

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEHLİKELİ MADDELERİN YÜZEYSEL SU KÜTLELERİNE DEŞARJINDAN  
KAYNAKLANAN KİRLİLİĞİNİN KONTROLÜNDE MALİYET TAHMİN  
YAKLAŞIMLARI-BİR ÖRNEK ÇALIŞMA:NİLÜFER ÇAYI ALT HAVZASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ceren ERPAK**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı**

**HAZİRAN 2016**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEHLİKELİ MADDELERİN YÜZEYSEL SU KÜTLELERİNE DEŞARJINDAN  
KAYNAKLANAN KİRLİLİĞİNİN KONTROLÜNDE MALİYET TAHMİN  
YAKLAŞIMLARI-BİR ÖRNEK ÇALIŞMA:NİLÜFER ÇAYI ALT HAVZASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ceren EROPAK  
(501121704)**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. H.Erdem GÖRGÜN**

**HAZİRAN 2016**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121704 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ceren EROPAK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "TEHLİKELİ MADDELERİN YÜZEYSEL SU KÜTLELERİNE DEŞARJINDAN KAYNAKLANAN KİRLİLİĞİNİN KONTROLÜNDE MALİYET TAHMİN YAKLAŞIMLARI-BİR ÖRNEK ÇALIŞMA:NİLÜFER ÇAYI ALT HAVZASI" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Prof. Dr. H. Erdem GÖRGÜN** .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Cumali KINACI** .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Elçin GÜNEŞ** .....

Namık Kemal Üniversitesi

**Teslim Tarihi :** **2 Mayıs 2016**

**Savunma Tarihi :** **6 Haziran 2016**



## ÖNSÖZ

Öncelikle, bilgi ve deneyimlerini paylaşarak çalışmamı yönlendiren, çalışmanın içeriğinin geliştirilmesinde ve zenginleştirilmesinde katkılarını esirgemeyen, vizyonu ile ışık tutan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Erdem GÖRGÜN'e,

Çalışma kapsamında kullanılan verileri paylaşan T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'ne,

Çalışma hayatım boyunca kendimi geliştirme fırsatı sunan ve bana inanan Hocam Doç. Dr. Özlem KARAHAN ÖZGÜN'e ve Dr. Bertan BAŞAK'a, tez sürecine ilişkin tecrübelerini bana aktaran, teknik bilgisini her daim benimle paylaşan iş arkadaşım Çevre Yük. Müh. Gamze KIRIM'a, çalışmamın sonuçlanması için yardımlarını esirgemeyen iş arkadaşlarım Çevre Müh. Seda ABAT'a ve Çevre Yük. Müh. Emine GİRGIN'e, ihtiyaç duyduğum her an manevi desteğini esirgemeyen Cihan YILMAZER'e,

Son olarak, bugüne kadar özveri ile beni yetiştiren ve bu süreçte de yalnız bırakmayan, manevi desteğini her zaman hissettiğim aileme,

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2016

Ceren EROPAK  
Çevre Mühendisi





## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xv</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi .....	1
1.2 Çalışmanın Amacı .....	2
1.3 Çalışmanın Kapsamı .....	3
<b>2. ÇALIŞMA İÇİN ÖNEMLİ KAVRAMLAR HAKKINDA BİLGİLER</b> .....	<b>5</b>
2.1 Ulusal ve Uluslararası Mevzuat .....	5
2.1.1 Ulusal mevzuat .....	5
2.1.1.1 Çevre Kanunu (1983) .....	5
2.1.1.2 Su Ürünleri Yönetmeliği (1995) .....	6
2.1.1.3 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004) .....	7
2.1.1.4 Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (2005) .....	10
2.1.1.5 Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (2006) .....	11
2.1.1.6 Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik (2012) .....	13
2.1.1.7 Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2012) .....	13
2.1.1.8 Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik (2014) .....	17
2.1.2 Uluslararası mevzuat .....	18
2.1.2.1 Su Çerçeve Direktifi (2000) .....	18
2.1.2.2 Suda Tehlikeli Maddeler Direktifi (1976) .....	21
2.1.2.3 İlgili Direktifler .....	25
2.1.2.4 Yeraltı Suları Direktifi (1980) .....	26
2.1.2.5 Suda Tehlikeli Maddeler Direktifi (2006) .....	27
2.1.2.6 Çevresel Kalite Standartları Direktifi (2008) .....	28
2.1.2.7 Kimyasal Analiz ve Su Statüsünün İzlenmesi için Teknik Özellikler Direktifi (2009) .....	32
2.1.2.8 SÇD Ek X ve Öncelikli Maddeler ile İlgili Su Politikası Alanındaki Avrupa Parlamentosu ve Konsey Değişikliği Sonuç Raporu (COM 875 Final, 2011) .....	32
2.1.2.9 2000/60/EC Su Çerçeve Direktifi ve 2008/105/EC Çevre Kalite Standartları Direktifi'ni Değiştirmeyi Öneren Direktif Teklifi (COM 876 Final, 2011) .....	34
2.1.2.10 2000/60/EC Su Çerçeve Direktifi ve 2008/105/EC Çevre Kalite Standartları Direktifi'ni Değiştirmeyi Öneren Direktif (2013) .....	35

2.1.2.11 ÇKSD Uyarınca Avrupa Ölçeğinde İzleme Listesinde Olacak Maddelerin Belirlenmesi Komisyon Kararı (EC, 2015) .....	35
2.1.2.12 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü – IPPC (2008).....	36
2.2 Tehlikeli Maddeler .....	38
2.2.1 Öncelikli maddeler .....	38
2.2.2 Belirli kirleticiler .....	43
2.3 Baskı ve Etki Analizi.....	44
2.4 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Teknikleri .....	47
2.4.1 Tehlikeli maddeler için temiz üretim teknikleri.....	50
2.4.1.1 Ham madde ikamesi .....	51
2.4.1.2 Yeni teknoloji.....	53
2.4.1.3 Geri kazanım .....	54
2.4.2 Tehlikeli maddeler için arıtma teknolojileri (boru sonu teknolojiler).....	61
2.4.2.1 Mekanik, kimyasal ve biyolojik arıtma.....	64
2.4.2.2 Kimyasal oksidasyon ile arıtma .....	66
2.4.2.3 Koagülasyon, flokülasyon, çökelme ve filtrasyon .....	68
2.4.2.4 Aktif karbon adsorpsiyonu .....	69
2.4.2.5 Anaerobik arıtma.....	72
2.5 Maliyet Kavramı ve Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Skorlanması .....	73
<b>3. ÇALIŞMA METODOLOJİSİ.....</b>	<b>79</b>
3.1 Havza Seçimi.....	80
3.2 Tehlikeli Maddelerin Değerlendirilmesi .....	80
3.3 Sektör Seçimi.....	81
3.4 Sektörden Kaynaklı Tehlikeli Maddelerin Tespiti .....	81
3.5 Envanterin Değerlendirilmesi.....	82
3.6 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Belirlenmesi.....	82
3.7 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Skorlanması .....	83
3.8 Maliyet Tahmin Yaklaşımı.....	84
<b>4. BİR ÖRNEK ÇALIŞMA: NİLÜFER ÇAYI ALT HAVZASI .....</b>	<b>89</b>
4.1 Havza Seçimi.....	89
4.1.1 Susurluk Havzası/Nilüfer Çayı Alt Havzası genel bilgileri .....	89
4.1.2 Yapılmış çalışmalar.....	94
4.2 Tehlikeli Maddelerin Değerlendirilmesi .....	101
4.3 Sektör Seçimi.....	101
4.3.1 Tekstil sanayi hakkında genel bilgiler.....	102
4.3.2 Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörü.....	106
4.4 Sektörden Kaynaklı Tehlikeli Maddelerin Tespiti .....	109
4.5 Envanterin Değerlendirilmesi.....	115
4.6 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Belirlenmesi.....	122
4.6.1 Tehlikeli maddeler için temiz üretim teknikleri .....	122
4.6.1.1 Ham madde ikamesi .....	122
4.6.1.2 Yeni teknoloji .....	123
4.6.1.3 Geri kazanım .....	123
4.6.2 Tehlikeli maddeler için arıtma teknolojileri (boru sonu teknolojiler).....	125
4.7 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Skorlanması .....	128
4.8 Maliyet Tahmin Yaklaşımı.....	130
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>141</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>147</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>153</b>

## KISALTMALAR

<b>BÖDSK</b>	: Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütlesi
<b>ÇKSD</b>	: Çevresel Kalite Standartları Direktifi
<b>COHIBA</b>	: Control of Hazardous Substances in Baltic Sea Region
<b>EKÖK</b>	: Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü
<b>ELV</b>	: Emission Limit Values - Emisyon Limit Değerleri
<b>EPA</b>	: Environmental Protection Agency
<b>İAT</b>	: İçme Suyu Arıtma Tesisi
<b>IPPC</b>	: Integrated Pollution Prevention and Control
<b>KAAY</b>	: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
<b>LCA</b>	: Life Cycle Assessment
<b>LCC</b>	: Life Cycle Cost
<b>MAK-ÇKS</b>	: Maksimum İzin Verilebilir Konsantrasyon-Çevresel Kalite Standardı
<b>MET</b>	: Mevcut En İyi Teknikler
<b>NACE</b>	: Nomenclature Générale Des Activités Économiques Dans Les Communautés Européennes
<b>NBD</b>	: Net Bugünkü Değer
<b>PBT</b>	: Persistent, Bioaccumulative and Toxic (Kalıcı, Biyobirikebilir ve Toksik)
<b>SÇD</b>	: Su Çerçeve Direktifi
<b>SCOREPP</b>	: Source Control Options Reducing Emissions of Priority Pollutants
<b>SKKY</b>	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
<b>TM</b>	: Tehlikeli Madde
<b>TMKKY</b>	: Tehlikeli Maddelerin Su Ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği
<b>TÜP</b>	: Temiz Üretim Planı
<b>YO-ÇKS</b>	: Yıllık Ortalama Konsantrasyon-Çevresel Kalite Standardı
<b>YSK</b>	: Yapay Su Kütlesi



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 : Su Çerçeve Direktifi kapsamındaki öncelikli maddeler .....	42
Çizelge 2.2 : Konvansiyonel ve hava akımlı çektirme boyama sistemi karşılaştırılması .....	54
Çizelge 2.3 : Tekstil boyama tesisine ait işletme ve bakım maliyetleri.....	57
Çizelge 2.4 : Tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetleri (Schönberger & Schafer, 2003) .....	59
Çizelge 2.5 : Fizikomekanik, fizikokimyasal, kimyasal ve biyolojik metotlara dayanan genel atıksu arıtma teknikleri .....	62
Çizelge 2.6 : Boru sonu teknolojiler için yapılan finansal değerlendirmeye ait skorlar .....	76
Çizelge 2.7 : Skorlama stratejilerine ait kriterler.....	76
Çizelge 2.8 : Skorlama sistematigi .....	78
Çizelge 3.1 : Entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin değerlendirme sistematigi .....	83
Çizelge 4.1 : Susurluk Havzası'nda yer alan iller ve havza içerisinde kalan alanlar.	92
Çizelge 4.2 : Nilüfer Çayı Alt Havzası'ndaki su kaynaklarından yapılan tahsisler. .	93
Çizelge 4.3 : NACE'de yer alan tanımlar .....	103
Çizelge 4.4 : Sanayi grubu ve kullanım durumuna göre tüketilen su miktarı ( $\times 10.000\text{m}^3/\text{yıl}$ ) (Tanık & diğ, 2008).....	106
Çizelge 4.5 : Rölatif atıksu oluşumu- dağılım yüzdesi (Töre, 2009). .....	109
Çizelge 4.6 : Tekstil işlemlerinden kaynaklanan atıksulardaki kirleticiler.....	111
Çizelge 4.7 : 13.30 Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddeler .....	114
Çizelge 4.8 : Nilüfer Çayı'na deşarj eden tesis bilgileri (SYGM, 2015; HKEP, 2010). .....	116
Çizelge 4.9 : Nilüfer Barajı memba noktası analiz sonuçları .....	118
Çizelge 4.10 : Nilüfer Çayı-Göbelye noktası analiz sonuçları .....	119
Çizelge 4.11 : Entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerine ait skorlar .....	129
Çizelge 4.12 : Tez çalışması kapsamında önceliklendirilmiş kirleticilere ait skorlar .....	131
Çizelge 4.13 : 13.30 alt sektöründeki tekil kaynakların ihtiyaç analizi .....	133
Çizelge 4.14 : Tekil kaynaklar bazında kimyasal arıtma ilk yatırım maliyetleri.....	133
Çizelge 4.15 : Tekil kaynaklar bazında aktif karbon adsorpsiyonu ilk yatırım maliyetleri.....	135
Çizelge 4.16 : Tekil kaynakların işletme maliyetleri tahminleri .....	136
Çizelge 4.17 NBD analizi .....	138
Çizelge A. 1 : Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin adsorplanma seviyeleri .....	155

