanayii (Sırlama, emayeleme, mineleme tesisleri)	4		1988
15.12	Metal Sanayii (Metalaşlama ve zımparalama tesisleri)	30		1988
15.13	Metal Sanayii(Metal cilalama ve vernikleme tesisleri )	8		1988
15.14	Metal Sanayi ( Laklama/ boyama)	10		1988
18.1	Motorlu motorsuz taşıt tamirhaneleri ( Oto, traktör tamirhanesi ve benzerleri )	10		1988
18.2	Taşıt fabrikaları ( Otomobil, kamyon, traktör, minibüs, bisiklet, motosiklet vb. taşıt aracı üreten fabrikalar)	8		1988
18.3	Tersaneler ve gemi söküm yerleri ( Tablo 4'de uyulacak)	10		1988
19	Karışık endüstriyel atıksular ( Küçük ve büyük organize sanayi bölgeleri ve sektör belirlemesi yapılamayan diğer sanayiiler)	10	10	1988
20.1	Endüstriyel nitelikli diğer atıksular( Soğutma suları vb.)	5		1988
20.2	Endüstriyel nitelikli diğer atıksular ( Hava kirlenmesini kontrol amacıyla kullanılan sulu filtrelerin çıkış suları ve benzerleri)	10		1988
20.3	Endüstriyel nitelikli diğer atıksular(benzin istasyonları, yer ve taşıt yıkama atıksuları)	20		1988
20.6	Katı atık değerlendirme ve bertaraf tesisleri	10		1988
20.7	Su yumuşatma, demineralizasyon ve rejenerasyon, aktif karbon yıkama ve rejenerasyon tesisleri	10		1988

(1) Deniz ortamına verilmesi halinde uyulması gerekli değil; (2) Hipoklorit ile siyanür giderimi yapıldığında sudaki kalan serbest klor miktarıdır; 3) Bu parametrelerden hangisinin atıksuda bulunması bekleniyorsa analiz edilir.

## 2. ÇALIŞMANIN PLANLANMASI VE İZLENİLEN YÖNTEM

Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Regresyon analizi esas olarak değişkenler arasında ilişkinin niteliğini saptamayı amaçlar. Eğer tek bir değişken kullanılarak analiz yapılıyorsa buna tek değişkenli regresyon, birden çok değişken kullanılıyorsa çok değişkenli regresyon analizi olarak isimlendirilir [17]. Değişkenler arasındaki ilişki belirlendikten sonra, bağımsız değişken(ler)in skoru bilindiğinde bağımlı değişkenin skoru tahmin edilebilir. Bağımlı değişken, regresyon modelinde açıklanan ya da tahmin edilen değişkendir. Bu değişkenin bağımsız değişken ile ilişkili olduğu varsayılır. Bağımsız değişken, regresyon modelinde açıklayıcı değişken olup; bağımlı değişkenin değerini tahmin etmek için kullanılır.

Bu çalışmada, bağımlı değişken zehirlilik seyreltme faktörü (ZSF) olup bağımsız değişken ZSF ile ilişkili olan kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), yağ ve gres gibi deşarj kriterleri arasında tanımlanmış parametrelerdir. Buna göre, ZSF parametresi için Tablo 3'te gösterildiği gibi bu parametrenin tanımlandığı sektörler de kirletici parametreler ile bir bağlantının olup olmadığı SPSS 15.0 Veri Analiz Yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır.

**Tablo 3.** SKKY'de ZSF parametresi ile öncelikli parametreler arasında regresyon analizi araştırılan sektörler ve kirletici parametreler

Sektörler	SKKY Tablo No	Parametreler
Kimya sanayi	Tablo 14	Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), Askıda katı madde (AKM), Kurşun, Demir, Kadmiyum, Alüminyum, Çinko, Florür, Yağ ve gres, Amonyum azotu, Krom, Sülfür
Metal Sanayi	Tablo 15	KOİ, AKM, Kurşun, Demir, Kadmiyum, Alüminyum, Çinko, Bakır, Nikel, Florür, Yağ ve gres, Amonyum azotu, Toplam krom, Sülfür
Selüloz, ağır ve karton benzeri sanayiler	Tablo 13	KOİ, AKM
Tekstil sanayi	Tablo 10	KOİ, AKM, Yağ ve gres, Amonyum Azotu, Serbest klor, Sülfür, Sülfid, Fenol