<b>Çizelge A. 2 :</b> Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin çökelme seviyeleri .....	156
<b>Çizelge A. 3 :</b> Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin adsorplanma ve çökelme seviyeleri .....	157
<b>Çizelge A. 4 :</b> Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin bozunma ile giderim potansiyelleri .....	158
<b>Çizelge B. 1 :</b> . Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörüne ait öncelikli maddeler ve öncelikli maddelerin kaynaklandığı prosesler. ....	159



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Su kütlelerine üzerine olan baskıların şematik gösterimi (Choubert & Coquery, 2011).....	47
Şekil 2.2 : Belirli bir tekstil ürünleri bitirilmesi tesisi için mevcut en iyi teknikler seçiminde uygulanması gereken yaklaşım (Schönberger & Schafer, 2003).....	50
Şekil 2.3 : Tekstil yardımcı maddelerinin atıksu ile ilişkisini sınıflandırması (Lacasse & Baumann, 2004). ....	52
Şekil 2.4 : Tekstil boyama atıksuyu için ileri arıtma teknolojisi akım şeması. ....	56
Şekil 3.1 : Çalışma metodolojisi. ....	79
Şekil 4.1 : Susurluk Havzası'nın diğer havzalara göre konumu ve fiziki haritası.....	90
Şekil 4.2 : Susurluk Havzası ve Nilüfer Çayı Alt Havzası haritaları.....	93
Şekil 4.3 : Tekstil zinciri.....	105
Şekil 4.4 : Nilüfer Çayı üzerindeki 13.30 NACE kodlu baskılar ve izleme noktaları. ....	117
Şekil 4.5 : Nilüfer Barajı memba analizleri. ....	120
Şekil 4.6 : Nilüfer Çayı – Göbelye mansap analizleri. ....	120
Şekil 4.7 : Nilüfer Çayı Alt Havzası'ndaki 13.30 NACE kodlu alt sektörden kaynaklı tehlikeli madde kontrolüne ilişkin maliyet tahmini özeti.....	137





**TEHLİKELİ MADDELERİN YÜZEYSEL SU KÜTLELERİNE  
DEŞARJINDAN KAYNAKLANAN KİRLİLİĞİNİN KONTROLÜNDE  
MALİYET TAHMİN YAKLAŞIMLARI-BİR ÖRNEK ÇALIŞMA:NİLÜFER  
ÇAYI ALT HAVZASI**

**ÖZET**

Nüfus artışı, endüstriyel üretim faaliyetleri ve tarımsal aktiviteler sebebi önemli boyutlara ulaşan su kirliliği, bu alanda yasal zorunlulukların artmasına neden olmaktadır. Avrupa Birliği'nde su kaynaklarının korunması ve yönetimine ilişkin en önemli direktif "Su Çerçeve Direktifi"dir. Söz konusu direktife göre, kirlenmenin önlenmesi ve kontrolü için çevresel kalite standartlarının oluşturulmasının yanı sıra deşarj sınır değerlerinin belirlenerek kaynaktan kontrolün sağlandığı entegre bir yaklaşım benimsenmelidir. Başta Su Çerçeve Direktifi olmak üzere Avrupa Birliği mevzuatına uyum sürecinde Türkiye'de yasal dayanaklara uygun olarak, tehlikeli maddeler için çevresel kalite standartlarına dayanan alıcı ortam bazlı deşarj standartlarına geçiş planlanmaktadır. Bu geçiş ile sektörlerin atıksu arıtma yöntemlerinde ve/veya proseslerinde kullandıkları ham maddelerinde ve teknolojilerinde değişiklik yapma ihtiyacı doğacaktır. İhtiyaçların maliyeti arttırıcı yönde etkisinin bulunması kaçınılmazdır.

Bu tez çalışması kapsamında tehlikeli maddelerin kontrolünün maliyetinin tahminine ilişkin bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım Nilüfer Çayı Alt Havzası ve 13.30 NACE kodlu tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörüne uyarlanmıştır. Türkiye'de Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüş iki büyük proje ile; Tehlikeli Madde Kirliliğinin Kontrolüne İlişkin Proje (2013) ve Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi (2014), tehlikeli maddeler ve bu maddelere ait sektörler tanımlanmıştır. Bu çalışma ise, havza seçimi, tehlikeli maddelerin değerlendirilmesi ve sektör seçimi ile söz konusu projelerin kapsamının daraltılması üzerine kurgulanmıştır. Çalışmanın envanter (seçilen sektöre/sektörlere ait tekil kaynakların belirlenmesi, çalışma alanına ait analiz sonuçları vb.) değerlendirilmesi bölümünde mevcut durum ortaya konulmuştur. Tehlikeli maddelerin kontrolü için değerlendirilmiş teknikler, entegre kirlilik önleme ve kontrol teknikleri olarak ifade edilmiştir. Çalışma, entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin belirlenerek karşılaştırılması adımlarını içermektedir. Tekniklerin karşılaştırması adımı bir skorlama sistemi kullanılmıştır. Skorlama sistemi değerlendirme bileşenleri teknik fizibilite, teknik etkinlik, maliyet (ilk yatırım ve işletme maliyetleri) ve ikincil çevresel etkidir. Örnek çalışma kapsamında değerlendirilen teknikler sadece boru sonu teknolojilere yönelik olup, karşılaştırma kriterlerine ait veri mevcut olduğunda temiz üretim tekniklerine de uygulanabilir bir metodolojidir. Skorlama yapıldıktan sonra maliyet tahmini için tanımlanan tehlikeli maddeleri kontrol etmek adına kısa vadede yatırım yapılması gereken teknikler önceliklendirilmiştir. Yapılan önceliklendirmede mevzuat ile belirlenmiş sınır değerler ve alıcı ortam izleme verileri kullanılmıştır. Çalışmanın son adımı, seçilen alternatiflere yönelik maliyet tahmini yapılmıştır. Yapılan çalışma ile geçişin mali boyutunu irdelemenin yanı sıra ilgili

sektöre ait tehlikeli maddelerin arıtma yöntemleri ve temiz üretim teknolojileri hakkında rehber bir doküman hazırlanmıştır.

Yapılan çalışma ile Nilüfer Çayı Alt Havzası ve 13.30 NACE kodlu tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörü için biyolojik arıtma, kimyasal arıtma ve aktif karbon teknolojilerinin birlikte uygulanması uygun görülmüştür. Seçilen alt havzada yer alan tüm tekil kaynak AAT'lerinde biyolojik arıtma üniteleri mevcuttur. Bu nedenle, yapılan maliyet tahmininde, biyolojik arıtma ilk yatırım maliyeti dikkate alınmamıştır. Kimyasal arıtma ve aktif karbon teknolojileri için de, tekil kaynaklar özelinde ihtiyaç analizi yapılmıştır. Yapılan analize göre farklı tekil kaynakların, farklı miktarda atıksu yüzdeleri ile her iki arıtma teknolojisinin uygulanacağı kapasite yaklaşık 100.000 m<sup>3</sup>/gün olarak belirlenmiştir. Nilüfer Çayı Alt Havzası'nda 13.30 NACE kodlu tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklı tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin ilk yatırım maliyeti 17.000.000 € olarak tahmin edilmiştir. Kimyasal arıtma ve aktif karbon teknolojilerin uygulandığı tekil kaynakların işletme maliyetleri ise, atıksu miktarına bağlı olarak 0,6-3 €/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. İşletme maliyetleri OSB'ler ve tekil tesisler özelinde değerlendirildiğinde, OSB'lere ve tekil tesislere ait birim atıksu arıtma maliyetleri sırası ile 0,6-1,1 €/m<sup>3</sup> ve 1,5-3 €/m<sup>3</sup> aralığındadır. Tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin teknolojilerin yaygınlaşması ile birim maliyetlerin (ilk yatırım ve işletme maliyeti) azalması beklenmektedir.

Çalışma kapsamında tahmin edilmiş maliyetler sadece tekil kaynaklara ait arıtma tesislerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerini içermektedir. Tehlikeli maddelerin deşarjına yönelik olarak belirlenecek standartlar ile bu kapsam dışında çeşitli maliyet oluşturuca bileşenler etkili olacaktır. Belirlenen standartlara uyulup uyulmadığı konusunda denetleyici rolde olan kurumlar için denetim maliyetleri, bu standartlara uymakla yükümlü olan endüstrilerin ise kendi bünyelerindeki laboratuvarları geliştirme ihtiyacına yönelik maliyet bu bileşenlere örnek olarak verilebilir.

Tez çalışması kapsamında oluşturulmuş yaklaşımın örnek çalışması, mevcut durumdaki mevzuat ve alıcı ortam analiz sonuçları dikkate alınarak yapılmıştır. Yenilenen mevzuat ve analiz sonuçlarının türünün ve/veya çeşidinin arttırılması ile çalışmanın tekrarlanması önerilmektedir. Yürürlükte olan gerekliliklerin yerine getirilmesi için kontrollerin ve takiplerin yapılması, entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerine ait envanterin oluşturulması, yapılacak önleme ve kontrol faaliyetlerin maliyetlerinin daha hassas olmasını sağlayacaktır. Sanayi sektörü özelinde yapılan çalışmalarda tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin teknikler için, sanayiciyi özendirici tedbirlerin alınması ve çeşitli teşvik uygulamalarına yer verilmesi, tesis-içi kontrollerin hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesini sağlayabilecektir. Bu bağlamda sanayilerle ilgili kamu kurum ve kuruluşları arasında eşgüdüm sağlanması gerekmektedir.

# **COST ESTIMATION APPROACH OF POLLUTION CONTROL CAUSED BY DANGEROUS SUBSTANCES DISCHARGED INTO SURFACE WATER- A CASE STUDY: NİLÜFER RIVER SUBBASIN**

## **SUMMARY**

Population growth, industrial production and agricultural activities cause water pollution. The legal obligations increase because of significant level of water pollution, thus many directives were created in this area. The most important directive is “Water Framework Directive” in European Union for the protection and management of water resources. According to this directive, not only environmental quality standards, but also discharge standards must be specified for preventing pollution with an integrated approach. Source control is provided with discharge standards.

Turkey is in adaptation process with European Union legislation and has various plans. According to the adaptation process, discharge standards will be specified based on environmental quality standards. The sectors will need to change wastewater treatment methods and/or raw materials and technology in production process because of this adaptation activity. The needs will increase costs inevitably.

Within the scope of this thesis, cost estimation approach of pollution control caused by dangerous substances is developed. The developed approach was applied to Nilüfer Subbasin and the 13.30 NACE coded subsector that is called “Textile Finishing”. Two major projects that are called “Project On Control of Pollution Caused by Dangerous Substances” and “Detection of Dangerous Substances and Ecological Coastal Dynamics in Transitional and Coastal Waters of Turkey”, done by T.R. Ministry of Forestry and Water Affairs Directorate General of Water Management. Dangerous substances and sectors related to these substances were specified with these projects. The scope of these studies were restricted with basin selection, evaluation of dangerous substances and sector selection in this study. Current situation was revealed in evaluation of inventory (specification of single sources, analysis results etc.). There are 3 organized industrial zones and 2 single plant in case study area. The analyses of receiving water body have 4 period and every period is defined as a season.

Control of dangerous substances techniques are expressed as integrated pollution prevention and control techniques. The study includes not only specification of integrated pollution prevention and control techniques but also comparison of these techniques. Scoring system was used for comparison of integrated pollution prevention and control techniques. Technical feasibility, technical efficiency, cost (investment and operational cost) and secondary environmental impact are evaluation components of scoring system. The techniques that were evaluated within the scope of case study, are end of pipe techniques oriented. Also, if data are available for comparison criteria, the methodology can be applied for clean production technology. The techniques were prioritized after scoring for cost estimation. The prioritization included mandatory investment in short term. The regulation standards and the analyses of receiving water body were used in prioritization. At the end of the prioritization, lead and compounds, nickel and compounds, hexabromocyclododecanes(HBCDDs), Perfluorooctane sulfonic acid and derivatives and C10-13 chloroalkanes were selected. The cost

estimation was done for selected alternative in last step of study. Financial aspect of change was scrutinized besides that guidebook was prepared for dangerous substances treatment techniques and clean production techniques. These techniques are for related subsector. This part like guidebook includes general information of textile industry, information about textile finishing subsector, specification of dangerous substances formed by textile finishing industry.

Appropriate combination of methods were biological treatment, chemical treatment and active carbon adsorption for Nilüfer Subbasin and 13.30 NACE coded subsector textile finishing. This selection was done according to the scores that consist of five evaluation components. Overall high scores can be preferable but instead of general scores, the score of a component can be examine sometimes. For example, if the discharge standard is very strict, technical efficiency will be the most important evaluation component.

Wastewater treatment of all single sources have biological treatment for selected subbasin. Because of this reason, investment cost of biological treatment was ignored in cost estimation that was done in this study. The needs analysis was done specific to single sources for chemical treatment and active carbon adsorption. There are tow non-chemical treatment and these are specified as a organized industrial zone and a single source. Additionally, all plants that are formed by inventory need to active carbon adsorption.

The capacity of chemical treatment and active carbon adsorption technologies were specified approximately 100,000 m<sup>3</sup>/day with various analyses. This value includes different single sources and different wastewater percent. The general assumption is 50% of textile wastewater flow. The investment cost of control caused by dangerous substances was estimated as 17.000.000 € for Nilüfer Subbasin and 13.30 NACE coded subsector textile finishing. Operational cost are related to the quantity of wastewater for all treatment techniques. The operational cost of chemical treatment and active carbon adsorption change between 0.6-3 €/m<sup>3</sup> according to the quantity of wastewater. These operational costs was evaluated separately for organized industrial zones and single sources. The operational cost of these treatment techniques are 0.6-1.1 €/m<sup>3</sup> and 1.5-3 €/m<sup>3</sup> for organized industrial zones and single sources respectively. Net present value analysis (NPV) was done in this thesis, thus appropriate comparison data were created. NPV analyses include some assumptions. These assumptions are: constant flow, 10 year operation period (first year: construction), bank rate (10%) and average unit operation cost 1€/m<sup>3</sup>. Finally, net present value calculated as approximately 200 million with these assumptions. Thus, determination can be expressed as providing operational cost is more important for sustainable dangerous substances management. The unit costs are expected to decrease in the future. Because control of dangerous substances techniques will become widespread.

The estimated costs just included wastewater treatment investment and operational costs for single sources. On the other hand various kind of the cost forming components must show up with specified standards for dangerous substances discharges. The cost of audit and laboratory analyses are just examples for cost forming components. The cost of audit related to supervisory authority. Also, the cost of laboratory analyses related to industries that must obey the standards.

This thesis has case study for cost estimation. In this estimation, current legislation and the results of receiving water body analyses taken into consideration. It is recommended to repeat the study with renewed legislation and increasing the analyses type and the varieties. The costs can be more sensitive but there are some necessities for this. These necessities examples are: control and monitoring, formation of

inventory for integrated pollution prevention and control techniques. In-plant controls can come true quickly for control of dangerous substances techniques. This period can be accelerated with taking inspirer measures for industrialists and creating financial incentive. In this context, coordination between industries and state institutions and organizations must be provided.

In this study, social, economic and environmental impacts were examined with regulatory impact analysis (REA). Because, decision-making institutions and organizations need to regulatory impact analysis before standards transferring to the legislation.





# 1. GİRİŞ

## 1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi

Su; devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan, insan yaşamının temel gereksinimlerinden biri olan, yokluğu ya da kıtlığı günlük hayatın her alanında kendini hissettirecek çok önemli bir kaynaktır (Fayrap & Balı, 2009; Tanık & diğ, 2008). Bu noktada, su için sürdürülebilirlik kavramı önem kazanmaktadır. Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için tehlike oluşturmadan, bugünkü nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilmesi olarak tanımlanmaktadır (EC, European Commission Sustainable Development, 2016).

Suyun nicelik ve nitelik yönünden yetersiz olması su kısıtının temel sorunlarıdır. Nicelik sorunu sebepleri, nüfus ve gelişime bağlı olarak suya olan talep artışı, tarımsal sulama, şebeke sistemlerindeki kayıp ve kaçaklar, tarımsal, kentsel ve endüstriyel alanda bilinçsiz su kullanımı olarak tanımlanabilir (Tanık & diğ, 2008). Ayrıca, iklim değişikliği sebebi ile önemli oranda değişim gösteren yağış ve sıcaklık gibi parametreler de suyun nicelik olarak etkilenmesine sebep olmaktadır. Suyun nitelik sorununun en önemli sebebi ise, su kaynaklarının koruma-kullanma dengesi gözetilmeksizin kullanılması sonucu oluşan ciddi kirlenmedir.

Su kirliliğinin giderek önemli boyutlara ulaşması, ülkeleri bu konuda ciddi önlemler almaya zorlayarak, bu alanda pek çok mevzuatın oluşmasına neden olmuştur. Avrupa Birliği'nde su kaynaklarının korunması ve yönetimine ilişkin yirmiye aşkın direktif bulunmaktadır. Bu direktiflerin en önemlisi ise 23 Ekim 2000 tarihli ve 2000/60/EC sayılı "Su Çerçeve Direktifi"dir (Akkaya & diğ., 2006). Bu direktif, Avrupa'da sudaki kimyasal maddelerden kaynaklı kirlenmenin azaltılması ve kontrolü amacıyla yayımlanmış olan Suda Tehlikeli Maddeler Direktifi (EC, 1976) ile başlamış olan tehlikeli maddelere ilişkin çalışmalara kapsamlı ve yenilikçi bir yaklaşım getirmiştir.

SÇD'ye göre kirlenmenin önlenmesi ve kontrolü için çevresel kalite standartlarının oluşturulmasının yanı sıra deşarj sınır değerlerinin belirlenerek kaynakta kontrolün sağlandığı entegre bir yaklaşım benimsenmelidir. Alınması gereken önlemler

kapsamında tehlikeli maddelerin deşarjlarının ve emisyonlarının durdurulması ya da aşamalı olarak azaltılması gerektiği belirlenmiştir. SÇD, su kütleleri üzerindeki baskıları kentsel, endüstriyel, tarımsal ve diğere tesisler ve faaliyetleri olarak tanımlamaktadır. Bu amaçla, su kütleleri üzerindeki endüstriyel tesisler kaynaklı baskıların önlenmesi ve kontrolü amacı ile deşarj standartlarının, alıcı ortam için tespit edilen çevresel hedefleri gözeterek oluşturulması gerekmektedir. Türkiye’de tehlikeli maddelere yönelik olarak yapılmış çalışmalar ile belirlenen standartların yönetmeliklere yansımaları ile havza yönetimi konusunda karar verici kurum-kuruluşlar ile endüstriler su kütleleri üzerindeki baskıların önlenmesi-kontrolü için yapılacak olan uygulamaların maliyetlerine ihtiyaç duyacaktır.

## **1.2 Çalışmanın Amacı**

Endüstriyel üretim faaliyetleri sebebi ile tehlikeli maddeler açısından su kaynaklarında kirlenme meydana gelmektedir. Avrupa Birliği mevzuatına uyum sürecinde su kaynaklarının korunması zorunlu kılınmakta olup, kirliliğin azaltılması ve önlenmesi için çalışmalar sürdürülmektedir. Su kaynaklarındaki, endüstriyel atıksulardan kaynaklı tehlikeli madde deşarjlarının azaltılması için, mevcut yönetmeliklerin incelenmesi ve kontrollerin yapılması, proseslerdeki ham maddelerin ikame edilmesi, arıtma tesislerinde uygun boru sonu teknolojilerin uygulanması gibi yöntemler önerilmektedir (Mikkelsen, ve diğere, 2010; Mathan, ve diğere, 2012).

Türkiye’de yasal dayanaklara uygun olarak, çevresel kalite standartlarına dayanan alıcı ortam bazlı deşarj standartlarına geçiş planlanmaktadır. Bu geçiş ile yukarıda bahsedilen yöntemlere uygun olarak, sektörlerin atıksu arıtma yöntemlerinde ve/veya proste kullandıkları ham maddelerde değışiklik yapma ihtiyacı doğacaktır.

Yapılan çalışma ile öncelikle doğan ihtiyaçlara karşı düzenleyici etki analizi (DEA) kavramı adı altında yapılacak değışikliklerin sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerinin incelenmesi amaçlanmış olup, tehlikeli maddelerin kontrolünün maliyetinin tahminine ilişkin bir yaklaşım geliştirilmiştir. Söz konusu maliyet sadece tehlikeli maddelerin arıtılma maliyetlerini içermekte olup, havza yönetimi konusunda karar verici kurum-kuruluşların ve endüstrilerin izleme, laboratuvar, yönetim, denetim vb. maliyet kalemleri de bulunmaktadır.

Yapılan çalışmada bu amaca hizmet edecek şekilde kirliliğin önemli boyutlara ulaştığı alıcı ortam ve bu alıcı ortamdaki ana baskı unsurları bilgisi kesiştirilerek, yapılacak



geçiş Nilüfer Çayı Alt Havzası için önde gelen imalat faaliyetlerinden “13.30 NACE kodlu Tekstil Ürünlerinin Bitirilmesi” alt sektörüne uyarlanmıştır. Çalışma ile geçişin mali boyutunu irdelemenin yanı sıra ilgili sektöre ait öncelikli maddelerin arıtma yöntemleri ve temiz üretim teknolojileri hakkında rehber bir doküman niteliği taşıması hedeflenmiştir.

### **1.3 Çalışmanın Kapsamı**

Bu tez 5 ana bölümden oluşmaktadır. Her bir bölümde tez çalışmasının hedeflerine yönelik yapılmış olan çalışmalar ve değerlendirmeler yer almaktadır. Birinci Bölüm’de çalışmanın anlam ve önemi aktarılarak çalışmaya neden ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Ayrıca tezin amacı ve kapsamı belirtilerek, çalışmanın hedeflerine yönelik değerlendirmeler sunulmuştur.

İkinci Bölüm’de tez çalışması için önemli kavramlar hakkında bilgiler ilgili alt başlıklar halinde sunulmuştur. Bu bölümde çalışmanın ana dayanağı olan ulusal ve uluslararası mevzuata değinilmiş olup, “Öncelikli Maddeler Listesi”nin gelişim süreci ve belirli kirleticiler hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin olarak baskı ve etki analizi kavramı da bu bölümde açıklanmıştır. Tezin amacına yönelik olarak önemli kavramlar hakkında bilgiler kısmı, entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin, maliyet kavramının ve entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin karşılaştırılması sistematığının açıklanması ile tamamlanmıştır.

Üçüncü Bölüm’de tez çalışması kapsamında oluşturulan çalışma metodolojisi açıklanmıştır.

Dördüncü Bölüm’de geliştirilen yaklaşım örnek bir çalışma alanına uygulanmış, oluşturulan çalışma metodolojisi uygulanırken ihtiyaç duyulan ek literatür bilgilerine de bu bölümde yer verilmiştir. Sözü edilen ek literatür bilgileri; tekstil sektörü ve tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörü hakkında bilgileri, Susurluk Havzası ve Nilüfer Çayı Alt Havzası hakkında genel bilgileri, yapılmış çalışmaları ve bu alana ait envanter bilgilerini içermektedir. Bu bölümde seçilen entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniğine ait maliyet tahmini yapılmış, örnek çalışmaya ait bulgular belirlenmiş ve tartışılmıştır.

Altıncı Bölüm’de ise tüm sonuçlar çalışma hedefleri doğrultusunda değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur.