## 3. ZSF PARAMETRESİ VE KİRLETİCİLER ARASINDAKİ İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME SONUÇLARI

### 3.1 Tekstil Sanayi

Tablo 4'de görüldüğü gibi, SKKY'de tekstil endüstrisi 7 alt sektörü için 2 ve 24 saatlik kompozit numunelerde farklı KOİ limitleri ve ZSF değerleri tanımlanmıştır. Bu standartlar göz önüne alınarak yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda tüm parametreler arasında KOİ'nin ZSF'ne %17,2 bağlı olduğu bulunmuştur. Fakat bu bağlantının da anlamlı olmadığı görülmüştür ( $p>0,01$ ).

### 3.2 Selüloz Sanayi

SKKY'nde selüloz sanayi için verilen tablolar incelendiğinde 4 alt kategoriye ait tablolarda 24 saatlik kompozit numunelerde değişen askıda katı madde ve KOİ deşarj limitlerine karşın, sabit (8) ZSF değerlerinin olduğu görülmüştür (Tablo 5). Tablo 5'deki veriler esas alınarak yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, AKM-ZSF ve KOİ-ZSF arasında anlamlı bir bağlantı olmadığı ortaya çıkmıştır ( $p>0,01$ ).

### 3.3 Kimya Sanayi

SKKY'nde kimya sanayi ve alt sektörlerine ait tablolar incelendiğinde 4 endüstri alt kategorisine ait tablolarda, 2 saatlik kompozit numuneler için verilen AKM ve KOİ deşarj limitlerine karşı sabit ZSF değeri tanımlanmıştır (Tablo 6). Bu değerler baz alınarak yapılan değerlendirmede ise, AKM-ZSF, KOİ-ZSF arasında bir bağlantı olmadığı görülmüştür ( $p>0,01$ ).

**Tablo 4.** Tekstil sektörü alt kategorileri için istatistiksel değerlendirmede esas alınan deşarj verileri

Alt sektör	ZSF		KOI		Amonyum azotu		Serbest klor		Toplam krom		Sülfür		Sülfid		Fenol	
	2 sa komp	24 sa. komp.	2 sa komp	24 sa. komp.	2 sa komp	24 sa. komp.	2 sa komp	24 sa. komp.	2 sa komp	24 sa. komp.	2 sa komp	24 sa. komp.	2 sa komp	24 sa. komp.	2 sa komp	24 sa. komp.
Açık Elyaf, İplik Üret. (10.1)	4	3	350	240	5	-	0,3	-	2	1	0,1	-	1	-	-	-
Dokunmuş Kumaş Ter.(10.2)	4	3	400	300	5	-	0,3	-	2	1	0,1	-	1	-	1	0,5
Pamuklu Tekstil (10.3)	4	3	250	200	5	-	0,3	-	2	1	0,1	-	1	-	-	-
Yün yıkama, terb.(10.4)	4	3	400	300	5	-	0,3	-	2	1	0,1	-	1	-	-	-
Örgü Kumaş Terbiyesi (10.5)	4	3	300	200	5	-	0,3	-	2	1	0,1	-	1	-	1	0,5
Halı terbiye (10.6)	4	3	300	200	5	-	0,3	-	2	1	0,1	-	1	-	1	0,5
Sentetik tekstil (10.7)	3	2	400	300	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	1	0,5

**Tablo 5.** Selüloz sanayi alt kategorileri için istatistiksel değerlendirmede esas alınan deşarj verileri

Alt sektör	ZSF		KOI		AKM	
	2 sa. komp.	24 sa. komp.	2 sa. komp.	24 sa. komp.	2 sa. komp.	24 sa. komp.
Yarı Selüloz Üretimi (13.1)	-	8	-	800	-	50
Hurda Kağıt, Saman ve Kağıttan Ağartılmamış Selüloz Üretimi (13.2)	-	8	-	870	-	80
Ağartılmış Selüloz Üretimi (13.3)	-	8	-	1000	-	50
Saf Selüloz Üretimi (13.4)	-	8	-	1500	-	50
Yarı Selüloz Üretimi (13.1)	-	8	-	800	-	50