## **2. ÇALIŞMA İÇİN ÖNEMLİ KAVRAMLAR HAKKINDA BİLGİLER**

### **2.1 Ulusal ve Uluslararası Mevzuat**

Türkiye’de, su havzaları yönetimi ile ilgili olarak Türk Çevre Mevzuatı’nda yer alan konuların Avrupa Birliği Direktifleri’nden Su Çerçeve Direktifi-SÇD (EC, 2000) ve bu direktif kapsamında yer alan diğer direktifler ile uyumlaştırılması çalışmaları devam etmektedir. Avrupa’da 2000 yılında yürürlüğe giren SÇD ile Amerika’da 1972’de yayınlanan, 1977 ve 1980’de değiştirilen ve halen uygulanmakta olan Temiz Su Yasası-CWA (EPA, 1972) hedefleri, uygulamaları ve ekolojik yaklaşımları açısından paralellik göstermektedir. Türkiye’de teknoloji bazlı deşarj standartları uygulamasından, alıcı ortam bazlı deşarj standartlarına geçişi sağlayacak olan SÇD’nin Türk Çevre Mevzuatı içerisinde uyumlaştırılması çalışmaları, ülkemiz su kaynaklarının korunması ve yönetilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Avrupa Birliği’nde yüzeysel suların kimyasal kirlenmesine karşı önlemleri içeren düzenlemeler geliştirilmiştir. Bunu sağlayan iki bileşenden biri, AB’deki kirleticilerin seçimi ile ilgili yasal düzenlemeler, diğeri ise üye ülkelerin söz konusu kirleticileri ulusal ve bölgesel ölçekte kontrolünün sağlanmasını düzenlemeleri gerekliliğidir.

Avrupa’da ve Türkiye’de tehlikeli maddelerin deşarjı, izlenmesi ve bu konuda geliştirilecek standartlar ile ilgili yönetmelik ve direktifler aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir.

#### **2.1.1 Ulusal mevzuat**

##### **2.1.1.1 Çevre Kanunu (1983)**

2872 sayılı Çevre Kanunu, 1983 yılında yayımlanmış olup, 6 Bölüm ve 34 maddeden oluşmaktadır. Kanunun amacı; bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır. Kanunda, çevrenin korunmasına, iyileştirilmesine ve kirliliğinin önlenmesine ilişkin genel ilkeler belirlenmiştir. Çevre kurulu ve görevleri, çevre

korunmasına ilişkin önlemler ve yasaklar gibi temel birçok konu, kanun kapsamında ele alınmıştır.

Çevre Kanunu Madde 8'e göre "Her türlü atık ve artığı, çevreye zarar verecek şekilde, ilgili yönetmeliklerde belirlenen standartlara ve yöntemlere aykırı olarak doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak, taşımak, uzaklaştırmak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır."

Doğal çevreyi oluşturan biyolojik çeşitlilik ile bu çeşitliliği barındıran ekosistemin korunması esasları çerçevesinde çevrenin korunması ile ilgili konuları içeren Madde 9-h bendinde "Ülkenin deniz, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının ve su ürünleri istihsal alanlarının korunarak kullanılmasının sağlanması ve kirlenmeye karşı korunması esastır. Atıksu yönetimi ile ilgili politikaların oluşturulması ve koordinasyonunun sağlanması Bakanlığın sorumluluğundadır. Su ürünleri istihsal alanları ile ilgili alıcı ortam standartları ilgili Bakanlıkça belirlenir."

Tehlikeli kimyasallar ve atıklarla ilgili Madde 13'te, "Tehlikeli kimyasalların belirlenmesi, üretimi, ithalatı, atık konumuna gelinceye kadar geçen süreçte kullanım alanları ve miktarları, etiketlenmesi, ambalajlanması, sınıflandırılması, depolanması, risk değerlendirilmesi, taşınması ile ihracatına ilişkin usul ve esaslar ilgili kurum ve kuruluşların görüşleri alınarak Bakanlıkça çıkarılacak yönetmelikle belirlenir." ifadesi yer almaktadır.

Genel olarak Kanun'da çevrenin sürdürülebilir kalkınmasının hedef olarak alındığı, doğal çevrenin korunması esası çerçevesinde, gerçekleştirilecek tüm aktivitelerde, üretimden deşarja kadar yönetmelik ve düzenlemelerle belirlenip ilgili Bakanlıklar tarafından kontrolünün esas olduğu belirlenmiştir.

### **2.1.1.2 Su Ürünleri Yönetmeliği (1995)**

10.03.1995 tarih ve 22223 sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren Su Ürünleri Yönetmeliği de tehlikeli maddelerle ilgili alıcı ortamlara ait kısıtlamalar getirmektedir. Bu Yönetmelik, su ürünleri stoklarını korumayı ve su ürünleri kaynaklarından ekonomik olarak yararlanmayı amaçlamaktadır. Yönetmelik su ürünleri ruhsat tezkereleri, sportif amaçla yapılacak avcılık, istihsal yerlerinin değiştirilmesi, avcılıkta patlayıcı ve zararlı maddelerin kullanılması, su ürünleri istihsal yerlerine dökülmesi yasak olan zararlı ve kirlenici maddeleri, istihsal vasıtalarının vasıf, şartları ve bunların kullanılması, su ürünleri avcılığının düzenlenmesi, trol avcılığı, arızı olarak istihsal

edilen su ürünleri, su ürünleri sağlığı, su ürünlerinden yapılacak mamul ve yarı mamul maddelerin üretimi, su ürünlerinin pazarlaması ile ilgili usul, esas, yasak, sınırlama, yükümlülük, tedbir, kontrol ve denetimine ait hususları kapsamaktadır. Sulara dökülmesi yasak olan zararlı maddeler ve alıcı ortama ait kabul edilebilir değerler, bu yönetmeliğin Ek-5’inde gösterilmiştir.

Ek-5’te yer alan alıcı ortama ait kabul edilebilir değerler iki adet tablo ile verilmiştir. İlk tablo “A- Kimyasal Maddeler” adı altında verilmiş ve 115 adet maddenin alıcı ortamlarda bulunmasına müsaade edilen sınır değerleri belirtilmiştir. İkinci tablo “B- Zirai Mücadele İlaçları” adı altında verilmiş ve 51 adet zirai mücadele ilacının kabul edilebilir değerleri belirtilmiştir. Tablo A ve B’de verilen maddelerden bazıları hem Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği hem de Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’nde bulunmaktadır.

### **2.1.1.3 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)**

31.12.2004 tarihinde 25687 sayılı Resmi Gazete ’de yayımlanmış olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği-SKKY (2004), ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemeyi amaçlamaktadır. SKKY;

- Su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçları,
- Su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasakları,
- Atıksuların boşaltım ilkeleri ve boşaltım izni esaslarını,
- Atıksu altyapı tesisleri ile ilgili esasları,
- Su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsar.

SKKY sekiz bölüm ve eklerden oluşmaktadır.

Yönetmeliğin birinci bölümü amaç, kapsam, dayanak ve tanımlardan ikinci bölüm ise suların korunması ile ilgili esaslardan oluşmaktadır. 13.02.2008 tarih ve 26786 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan yönetmelik değişikliği ile su ve çevresi için önemli risk teşkil eden, zehirlilik, kalıcılık ve biyolojik birikme özelliğinde olan madde ve madde

grupları “Tehlikeli Madde” olarak tanımlanmış ve Bölüm-2 6. maddede yer alan suların korunacağı kirletici etkenler aşağıdaki şekilde revize edilmiştir:

- Fekal atıklar,
- Organik atıklar,
- Kimyasal Atıklar,
- Aşırı üretim artışına neden olan besin maddelerinin, alıcı ortamın dengesini bozacak şekilde aşırı boşaltımı,
- Atık ısı,
- Radyoaktif atıklar,
- Deniz dibinden taranan malzeme, çamur, çöp ve hafriyat artıklarının ve benzeri atıkların boşaltımı,
- Gemilerden kaynaklanan petrol türevli katı ve sıvı atıklar (sintine suyu, kirli balast, slaç, slop, yağ ve benzeri atıklar),
- Yukarıda sayılanların dışında kalan 31/12/2005 tarihli ve 26040 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmelik eklerinde belirtilen maddeler.

Yönetmeliğin üçüncü bölümünde su ortamlarının kalite sınıflandırması yapılmış olup, 7. maddesinde kıta içi yüzeysel sular kalitelerine göre, Yüksek kaliteli su (Sınıf I), Az kirlenmiş su (Sınıf II), Kirli su (Sınıf III) ve Çok kirlenmiş su (Sınıf IV) olmak üzere dört grupta sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya temel oluşturacak parametreler Ekler Tablo-1’de verilmiş olup, bu tabloda konvansiyonel parametrelerin yanında fenolik maddeler, mineral yağlar ve türevleri, toplam pestisit ve inorganik kirlenme parametreleri grubu altında cıva, kadmiyum, kurşun, arsenik, krom, kobalt ve siyanür gibi parametreler de bulunmaktadır.

Yönetmeliğin dördüncü bölümü su kalitesine ilişkin planlama esasları ve yasaklardan oluşmaktadır. Bu bölümde 22. madde yeraltı suları ile ilgili kirletme yasakları ve düzenlemeleri içermektedir. 13.02.2008 tarih ve 26786 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan yönetmelik değişikliği ile kalıcı nitelikteki kirleticilerin yer altı sularının kalitesini bozacak şekilde yüzeysel sulardan süzülme yolu ile kuyu ve drenlerden ortaya çıktığı veya çıkması muhtemel olduğu durumlarda Tehlikeli Maddelerin Su ve

Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan deşarj limitlerinde kısıtlamaya gidileceği belirtilmiş olup, tehlikeli maddelerin kullanıldığı faaliyetler sırasında, kaza ihtimali göz önüne alınarak, yeraltı suyu kirlenmesine engel olacak tedbirlerin alınması zorunluluğu getirilmiştir.

Yönetmeliğin beşinci bölümü atıksuların boşaltım ilkelerini tanımlamaktadır. Buna göre alıcı ortama doğrudan deşarj ilkelerini belirleyen 26. maddede bu Yönetmeliğin 31. maddesinde yer alan sektörlerden atıksularında tehlikeli madde bulunanların, Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği hükümleri kapsamında “Tehlikeli Madde Deşarj İzin Belgesi” için ilgili idareye başvurmaları gerektiği belirtilmiştir. Yönetmelik 31. maddede ise endüstriler üretim tiplerine göre gruplandırılmış ve on altı tane sektör oluşturulmuştur. Bu sektörlere giren tesislerden tamamen kuru tipte çalışanlar için Tablo 5-20 arasındaki atıksu standartları uygulanmaz.

Sektör bazlı atıksu deşarj standartları Ekler Tablo-5’ten Tablo-20’ye kadar düzenlenmiştir. Tehlikeli maddeler açısından değerlendirildiğinde; Maden Sanayii, Kömür Hazırlama, İşleme ve Enerji Üretme Tesisleri, Tekstil Sanayii, Petrol Sanayii, Deri, Deri Mamulleri ve Benzeri Sanayiler, Kimya Sanayii, Metal Sanayii, Seri Makina İmalatı, Elektrik Makinaları ve Teçhizatı Yedek Parça Sanayii, Taşıt Fabrikaları ve Tamirhaneleri, Karışık Endüstriyel Tesisler, Endüstriyel Nitelikli Diğer Tesisler dışında kalan Gıda Sanayii, İçki Sanayii, sektörleri için oluşturulan tablolarda ağır metalleri içeren deşarj standartları bulunmaktadır.

Yönetmeliğin altıncı bölümünde çevre izni alınması ile ilgili hükümler, yedinci bölümünde atıksu altyapı tesislerindeki uygulamalar, sekizinci bölümünde de denetim, izleme ve diğer çeşitli hükümler bulunmaktadır. Yönetmelik yedinci bölüm 43. maddesine göre atıksuyunda, Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliğinin Ek-1’inde belirtilen maddeleri bulunduran faaliyetler derhal gerekli tedbirleri almakla yükümlüdürler.

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’nin (2012) yayımlanması ile SKKY’ nin su ortamlarının kalite sınıflandırılması ile ilgili olarak 3. Bölümünde yer alan 9 madde ve ilgili ekleri yürürlükten kaldırılmıştır.

#### **2.1.1.4 Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin**

##### **Kontrolü Yönetmeliği (2005)**

AB Mevzuat uyum çalışmaları kapsamında, Ulusal Programda “22.1 Su Kalitesi” başlığı altında yer alan; “Su Çevresine Boşaltılan Bazı Tehlikeli Maddelerin Neden Olduğu Kirliliğe Dair” 4 Mayıs 1976 tarih, 76/464/EEC sayılı Konsey Direktifi ile İlgili Direktiflerinin ve 87/217/EEC sayılı Asbest Direktifinin Türk Mevzuatına uyumlaştırılması amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda “Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (TMKKY)” hazırlanmış 26.11.2005 tarih ve 26005 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (2005).

Bu Yönetmeliğin amacı; su ve çevresinde tehlikeli maddelerden kaynaklanan kirliliğin tespiti, önlenmesi ve kademeli olarak azaltılmasıdır. Bu Yönetmelik;

- Yüzeysel sularda, haliç sularında, bölgesel sularda kirliliğe neden olan tehlikeli maddelerin belirlenmesi,
- Kirlilik azaltma programlarının oluşturulması,
- Kirliliğin önlenmesi ve izlenmesi,
- Suyu deşarj edilen tehlikeli maddelerin envanterinin yapılması,
- Deşarj standartları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi ile ilgili teknik ve idari esasları kapsamaktadır.

TMKKY, altı bölüm ve eklerden oluşmaktadır.

Yönetmeliğin birinci bölümü amaç, kapsam, dayanak ve tanımlardan, ikinci bölümü tehlikeli maddelerden kaynaklanan su kirliliğinin azaltılması ile ilgili esaslardan, üçüncü bölümü kirlilik azaltma programlarının oluşturulmasından, dördüncü bölüm tehlikeli maddelerin deşarj esaslarından, beşinci bölüm tehlikeli maddelerin deşarj kontrolü-denetiminden ve altıncı bölüm tehlikeli maddelerin envanterinin oluşturulması ve raporlanması kısımlarından ibarettir.

Yönetmelik ekleri ise 5 tanedir. Ek-1 Çok Tehlikeli Maddeler ve Bunlara Ait Özel Hükümleri, Ek -2 Daha Az Tehlikeli Maddeleri, Ek-3 Tehlikeli Maddelerin Deşarjına İlişkin Deşarj İzin Başvuru Formunu, Ek-4 Tehlikeli Maddeler İçin Deşarj Kontrolü Belgesini ve Ek-5 Tehlikeli Madde Deşarj İzin Belgesini içermektedir.



Yönetmeliğin genel hükümler başlığı adı altında verilen ikinci bölümünde “Ulusal ve/veya bölgesel bazda bu Yönetmeliğin Ek-1 ve Ek-2 sinde verilen tehlikeli maddeler için deşarj limit değerleri ile su kalite kriterlerinin belirlenmesi için envanter çalışmasının yapılması, izleme sisteminin oluşturulması ile deşarjı söz konusu olan tehlikeli maddelerin envanterinin tutulması” ve “Bu Yönetmeliğin Ek-2 sinde yer alan tehlikeli maddeler için; kalite kriterlerine dayalı deşarj standartlarının belirlenmesi” gibi genel esaslar hükme bağlanmıştır.

Programların oluşturulması başlığı altında verilen üçüncü bölümde “Kirlilik azaltma programları kapsamında; deşarj limit değerleri belirlenirken uygulanabilir en iyi temiz üretim teknolojileri göz önünde bulundurulur” hükmü karara bağlanmıştır.

Deşarj ile ilgili usul ve esasların yer aldığı dördüncü bölümde “31/12/2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin Tablo (5-21) arasında yer alan sektörlerden; atıksuyunda tehlikeli madde bulduran sektörler bu Yönetmelik hükümleri kapsamında tehlikeli madde deşarj izin belgesi için ilgili idareye başvurmak zorundadır” ve “Bir bölgedeki alıcı ortama birden fazla kalite kriteri uygulandığında suların kalitesinin mutlaka bu kriterlerin her birine uyacak ölçüde korunmasının sağlanması esastır” gibi deşarjlarla ilgili esaslar yer almaktadır.

İzleme ve denetim hükümlerinin yer aldığı beşinci bölümde “Toplama sistemine ve/veya tanımlar kapsamında alıcı ortama deşarj yapan gerçek ve tüzel kişiler deşarjın kontrolünü bu Yönetmeliğin Ek-4’ünde yer alan form kapsamında her üç ayda bir yapar veya yaptırır; kayıt altına alır ve beyan eder” hükmü yer almaktadır.

Yönetmeliğin Ek-1’inde verilen parametrelerden cıva ve kadmiyum ile Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nin ve Su Ürünleri Yönetmeliği’ nin ilgili parametreleri arasında uyumsuzluklar söz konusudur. Yönetmelik Ek-2’nin bilgilendirme notlarında böyle bir durumda en kısıtlayıcı olan değerin alınması gerektiğini belirtilmiş fakat Ek-1 deki parametreler için böyle bir tanım getirilmemiştir. Söz konusu Yönetmelik hükümleri tam anlamıyla uygulanamamaktadır.

#### **2.1.1.5 Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (2006)**

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği-KAAY 2006 yılında yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 4 bölüm ve 4 ekten oluşmaktadır. Yönetmeliğin amacı, kentsel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı ile belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklanan atıksu deşarjının olumsuz etkilerine karşı çevreyi korumaktır. Bu Yönetmelik, kanalizasyon

sistemlerine boşaltılan kentsel ve belirli endüstriyel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı, atıksu deşarjının izlenmesi, raporlanması ve denetlenmesi ile ilgili teknik ve idari esasları kapsamaktadır. Yönetmelikte, uygulama için öngörülen ilkeler ve esaslar, genel hükümlerle birlikte, kanalizasyon sistemleri, kentsel atıksular için arıtma gereksinimleri, endüstriyel atıksu deşarj standartları ve esasları, hassas ve az hassas su alanları belirleme, izleme esasları bulunmaktadır.

Yönetmeliğe göre, bir endüstride mevcut arıtma derecesinin yetersiz kalması durumunda, çevrenin olumsuz yönde etkilenmesinin önlenmesi için, söz konusu Yönetmelik hükümleri gereğince uygun görülen yerlerde kentsel atıksuya ikincil ya da ileri arıtma uygulanması gerekmektedir.

Kentsel atıksu arıtma tesislerine bağlı olmayan ve biyolojik olarak ayrışabilen endüstriyel atıksulara sahip EK 3’ de yer alan endüstriyel sektörlerde oluşan atıksuyun alıcı su ortamlarına deşarjları izne tabidir. Ek 3’de yer alan endüstriler şunlardır: süt ve süt ürünleri; meyve, sebze ürünleri ile diğer gıda bitkilerinin işlenmesi; alkolsüz içeceklerin imalatı ve şişelenmesi; patates işleme; et endüstrisi; bira fabrikaları; alkol ve alkollü içeceklerin üretimi; bitkisel ürünlerden hayvan yemi imalatı; hayvan postu, derisi ve kemiklerinden jelatin ve tutkal imalatı; malt imalathaneleri; balık işleme endüstrisi; benzer diğer sektörler.

Yönetmelik Madde.5-h bendinde “Çevrenin atıksu deşarjlarından kaynaklanan olumsuz etkilerinden korunmasını sağlamak için arıtma tesislerinin, atıksuların ve alıcı ortamın izlenmesi gereklidir”. Aynı maddenin e bendinde “Bakanlık, hassas su alanlarını ve az hassas su alanlarını EK 1’de yer alan kriterlere göre belirler. Az hassas su alanları belirlenirken, deşarj edilen kirlilik yüklerinin, önemli çevre etkilerine neden olabilecek komşu bölgelere taşınabileceği riski de dikkate alınır” ifadesi yer almaktadır.

Yönetmelikte “Endüstriyel atıksu deşarj standartları başlığı altında”, Madde 10’da Ek-3’de yer alan endüstriyel sektörlerle ait tesisler ve belirli büyüklükte deşarj eden ve kentsel atıksu arıtma tesislerine teknik ve ekonomik açıdan girmesi mümkün olmayan ve alıcı ortamda biyolojik olarak ayrışabilen, endüstriyel atıksulara ait deşarjların hangi yönetmelik ve maddelere tabi olarak deşarj edileceği belirtilmiştir.

Yönetmelikte genel olarak hassas alanların daha sıkı arıtma ihtiyaçları olduğu az hassas alanlarda ise birincil arıtmanın yeterli olabileceği vurgulanmıştır.

### **2.1.1.6 Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik (2012)**

17 Ekim 2012 tarihinde 28444 numaralı Resmi Gazete ile yayınlanan Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik'in amacı yüzeysel sular ve yeraltı sularının bütüncül bir yaklaşımla miktar, fiziksel, kimyasal ve ekolojik kalite açısından korunması ve su havzaları yönetim planlarının hazırlanmasına ilişkin usul ve esasların düzenlenmesidir.

Yönetmelik, denizler hariç, kıyı suları dahil olmak üzere yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının yer aldığı havzaların korunması ve yönetim planlarının hazırlanmasına ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır. Su kaynaklarının havza bazında sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesi, iyileştirilmesi, korunması ve kullanılmasının sağlanmasında gerekli ilkeleri barındırmaktadır. Bu ilkelerden biri olan havza yönetim planlarının hazırlanması, havza koruma eylem planları esas alınarak söz konusu yönetmelik Ek-2'de belirtilen usul ve esaslara göre Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nca hazırlanmaktadır.

Yönetmeliğe göre, taşkın yönetim planları havza yönetim planı çevresel hedefleri ile uyumlu olacak şekilde hazırlanmalı ve içme suyu olarak kullanılan ve kullanılacak olan su kaynakları için özel hüküm belirleme ve özel planlama çalışmaları Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yapılmaktadır.

Çevresel hedefler, iyi su durumuna ulaşmak ve bu durumu korumak maksadıyla sosyal ve ekonomik boyutlar, iklim değişikliği, kuraklık ve taşkın gibi havzanın bütün etkenlerinin bütüncül değerlendirilmesi ile oluşturulmaktadır. Çevresel hedeflere yönelik hususlar da bu yönetmelik içerisinde yer almaktadır.

### **2.1.1.7 Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2012)**

30 Kasım 2012 tarihinde 28483 numaralı Resmi Gazete ile yayınlanan ve 15 Nisan 2015 tarihinde 29327 numaralı Resmi Gazete ile değişikliğe uğrayan "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği" 5 bölüm 23 madde ve 7 ekten oluşmaktadır. Yönetmeliğin amacı; yüzeysel sular ile kıyı ve geçiş sularının biyolojik, kimyasal, fiziko-kimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, bu suların kullanım maksatlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde koruma kullanma dengesi de gözetilerek ortaya konulması, korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere

yönelik usul ve esasların belirlenmesidir. Yönetmelik, açık deniz haricindeki bütün yüzeysel sular ile kıyı ve geçiş sularını kapsamaktadır.

Yönetmelikte yüzeysel su kalitesinin korunmasına dair ilke ve esaslar ve alıcı su ortamlarının korunması, hassas su alanları/bölgelerin genel esasları, yüzeysel su kütlelerinde baskı ve etkilerin değerlendirilmesi; su kalitesi yönetimi için çevresel hedefler belirlenmesi, çevresel kalite standardı, referans bölge esasları, yüzeysel suların sınıflandırılması, izleme verilerinin değerlendirilmesi, trofik seviye belirlenmesi, kirliliğin önlenmesi, su kalitesi yönetimi için tedbirler programı, koruma bölgeleri, izleme esasları ile ilgili genel hükümler verilmiştir. Genel esasların tespiti ve uygulamasında kullanılacak bilgiler ise 8 adet ekte özetlenmiştir. Eklerin başlıkları şu şekildedir: yüzeysel su kütlelerinde baskı ve etkilerin değerlendirilmesi; yüzeysel su kütlelerinin kalite durum sınıflandırması; yüzeysel su kütlelerinde koruma bölgeleri; yüzeysel su kütlelerinde çevresel kalite standartlarının belirlenmesi; yüzeysel su kütlelerinde bazı parametreler için çevresel kalite standartları ve kullanım maksatları; yüzeysel su kütlelerinin izleme tabloları; yüzeysel su kütlelerinin trofik seviyeleri; yüzeysel su kütlelerinde karışım bölgeleri.

Yönetmeliğe göre, yüzeysel suların kalitesini ve ekolojik özelliklerini korumak, iyileştirmek, mevcut kalitesinden geriye gidişini önlemek ve çevresel hedeflere ulaşmak esastır. Bu esas çerçevesinde, “Alıcı su ortamlarının korunması” başlıklı Madde 6’da; Alıcı ortama deşarj kriterleri, sınıflandırması yapılmış ve kalite standartları belirlenmiş olan yüzeysel su kütleleri ve bu su kütleleri ile etkileşim içerisinde bulunan evsel ve sanayi kirleticiler kaynakların bu alanlara olabilecek etkileri, alanın özümleme kapasitesi ve Bakanlıkça belirlenen çevresel kalite standartları göz önüne alınarak, ilgili kurum ve kuruluşlarca belirleneceği ve alıcı ortama tarımsal faaliyetlerden gelen kirlilikle ilgili gerekli tedbirler çevresel kalite standardı esas alınarak Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığınca alınacağı belirtilmiştir.