**Tablo 6.** Kimya sanayi alt kategorileri için istatistiksel değerlendirmede esas alınan deşarj verileri

Alt sektör	ZSF		KOİ		AKM	
	2 sa. komp.	24 sa. komp.	2 sa. komp.	24 sa. komp.	2 sa. komp.	24 sa. komp.
Klor-Alkali Üretimi (14.1)	5	-	80	50		
Perborat ve Diğer Bor Ürünleri Sanayi (14.2)	8	-	100	-		
Zırnık Üretimi ve Benzerleri (14.3)	4	4	200	150		
Boya Üretimi ve Benzerleri (14.4)	3	-	200	150	60	40
Boya, Boya Hammade ve Yardımcı Madde Üretimi ve Benzerleri (14.5)	6	3	200	150		
İlaç Üretimi ve Benzerleri (14.6)	6	-	150	-		
Petrokimya ve Hidrokarbon Üretim Tesisleri (14.12)	6	3	300	250	200	100
Soda Üretimi (14.13)	32	-			1500	-
Karpit Üretimi (14.14)	2	-			-	100
Plastik Maddelerin İşlenmesi ve Plastik Malzeme Üretimi (14.8)	6	3	200	100	65	45

### 3.4 Metal Sanayi

SKKY’nde metal sanayi sektörü için verilen deşarj değerleri incelendiğinde çok yönlü regresyon analizi yöntemi ile değerlendirilmeye alınmak üzere genel metal hazırlama, galvanizleme, sırlama, metal taşlama olmak üzere 4 alt sektörde uygun veri setine karar verilmiştir (Tablo 7).

Değerlendirmeler sonucunda ZSF’nün kadmiyum, çinko ve bakır parametrelerine %100 bağlı olduğu ve bu bağlantının anlamlı olduğu bulunmuştur ( $p<0,01$ ).

**Tablo 7.** Metal sanayi alt kategorileri için istatistiksel değerlendirmede esas alınan deşarj verileri

	ZSF	Yağ ve gres	KOI	Kurşun	Demir	Kadmiyum	Aliminyum	Çinko	Bakır	Nikel	Florür
Gen. Met. Haz. (15.2)	10	20	200	2	3	0,5	3	5	3	3	50
Galvizle. (15.3)	8	20	600	1	3	0,5	3	5	2	3	50
Dağlama (15.4)	5	20	100	-	3	-	3	5	2	2	20
Elektrolitik kap. (15.5)	2	20	100	-	-	-	3	3	-	-	50
Met. Renk (15.6)	8	20	200	-	3	-	-	-	-	2	-
Sıcak gal. (15.7)	10	20	200	-	3	0,1	-	5	-	-	50
Su verme (15.8)	40	20	1000	-	-	-	-	-	-	-	-
Akü imaltı (15.10)	8	20	250	2	3	0,2	-	5	2	3	-
Sırlama (15.11)	4	20	100	1	3	0,1	2	2	2	2	50
Metal taş. (15.12)	30	20	800	1	3	-	-	3	1	1	30
Metal cila. (15.13)	8	20	1500	-	3	-	3	3	2	-	-
Laklama (15.14)	10	20	800	1	3	0,5	3	3	2	1	-
İletken plaka (15.9)	10	20	2500	1	3	-	-	-	2	3	50

### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada zehirlilik seyrelme faktörünün atıksu özellikleri ile ilişkilendirmesi düşünülerek tanımlandığı göz önüne alınarak istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Genel olarak bazı parametreler bazında regresyon görülmekle birlikte kirlenmenin organik eşdeğeri olarak tanımlanan KOİ parametresi için toksisite ilişkilendirmesi tutarlı sonuçlar vermemiştir. İstatistiksel değerlendirme için yeterli veri olduğu kabul edilen 4 endüstri sektöründe yapılan irdelemeye göre sadece metal sanayi alt kategorileri için ZSF’nin kadmiyum, çinko ve bakır parametrelerine %100 bağlı olduğu bulunmuştur. Buna göre ZSF testinin bu deşarjların çevreye olan etkilerinin belirlenmesinde yeterli olmayacağı açıktır. Bunun nedeni sadece metaller veya fenoller gibi çok bilinen kirleticiler yanında çok düşük konsantrasyonlardaki ve öncelikli kirleticiler diye adlandırılan kirleticilerin atıksularda yer aldığı ve su canlılarına toksik etkisinin yanında ekolojik dengiyi bozucu özellikler oluşturabileceğidir [10]. Munoz ve arkadaşları (2009), 27 öncelikli kirleticileri İspanya Atıksu Arıtma Tesisinin çıkış sularında tespit etmişler. Sonuçlara göre ikincil arıtma çıkış suları farmasötik ve ağır metal varlığından dolayı karasal ekosisteme olumsuz etki göstermektedir. Üçüncü kademe arıtma sonucunda atıksular tarımsal sulamada kullanılabileceği önerilmektedir [18].