Yüzeysel su kütlelerinde baskı ve etkilerin değerlendirilmesinde, Ek-1’de yer alan kriterler dikkate alınarak ilgili kurum ve kuruluşlarla birlikte koordineli olarak Bakanlık tarafından belirlenmeler yapılacağı belirtilmiştir.

Çevresel kalite standardı ile ilgili genel esasları içeren Madde 10’da; Ek-4’te verilen madde ve madde grupları için çevresel kalite standartları ulusal düzeyde ve ilave olarak her bir havza için o havzaya özgü belirli kirleticiler için havza düzeyinde

Bakanlıkça belirleneceği; çevresel kalite standartları belirlenirken havza bazında noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları ile birlikte su ortamında gerçekleştirilen daha önceki izleme verilerinin envanteri Bakanlıkça yapılacağı; toplanan envanter bilgileri değerlendirileceği ve çevresel kalite standartlarının Ek-5 dikkate alınarak belirleneceği esasa bağlanmıştır.

“Yüzeysel suların sınıflandırılması” başlıklı, Madde 12’de; Yüzeysel sular için çevresel sınıflandırma, ekolojik ve kimyasal durumun ortak değerlendirilmesiyle Ek-2’de verilen değerlendirme şemaları göz önüne alınarak Bakanlıkça yapılacağı; kimyasal durum, öncelikli maddelerin izlenmesi neticesinde; ekolojik durum, su kütlesinin biyolojik, hidromorfolojik, genel kimyasal ve fiziko-kimyasal kalite unsurları ile birlikte belirli kirleticilerin izlenmesi ile beraberce belirleneceği belirtilmiştir.

Yönetmelik Madde 15’e göre; Bakanlıkça yapılacak izleme neticesinde, su kalitesinin ve/veya çevresel kalite standartlarının olumsuz yönde etkilendiğinin tespit edildiği durumlarda yetkili idare/idarelerce duruma ilişkin bildirim yapılır, yetkili idare/idarelerce gerekli önlemler alınır, uygulamaların takibi Bakanlıkça yapılır.

Yönetmeliğe göre, Bakanlık, yüzeysel su kirliliğinin önlenmesi için izleme programı neticesinde elde edilen verileri ve bu veriler kullanılarak ihtiyaç duyulması halinde yapılacak modellemenin neticelerini dikkate alarak, ilgili kurum ve kuruluşlarla birlikte bir tedbirler programı hazırlar. Hazırlanan tedbirler programında öncelikle zayıf ve kötü durumdaki su kütleleri için belirlenmiş olan tedbirler uygulanır. Tedbirlerin uygulamalarının takibi Bakanlıkça yapılır. Bakanlıkça oluşturulacak izleme programı çerçevesinde ve bu Yönetmelik kapsamında, yüzeysel suların kalite ve miktarının izlenmesi sağlanır. Elde edilen veriler Ulusal Su Veri Tabanına aktarılarak su kalitesinin değerlendirilmesi ve sınıflandırılması Bakanlıkça yapılır.

Yönetmelikte esasların uygulanması ile ilgili bilgileri içeren Ek 1’de, yüzeysel su kütlelerinde baskı ve etkilerin değerlendirilmesi hususları belirtilmiştir. Buna göre; su kütleleri yapay, büyük ölçüde değiştirilmiş ve doğal su kütleleri şeklinde kategorilere ayrılır. Nehirler, göller, kıyı ve geçiş sularının yeri ve sınırları koordinatları ile beraber belirlenir. Su kütlesinin yatak yapısı, etkileşim içinde bulunduğu su ve kara ekosistemleri ortaya konur, maruz kaldığı baskı ve etkiler nicelik olarak tespit edilir; havza bazında su kütlelerinde önemli miktarda kirlilik meydana getiren veya yoğun

deşarjlarla kirlilik meydana getirebilecek madde veya madde grupları belirlenerek bunlara ilişkin etki değerlendirmesi yapılır ve su kütlelerinin yüzeysel su durumlarının, belirlenen baskılara maruz kalabilme riskinin değerlendirmesi yapılır.

Ek 2’de yüzeysel su kütlelerinin kalite durum sınıflandırması ile ilgili esaslar verilmiştir. Buna göre; bir su kütlesi için Çevresel Kalite Standartları belirlendikten sonra, ekte verilen “Ekolojik Durum Değerlendirmesi”, “Büyük ölçüde değiştirilmiş su kütlesi (BÖDSK) ve Yapay su kütlesi (YSK) için Ekolojik Potansiyel Sınıflandırması” ve “Yüzeysel Su Kütlelerinin Sınıflandırma Şeması” dikkate alınarak sınıflandırma yapılır. Su kalitesi sınıflandırmasında karakteristik değerin bulunmasında kullanılan istatistiksel yöntemler (Hazen, Weibull, Logaritmik yöntem) ve ilgili tablo ve şekiller ekte verilmiştir.

Yüzeysel su kütlelerinde çevresel kalite standartlarının belirlenmesi esaslarının belirtildiği Ek 4’te, hangi kirletici veya kirletici grupları için su kolonu, dip çökeltisi ve biyotada çevresel kalite standartları belirleneceği belirtilmiştir.

Aynı zamanda söz konusu kirleticiler için risk değerlendirmesinde kullanılacak biyolojik kalite eleman sınıfı da ekte belirtilmiştir. Ekte Yüzeysel Su Kalitesi Açısından Öncelikli Maddeler kapsamında 33 madde listelenmiş ve 20 adeti “öncelikli tehlikeli madde” olarak sınıflandırılmıştır.

Ek 5’te yüzeysel su kütlelerinde bazı parametreler için çevresel kalite standartları ve kullanım maksatları belirtilmiştir. Bu anlamda Kıta içi yüzeysel su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri; genel (pH, sıcaklık vb.); oksijenlendirme parametreleri; nutrient (besin elementleri) parametreleri; bakteriyolojik parametreler, tehlikeli maddeler başlıkları altında değerlendirilmiş, tehlikeli maddeler için; “tehlikeli maddeler ve bu tabloda verilmeyen diğer kirleticiler konuyla ilgili ülke envanteri (referans değerler) oluşturulduktan sonra, 1 Ocak 2015’den itibaren değerlendirilecektir” ifadesine yer verilmiştir. Ekte aynı zamanda kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları: verilmiştir.

Yüzeysel su kütlelerinin izleme tabloları; kıyı ve geçiş su kütlelerinin izleme tablosu; nehir su kütlelerinin izleme tablosu; göl su kütlelerinin izleme tablosu halinde Ek 6’da verilmiştir.

Ek 7’de yüzeysel su kütlelerinin trofik seviyeleri; Ege ve Akdeniz kıyı ve geçiş suları ötrofikasyon kriterleri; Karadeniz ve Marmara kıyı ve geçiş suları ötrofikasyon

kriterleri; göl, gölet ve baraj göllerinde trofik sınıflandırma sistemi sınır değerleri şeklinde tablolar halinde verilmiştir.

YSKY, 29327 numaralı 15 Nisan 2015 tarihli Resmi Gazete ile revize edilmiştir. Yapılan revizyon ile kıyı sularının kalitesinin belirlenerek, korunması ve kirlenmesinin önlenmesinin sağlanması amacıyla kıyı suları için belirlenmiş olan kriterler ve açıklamalar yapılmıştır. Yönetmelik eklerinde değişiklikler meydana gelmiş olup, kalite belirleyici parametre eklemeleri de olmuştur.

#### **2.1.1.8 Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik (2014)**

11 Şubat 2014 tarihinde 284910 numaralı Resmi Gazete ile yayınlanan Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik'in amacı ülke genelindeki bütün yüzeysel sular ve yeraltı sularının miktar, kalite ve hidromorfolojik unsurlar bakımından mevcut durumunun ortaya konulması, suların ekosistem bütünlüğünü esas alan bir yaklaşımla izlenmesi, izlemede standardizasyonun ve izleme yapan kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanmasına yönelik usul ve esasları belirlenmesidir.

Bu Yönetmelik, jeotermal kaynaklar ve deniz suları hariç, kullanım maksadına bakılmaksızın su kaynaklarının denize döküldüğü noktalardaki kıyı suları dahil, diğer kıyı suları hariç kıta içi yüzeysel, yeraltı, geçiş ve doğal mineralli suların izlenmesine ilişkin hususları kapsamaktadır.

Söz konusu Yönetmelik, su kütlelerinin, tipolojilerinin, referans şartlarının baskı-etkilerin ve izleme noktalarının belirlenmesine ilişkin hükümleri içermektedir. Ayrıca ulusal izleme ağı, izleme programları, yüzeysel suların genel amaçlı, operasyonel, araştırma maksadıyla izlenmesine yönelik hükümler de barındırmaktadır.

Yerüstü sularında izlenmesi gereken kalite elementleri akarsular, göller, kıyı suları ve geçiş suları özelinde Yönetmeliğin Ek-1'inde verilmiştir. Ek-1'de yer alan parametreler için uyum süreci, geçici madde 1 ile bu Yönetmelik yürürlüğe girdiği tarihten itibaren 5 yıl olarak belirlenmiştir. Yönetmeliğe göre, su kalitesi izleme çalışmaları yürüten ilgili kamu kurum ve kuruluşları, bu 5 yıl içerisinde izleme alt yapısını oluşturmalı ve yerüstü-yeraltı su kütlelerinde izleme çalışmalarına başlamalıdır.

## 2.1.2 Uluslararası mevzuat

### 2.1.2.1 Su Çerçeve Direktifi (2000)

Avrupa Birliği çevre politikasındaki değişime paralel olarak gelişen su politikası genel olarak üç döneme ayrılarak incelenmektedir. 1978-1988 yıllarını kapsayan I.dönemde insan faaliyetlerinden suyun korunması hedeflenerek çevresel kalite standartlarına odaklanılmıştır. 1988-1995 yıllarını kapsayan II.dönemde ise düzenleme ve denetleme yaklaşımı hakimdir. Deşarjların kontrolüne ilişkin çalışmalar yapılarak daha spesifik konularda önlemler alınmıştır. 1991 tarihli “Kentsel Atıkların Ele Alınması Direktifi” ve “Nitratlar Direktifi”, 1996 tarihli “Entegre Kirlenmenin Önlenmesinin Kontrolü için Direktif” ve 1998 tarihli “İçme Suyu Direktifi” bu dönem içerisindeki önemli gelişmelerdir. Son olarak 1995 yılından itibaren bütünsel ve kapsamlı bir yasanın oluşturulması için Su Çerçeve Direktifi hazırlıklarına başlanmıştır. 2000 yılına kadar süren çalışmalar sonrasında 23 Ekim 2000 tarihinde Su Çerçeve Direktifi (2000) yayımlanmıştır (Aytuğ, 2014; Çiçek, 2010). SÇD, sektörel uyum ve ortak yönetimin sağlanması ile su kaynaklarının miktar ve kalite olarak korunması ve kontrol edilmesine yöneliktir. Geliştirilen yaklaşım ile su kaynaklarında ekolojik ve kimyasal bakımdan iyi su durumuna ulaşması hedeflemektedir.

SÇD, 26 madde ve 11 ekten oluşmaktadır. SÇD'nin genel amacı, Madde 1 ile belirtildiği gibi iç yüzeysel suların, kıyı ve geçiş sularının, yeraltı sularının korunması için bir çerçeve oluşturulmaktır. İlgili maddede daha detaylı amaçlar ise, aşağıdaki şekilde sıralanmıştır (EC, 2000; Moroğlu, 2007).