Bunun yanında arıtma tesislerinde biyolojik arıtma sonrası oluşan biyolojik dönüşüm ürünlerinin de toksisite ile ilişkili olabileceği düşünülebilir [19]. Narita ve arkadaşları, insan hücresi kültürünü kullanarak atıksu arıtma

tesisi giriş, çıkış, çöktürme tankı geri dönüş akımı, susuzlaştırma prosesi geri akımı, atık yakma tesisi geri akımı olmak üzere 5 farklı su örneğinde toksisiteyi gözlemişlerdir. Buna göre, çıkış suyunda toksisitenin daha yüksek olduğu bulunmuştur [20]. Yi ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, atıksu arıtma tesisi çıkışı ve alıcı ortamdaki toksisitenin giriş atıksuyundan yüksek olduğu bulunmuştur [21].

Alıcı ortamlarda ekolojik dengenin korunması için, atıksu karakterizasyon çalışmalarının artırılması ve öncelikli kirletici parametreler ile zehirliliğin ilişkisinin iyi araştırılması yanında, uygun toksisite izleme metodlarının standartlara konulması ve bu yöndeki bilimsel çalışmalara destek verilmesi gereklidir. Farklı izleme metodları *Daphnia magna*, *Vibrio fisheri* biyoluminesans inhibisyon testi, biyosensörler literatürde mevcuttur [20, 21, 22, 23, 24]. Ayrıca, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan atıksu deşarj parametreleri ile ZSF arasında istatistiksel bir değerlendirme daha önce yapılmadığından, bu çalışma bir örnek yaklaşım niteliği taşımaktadır.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü, (NKUBAP.00.17.AR.11.02) tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmada izlenen istatistikî yöntem detayları bir örnek üzerinde 1. Kıyı Bölgelerinde Çevre Kirliliği ve Kontrolü KÇKK 2011,17-20 Kasım 2011, Tekirdağ sempozyumunda kısmi olarak sunulmuştur.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] FARRÉ, M., KLÖTER, G., PETROVIC, M., ALONSO, M.C., LÓPEZ de ALDA, M.J., BARCELO D., "Identification of Toxic Compounds in Wastewater Treatment Plants During a Field Experiment", *Analytica Chimica Acta*, 456, 19–30, 2002.
- [2] ORAL, R., MERİÇ, S., NICOLA, E., PETRUZZELLI, D., ROCCA, C., PAGANO, G., "Multi-species Toxicity Evaluation of a Chromium-based Leather Tannery Wastewater. Desalination", 211, 48–57, 2007.
- [3] MERİÇ, S., DE NICOLA, E., IACCARINO, M., GALLO, M., DI GENNARO, A., MORRONE, G., WARNAU, M., BELGIORNO, V., PAGANO, G., "Toxicity of Leather Tanning Wastewater Effluents in Sea Urchin Early Development and in Marine Microalgae", *Chemosphere*, 61, 208-217, 2005.
- [4] SAKAI, M., "Use of Chronic Tests with *Daphnia magna* for Examination of Diluted River Water", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 53, 376–381, 2002.
- [5] SPONZA, D., ÖZTEKİN R., "Removals of Some Hydrophobic Poly Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and *Daphnia magna* Acute Toxicity in a Petrochemical Industry Wastewater with Ultrasound in Izmir-Turkey", *Separation and Purification Technology*, 77, 301-311, 2010.
- [6] MAHMOODİ, N., ARAMİ, M., "Degradation and Toxicity Reduction of Textile Wastewater Using Immobilized Titania Nanophotocatalysis", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 94, 20–24, 2009.
- [7] MERİÇ, S., SELÇUK, H., BELGIORNO, V., "Acute Toxicity Removal in Textile Finishing Wastewater by Fenton's Oxidation, Ozone and Coagulation–Flocculation Processes", *Water Research*, 39, 1147–1153, 2005.
- [8] EC, "Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy", *Official Journal C513*, 2000.
- [9] VILLEGAS-NAVARRO, A., RODRIGUEZ SANTIAGO, M.C., ROSAS LOPEZ, E., DOMUNGUEZ AGUILAR, R., SACHETİN MARCAL, W., "Evaluation of *Daphnia magna* as an Indicator of Toxicity and Treatment Efficacy of Textile Wastewater", *Environ Int.*, 25, 619-624, 1999.
- [10] COOMAN, K., GAJARDO, M., NIETO J., BORNHARDT C., VIDAL, G., "Tannery Wastewater Characterization and Toxicity Effects on *Daphnia spp.*", *Wiley Periodicals*, 45-51, 2002.
- [11] PINTAR A., BESSON M., GALLEZOT P., GIBERT J., MARTIN D., "Toxicity to *Daphnia magna* and *Vibrio fischeri* of Kraft Bleach Plant Effluents Treated by Catalytic Wet-air Oxidation", *Water Research*, 38, 289–300, 2003.
- [12] SECO, J., FERNANDEZ-PEREIRA, C., VALE, J., "A Study of the Leachate Toxicity of Metal-containing Solid Wastes Using *Daphnia magna*", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56, 339-350, 2003.
- [13] İLERİ, S., KARAEEL, F., "Tekstil İşletmesi Atıksularında Fenton Prosesi ile Akut Toksisite Giderimi", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16, 2, 2011.