- Su ekosistemlerinin, karasal ekosistemlerin ve su ekosistemlerine doğrudan bağımlı olan bataklık alanlarının mevcut durumlarının daha fazla bozulmasını önlemek için koruma altına almak ve genişletmek;
- Mevcut su kaynaklarının uzun dönem korunmasını sağlamak için sürdürülebilir su kullanımına teşvik etmek;
- Diğer hususların yanı sıra, su çevresinde öncelikli maddelerin deşarjlarını, emisyonlarını ve kayıplarını aşamalı bir şekilde azaltmayı sağlamak ve öncelikli tehlikeli maddelerin deşarjlarını, emisyonlarını ve kayıplarını durdurmak veya aşamalı olarak ortadan kaldırmak için spesifik önlemler olarak iyileştirmeyi sağlamak;



- Yeraltı sularının kirlenmesinin zaman içinde azalmasını sağlamak ve daha fazla kirlenmesini önlemek;
- Sel ve kuraklığın etkilerini azaltmaya katkı sağlamak;

Madde 2, direktifin amaçlarına uygun olarak 41 adet tanım içermektedir. İlgili madde yüzeysel su, yeraltı suyu, iç su, nehir, göl, geçiş suyu, kıyı suyu, yapay su kütlesi, büyük ölçüde değiştirilmiş su kütlesi gibi açıklamalar sunmaktadır. Su kütlesi açıklamalarını takip eden tanımlar ise, nehir havzası, alt havza gibi coğrafi sınırlara ait oluşumlardır. Su kaynaklarında ekolojik ve kimyasal bakımdan iyi su durumuna ulaşmasını hedefleyen SÇD, yüzeysel su statüsü, iyi yüzeysel su statüsü gibi suyun niteliğini tanımlayan, kontrol altına alınması gereken tehlikeli madde, öncelikli madde, kirlenici gibi açıklamaları da içermektedir. SÇD’ de tehlikeli madde, toksik, kalıcı ve biyobirikim yapabilen maddeler veya madde grupları ya da bu düzeyde kaygıya yol açan diğer maddeler veya madde grupları olarak tanımlanmaktadır. Öncelikli maddeler ise, SÇD Madde 16(2)’ya uygun olarak tanımlanan ve Ek X ile listelenen maddeler olarak belirtilmiştir. Ayrıca SÇD, Madde 16 ile verilen açıklamalar neticesinde öncelikli tehlikeli maddeleri de tanımlamıştır.

SÇD’ nin en önemli maddelerinden biri olan Madde 4, direktifin çevresel hedeflerini belirtmektedir. Buna göre, direktifin yürürlüğe girmesinden itibaren 15 yıl içinde, bütün yüzeysel su kaynakları koruma altına alınarak “iyi ekolojik potansiyel” ve “iyi yüzeysel su” kimyasal statüsüne ulaştırılması öngörülmüştür. Bunun için, SÇD-EK V’ te yer alan hükümlere uygun olarak bütün yapay ve ağır şekilde değiştirilmiş su kaynaklarının korunması ve restore edilmesi gerekmektedir. Yeraltı suları ile ilgili olarak su çekiminin su toplanması ile dengeli olması ve yeraltı sularının kimyasal olarak iyi durumda olması öngörülmüştür. Ayrıca korunan alanlarla ilgili olarak da diğer direktiflerle uyumlu adımlar atılması gerektiği belirlenmiştir.

SÇD’ nin önemli maddelerinden biri de, su statüsünün izlenmesi ile ilgili olan Madde 8’dir. Bu madde, üye ülkelerin her bir nehir havzası içinde su kalitesinin tutarlı ve kapsamlı bir genel görünüşünü elde etmek için su statüsünün izlenmesi amacıyla programlar hazırlamasını öngörmüştür. Bu programların yüzey suları için ekolojik ve kimyasal statü ve ekolojik potansiyeli ve ilgili olduğu ölçüde miktarı ve akış düzeyi ya da oranını kapsamaları planlanmıştır. Bu programlar yeraltı suları için kimyasal ve nicel statüsünün izlenmesini kapsamaktadır.

İlgili mevzuatta aksi yönde hüküm bulunmadıkça, izleme programının Direktif'in yürürlüğe giriş tarihinden itibaren en geç altı yıl içinde EK-V'te verilen şartlara uygun olarak işler hale getirilmesi gerekmektedir. Su kütlesi durumunun analizi ve izlenmesi için uygulanacak program, Direktif'in 21. Maddesi'nde verilen teknik şartlar ve standardize edilmiş metotlar çerçevesinde oluşturulmalıdır.

SÇD 11. Madde, direktifin hedeflerine ulaşılabilmesi için oluşturulması gereken önlemler programını açıklamaktadır. Buna göre üye ülkelerin nehir havza bölgeleri ya da uluslararası nehir havza bölgelerinin kendi topraklarında kalan kısımları için, Direktif'in belirttiği hedeflerin gerçekleştirilmesi amacıyla izleme programı oluşturması ve gerekli önlemleri alması gerekmektedir.

SÇD'nin 16. Maddesi'nde su kaynaklarının kimyasal kirliliğe karşı korunması stratejileri belirtilmiştir. Bu madde ile Avrupa Parlamentosu ve Konseyi yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının ve özellikle içme suyu elde edilen kaynakların ve çevrelerinin kirlenmesine neden olabilecek kirliliklere karşı önlemler alınması zorunluluğunu getirmiştir. Komisyonun, su çevresi ya da su çevresi aracılığıyla önemli bir risk oluşturan maddeler arasından seçilmiş bir "Öncelikli Maddeler Listesi" hazırlayarak teklif sunması öngörülmüştür.

"Öncelikli Maddeler Listesi" nin SÇD'nin yürürlüğe girmesinden itibaren dört yıl içinde Komisyon tarafından oluşturulması ve sonrasında her dört yılda bir gözden geçirilerek uygun olması durumunda teklifin hazırlanması gerekmektedir. Ayrıca Komisyon'un, bir maddenin Öncelikli Maddeler Listesi'ne dahil edilmesinden itibaren iki yıl içinde, noktasal kaynaklar için deşarj kontrollerini ve çevresel kalite standartlarını belirleyen teklifleri sunması öngörülmüştür. İlk olarak öncelikli maddeler listesinde yer alan maddeler için, AB düzeyinde bir sözleşme yoksa bu direktifin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren altı yıl içinde üye devletler, bu maddelerin deşarjlarından etkilenen bütün yerüstü suları için "Çevresel Kalite Standartları" ve bu tür deşarjların belli başlı kaynakları için diğer hususların yanı sıra bütün teknik azaltma seçeneklerinin değerlendirilmesine dayalı olarak kontrolleri oluşturmalıdır. Daha sonra Öncelikli Maddeler Listesi'ne dahil edilen maddeler için, AB düzeyinde bir sözleşme yoksa, üye ülkeler kontrolleri oluşturma faaliyetini, maddenin listeye dahil edilmesi tarihinden itibaren beş yıl içinde gerçekleştirmelidir. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından kabul edilen Öncelikli Maddeler Listesi SÇD EK X ile verilmektedir.

Mevcut olan 33 maddeli öncelikli kirletici listesi Karar no 2455/2001/EC ile belirlenmiştir. 2006'daki Komisyon teklifinden sonra mevcut kontrol ölçütlerinin incelenmesi sonrasında, 2000 yılından beri AB çapında SÇD Madde 16 dikkate alınarak birçok yasanın çıktığı ve uygulandığı görülmüştür. AB çapında ek ölçütlere ihtiyaç duyulmamıştır. Ek ölçütlere ihtiyaç duyuluyorsa, üye ülkelerin nehir havza yönetim planlarında bunlara yer vermeleri istenmiştir.

Bu uygulanan yasalardan sonra, özellikle Karar No 1907/2006 (EC) "Kimyasalların Kayıt, Değerlendirme, İzin ve Kısıtlamaları (REACH)" ve Karar No 1107/2009 (EC) düzenlemeleri ile kimyasalların satışı ve yetkilendirilmesi ile ilgili kontroller artmıştır. Bu ve bunlar gibi düzenlemeler (örneğin biositler ve veterinerlik ilaçları ile ilgili yönetmelikler) AB çapında birçok öncelikli kirleticinin kullanımının ve deşarjının kontrolünü sağlamıştır.

Su kalitesi ile ilgili AB Direktifleri'nin bazılarının, SÇD'nin çatısı altında toplanarak SÇD'nin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren belirli sürelerle yürürlükten kaldırılması öngörülmüştür. Bu kapsamda Su Çerçeve Direktifi'ne dahil edilen direktifler aşağıda verilmiştir:

- İçme Suyu için Kullanılacak Yüzey Sularının Kalitesi Direktifi (EC, 1975)
- İçme Suyu Temini Amaçlı Yerüstü Suyunun Ölçüm Metotları ve Örnek Alma ve Analiz Frekansları Direktifi (EC, 1979).
- Balık Yaşamının Geliştirilmesi ve Korunması İçin Tatlı Suların Kalitesi Direktifi (EC, 1978).
- Kabuklu Deniz Ürünlerinin Yaşadığı Suların Kalitesi Direktifi (EC, 1979).
- Bazı Tehlikeli Maddelerin Sebep Olduğu Yeraltı Suyu Kirliliğinin Önlenmesi (EC, 1980)
- Suda Tehlikeli Maddeler Direktifi (EC, 1976)

#### **2.1.2.2 Suda Tehlikeli Maddeler Direktifi (1976)**

Bu direktif Avrupa'da su kirlenmesi ile ilgili olan ilk direktif olup, kimyasal maddelerle ilgili kirlenmenin azaltılması ve kontrolünü hedeflemiştir. Direktif yüzeysel sular, geçiş suları, kıyı suları ve yeraltı sularını kapsamaktadır. 1980'de

yeraltı suları bu direktifin kapsamı dışına çıkarılmış ve 80/68/EEC Direktifi ile ayrı bir kapsamda değerlendirilmeye başlanmıştır.

Yaklaşık 40 yıl önce Avrupa’da tehlikeli maddelerin deşarjı ile ilgili konsey direktifi olarak yürürlüğe giren 76/464/EEC ile su kaynaklarına yapılan tehlikeli maddelerin deşarjı belirlenmiş, 2006 yılında revize edilerek, 2006/11/EC ile değiştirilmiştir. Birçok madde deşarjı 1980’lerde “İlgili Direktifler” olarak adlandırılan spesifik direktiflerle düzenlenmiştir. Bu direktiflerle yüzeysel sular ve kıyı suları için, Topluluk çapında deşarj limit değerleri ve kalite hedefleri tanımlanmıştır. Topluluğun yeniden yapılanması sırasında SÇD’ye entegre edilen 76/464/EEC Direktifi 2013 yılından itibaren tamamen yürürlükten kaldırılmıştır.

Bu direktifin amacı, yaşam kalitesinin artırılması, çevrenin korunması ve tatlı su ve deniz sularının, kalıcı, toksik ve biyolojik olarak birikebilen maddelere karşı korunmasıdır.

Direktifte belirtilen şartların uygulanmasının yanında, üye devletler tarafından gerektiğinde daha sıkı tedbirlerin alınması ve elde edilen tecrübeler ve deneyimlere dayanarak, standartlarda değişiklik yapılması ve listelere başka maddeler eklenmesi öngörülmüştür.

Direktifin genel olarak üye ülkeler tarafından; ülke içindeki yüzeysel sulara, bölgesel sulara, ülkenin dahili kıyı sularına ve yeraltı sularına uygulanması gerekmektedir.

Buna göre her üye ülkede belirlenen yetkili kurum; gerekli deşarj standartlarını belirler, deşarjları kontrol eder ve deşarjlara izin verip vermeme yetkisine sahiptir. Deşarj eden kuruluşlar ise bu yetkili kurumun kararlarını uygulamakla yükümlüdür. Yetkili kurum, yapılan deşarjlarda izin verilen maddelerin maksimum konsantrasyonlarını ve belirli zaman periyotları içerisinde alıcı ortamlardaki miktarlarını belirler, standartlara uymayan kuruluşların deşarjlarını yasaklar. Bunun yanında üye ülkelerin, mevcut kirliliklerin giderilmesi için belirli programlar oluşturması ve bu programların gerçekeştirilmesinde teknolojik gelişmelerden faydalanması gerekmektedir. Ayrıca direktifte oluşturulan programların özetleri ve uygulama sonuçlarının komisyona bildirilmesi ve Komisyon ile üye ülkelerin değerlendirerek ortak düzenlemeleri yapmaları öngörülmüştür.

76/464/EEC Direktifi Liste 1 ve Liste 2 kirleticileri konseptini ortaya koyarak Liste 1'deki kirleticilerin tamamen ortadan kaldırılmasını ve Liste 2'deki kirleticilerin azaltılmasını amaçlamıştır.