- [14] MENDONÇA, E., PICADO, A., SILVA, L., ANSELMO, A.M., "Ecotoxicological Evaluation of Cork-boiling Wastewaters", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66, 384-390, 2007.
- [15] DAVE, G., ASPEGREN, P., "Comparative Toxicity of Leachates from 52 Textiles to *Daphnia magna*", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73, 1629-1632, 2010.
- [16] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 25687, 31.12.2004.
- [17] <http://turkistatistik.net/upload/dosya/reganaliz.pdf>
- [18] MUNOZ, I., GOMEZ-RAMOS, M. J., AGÜERA, A., GARCIA-REYES, J. F., MOLINA-DIAZ, A., FERMANDEZ-ALBA, A. R., "Chemical Evaluation of Contaminants in Wastewater Effluents and the Environmental Risk of Reusing Effluents in Agriculture", *Trends in Analytical Chemistry*, 28, 676-694, 2009.
- [19] EREMEKTAR, G., SELCUK, H., MERİÇ, S., "Effect of Ozone Oxidation on COD Fractions and the Toxicity in a Textile Finishing Industry Wastewater, *Desalination*, 211, 314-320, 2007.
- [20] NARİTA H., ABE, J., FUNAMIZU, N., TAKAKUWA, T., KUNIMOTO, M., "Toxicity Assessment of Treated Wastewater Using Cultured Human Cell Lines", *Environ Monit Assess*, 129, 71-77, 2007.
- [21] YI, X., KIM, E., JO, H., SCHLENK D., JUNG J., "A Toxicity Monitoring Study on Identification and Reduction of Toxicants from a Wastewater Treatment Plant", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72, 1919-1924, 2009.
- [22] FARRE, M., BARCELO, D., "Toxicity Testing of Wastewater and Sewage Sludge by Biosensors, Bioassays and Chemical Analysis", *Trends in Analytical Chemistry*, 22, 1-12, 2003.
- [23] FARRE, M., KLOTER, G., PETROVIC, M., ALONSO, M. C., LOPEZ DE ALDA, M. J., BARCELO D., "Identification of Toxic Compounds in Wastewater Treatment Plants During a Field Experiment", *Analytica Chimica Acta*, 456, 19-30, 2002.
- [24] GÖK, O., SPONZA D., "Petrokimya Endüstrisinde Aerobik Koşullarda PAH ve Toksikite Giderimi", *İTÜ Dergisi*, 20, 25-36, 2010.