#### Liste 1 ve Aday Liste 1

1982'de Komisyon Konseyi'ne sunulan liste, başlangıçta 129 aday madde, daha sonra 3 maddenin eklenmesiyle toplam 132 aday maddeyi içermektedir. Liste 1'de yer alan maddeler dirençlilik, toksisite ve birikme özelliklerine göre seçilmiştir.

Liste 1'de yer alan madde grupları aşağıda verilmiştir.

1. Organik halojen bileşikleri
2. Organik fosfor bileşikleri
3. Organik kalay bileşikleri
4. Kanserojen özelliklere sahip olan maddeler
5. Cıva ve bileşikleri
6. Kadmiyum ve bileşikleri
7. Kalıcı mineral yağları ve petrol kökenli hidrokarbonlar
8. Kalıcı sentetik maddeler

Aday Liste 1'de 18 tekil madde "İlgili Direktifler" adı verilen 5 spesifik direktifle düzenlenmiştir. Topluluk çapında bu maddeler için Mevcut En iyi Teknikler (MET) dikkate alınarak Emisyon Limit Değerleri (ELV) geliştirilmiştir. Aday Liste 1'deki diğer kirletici maddeler daha geniş ve entegre endüstriyel tasarımların hazırlanması için 1990 yılında askıya alınmıştır. 1996'da yürürlüğe giren Entegre Kirliliği Önleme ve Kontrol Direktifi Aday Liste 1'de yer alan 18 madde için endüstriyel deşarjlar bazında ELV'leri içermektedir.

#### Liste 2- Kirlenmeyi Azaltma Programları (76/464/EEC-Madde 7)

Liste 2, sucul ekosisteme zararlı olan tüm madde ve madde gruplarını içermektedir. Liste 1 maddeleri olarak tanımlanan maddeler dışında kalan Aday Liste 1'de yer alan maddeler ve madde grupları, Liste 2 maddeleri olarak dikkate alınmıştır. Liste 2 maddeleri için su kalitesi hedefleri ve kirlilik azaltma programları 76/464/EEC direktifi Madde 4'e göre düzenlenmektedir.

Direktif 7. Maddesi altında düzenlenen Liste 2 maddelerinin düzgün bir şekilde uygulanması konusunda çok yavaş ilerleme kaydedilmiştir. Bunun üzerine Komisyon 1990'ların başında, üye ülkelerin birçoğuna karşı ihlal prosedürlerini başlatmaya karar vermiştir.

Komisyon 76/464/EEC Direktifi Madde 7 altında tüm üye ülkelerde kirlilik azaltma programları değerlendirilmiştir. İlk rapor 2001'de "Konsey Direktifi 76/464/EEC Madde 7 Kapsamında Değerlendirme Programları" adı altında hazırlanmıştır. Sonraki iki rapor geçiş döneminde 76/464/EEC Direktifi daha sonra SÇD'ye entegre edilmiş, SÇD'nin 16. ve 22. Maddelerinde tehlikeli maddelerin deşarjı ile ilgili mevcut 76/464/EEC Direktifi'nin geçici hükümleri tanımlanmıştır. Bu hükümler aşağıda özetlenmiştir:

- Liste 1'deki emisyon limitleri ve kalite standartları ile ilgili olan 76/464/EEC 6. Madde, SÇD Direktifi yürürlüğe girdikten sonra kaldırılmıştır.
- 13 Ocak 2009'dan itibaren SÇD'nin Ek-X'u 2008/105/EC Direktifi Ek-II ile değiştirilmiştir (2008/105/EC Direktifi Madde 10). Yeni Ek-X öncelikli maddelerin ilk listesini ve bu nedenle Aday Liste 1'i de değiştirmektedir (Karar 2455/2001/EC).
- 13 Ocak 2009'dan bu yana spesifik direktifler (İlgili Direktifler) tarafından düzenlenen ve SÇD Ek-IX'da listelenen Çevresel Kalite Standartları yeni Direktif'te (2008/105/EC 11. Madde) Ek-I Bölüm A ile kaldırılmıştır.
- Direktifin SÇD Ek-IX tarafından listelenen diğer parçaları 2008/105/EC Direktifi 12. Madde'ye göre 22 Aralık 2012'den itibaren kaldırılmıştır.
- Birinci Havza Yönetim Planları ile getirilen ÇKS'ler en az 76/464/EEC Direktifi'nde belirlenmiş olan standartlar kadar sıkı olmalıdır (SÇD 22. Madde).
- 22 Aralık 2012'ye kadar izleme ve raporlama yükümlülükleri SÇD'nin 5, 8 ve 15. Madde'lerine göre yapılacaktır (Direktif 2008/105/EC 12. Madde)

Bu direktifte de belirtildiği gibi Avrupa Komisyonu, su ortamlarının korunmasını etkili bir biçimde sağlayabilmek için bu ortamlara olumsuz etkide bulunan kalıcı, toksik ve biyolojik olarak birikebilen maddeleri Liste 1 başlığı altında ve zararlı etkilere sahip diğer maddeleri de Liste 2 başlığı altında toplamıştır. Bu listelerdeki maddeler için deşarj standartları oluşturulmasını ve bu standartlara uymayan atıksulara, deşarj izni verilmemesi kararını almıştır.

### 2.1.2.3 İlgili Direktifler

1980’lerde birçok tehlikeli madde deşarjı “İlgili Direktifler” olarak adlandırılan 5 spesifik direktiflerle düzenlenmiştir. Bu direktiflerle yüzeysel sular ve kıyı suları için, Topluluk çapında deşarj limit değerleri ve kalite hedefleri tanımlanmıştır. İlgili direktifler aşığıda özetlenerek açıklanmıştır (Moroğlu, 2007): İlgili Direktifler, 2008/105/EC sayılı Çevresel Kalite Standartları direktifinin yayımlanması ile yürürlükten kaldırılmıştır.

#### Klor Alkali Elektroliz Endüstrisinin Cıva Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi-82/176/EEC (EEC, 1982)

82/176/EEC sayılı Klor Alkali Elektroliz Endüstrisinin Cıva Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi’nin amacı, 76/464/EEC Direktifi’nde yer alan cıva için belirtilen cıva sınır değerleri, su çevresi için kalite hedefleri, ölçüm metotları ve çevresel kaynaklar üzerindeki etkilerinin izlenmesi için uygun bir çerçeve oluşturmaktadır. Direktifte, spesifik olarak klor alkali elektroliz endüstrilerinden kaynaklanan cıva için deşarj sınır değerlerini ve ölçüm metotlarını belirtilmektedir.

#### Kadmiyum Deşarjlarının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi- 83/513/EEC (EEC, 1983)

83/513/EEC sayılı Kadmiyum Deşarjlarının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi, 76/464/EEC Direktifinde belirtildiği üzere kadmiyumun emisyon sınır değerleri, su çevresinde kadmiyum için kalite hedefleri, kadmiyumun ölçüm metotları ve kadmiyumun çevresel kaynaklar üzerindeki etkilerinin izlenmesini içermektedir.

Direktif kapsamında, kadmiyum içeren endüstriyel atıksuların arıtılması sonucunda hangi sınır değerlerinde olması gerektiğini, ölçüm metotlarını ve izleme prosedürü belirtilmiştir. Üye devletler, direktifte belirtilen sınır değerlerin uygulanmasını sağlamak için gerekli mevzuatı çıkarmakla yükümlüdürler.

#### Klor Alkali Elektroliz Endüstrisi Haricindeki Sektörlerden Kaynaklanan Cıva Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi-84/156/EEC (EEC, 1984)

Bu direktif, 82/176/EEC Direktifi gibi, cıvanın sınır değerleri, su çevresi için kalite hedefleri, ölçüm metotları ve çevresel kaynaklar üzerindeki etkilerinin izlenmesi ile ilgilidir. Direktif spesifik olarak, klor alkali elektroliz endüstrileri haricindeki

sektörlerden kaynaklanan cıva için deşarj sınır değerlerini ve sektör çeşitlerini belirtmektedir.

#### Hekzaklorosikloheksan Deşarjının Limit Değerleri Ve Kalite Hedefleri Direktifi-84/491/EEC (EEC, 1984)

Bu direktif, 76/464/EEC Direktifinde belirtilen heksaklorosikloheksanın deşarj limit değerleri, ölçüm metotları, çevresel kaynaklar üzerindeki etkileri ve izleme programları ile ilgilidir. Direktif, heksaklorosikloheksan içeren atıksular için deşarj değerlerini, ölçüm metotlarını ve kalite hedeflerini belirtmektedir.

#### 76/464/EEC Sayılı Direktifin Ekinde Yer Alan Liste I'de Belirtilen Bazı Tehlikeli Maddelerin Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi -86/280/EEC (EEC, 1986)

Bu direktif, 76/464/EEC Direktifinde belirtilen maddelerin deşarj sınır değerleri, kalite hedefleri, ölçüm metotları ve izlenmesi ile ilgilidir. Direktif kapsamında üye devletlerin 76/464/EEC Direktifinde belirtilen maddeler için kullanılan ölçüm metotlarını ve izleme programlarını, yeni gelişen teknolojileri dikkate alarak gözden geçirmeleri gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca direktifte, bazı önemli kimyasal maddeler için arıtma tipleri ve deşarj sınır değerleri belirtilmiştir.

#### **2.1.2.4 Yeraltı Suları Direktifi (1980)**

Bu direktifin amacı yeraltı suyuna toksik, dirençli ve birikebilen bazı maddelerin deşarjlarının önlenmesidir. Evsel atıksu deşarjları, direktifte listelenen maddeleri çok küçük miktarlarda ve konsantrasyonlarda içeren deşarjlar ve radyoaktif maddeleri içeren deşarjlar bu direktif kapsamında yer almamaktadır.

Direktif yeraltı sularının korunması amacıyla Liste 1 ve Liste 2 olmak üzere iki ayrı liste tanımlamıştır. Liste 1; organohalojenleri, organofosforlu ve organotinli bileşikleri, cıva ve bileşikleri, kadmiyum ve bileşikleri, hidrokarbonları ve siyanürleri içermekte olup bu listedeki maddelerin deşarjları yasaklanmıştır. Liste 2 ise bakır, çinko, kurşun ve arsenik gibi metalleri, florür gibi maddeleri, silikonun toksik ve dirençli organik bileşiklerini ve Liste 1'de yer almayan biyositler ve türevlerini içermekte olup Liste 2'de yer alan maddelerin deşarjları kısıtlanmıştır.

Liste 1'deki maddelerin dolaylı tüm deşarjları ve Liste 2 maddelerinin doğrudan veya dolaylı tüm deşarjları izne bağlıdır. Alıcı ortama deşarj izni; belirli bir zaman için



verilir ve düzenli incelemeye tabi tutulur. Ayrıca deşarjın karşılaması gereken şartlar belirlenerek, şartlara uygun olmaması durumunda izin geri alınır veya reddedilebilir.

Direktif Liste 1 maddelerinin deşarjlarının yasağı için bazı durumlarda istisnalar sağlar. Ayrıca direktif kamu su temini için açılmış yapay yeraltı suları için özel kurallar belirlemiştir.

#### **2.1.2.5 Suda Tehlikeli Maddeler Direktifi (2006)**

Bu direktif 76/464/EEC Direktifini revize etmektedir. Bu direktifin Ekleri Liste 1 ve Liste 2 maddelerinin içermektedir. 2006/11/EC Direktifi aşağıda verilen hedefleri ve temelleri dikkate almıştır:

- Bu direktif üye ülkeler tarafından sucul ekosistemleri dirençli, toksik ve birikebilen maddelerden korumak amacıyla kabul edilmiştir.
- Avrupa Parlamentosu 1600/2002/EC kararı ve 22 Temmuz 2002 Konseyi, tatlı su ve denizlerin bazı kirleticilerden korunması için çeşitli ölçütler belirlemiştir.
- Direktife göre Topluluk çapında su ekosistemlerinin efektif korumasının sağlanması için toksik, dirençli ve birikme özelliğine sahip maddeler Liste 1 adı altında sağlığa ve sucul ekosisteme zararlı maddeler Liste 2 olarak sınıflandırılmalıdır. Bu maddelerin deşarjı, emisyon standartları ile belirtilen özel izne bağlı olmalıdır.
- Liste 1’de yer alan maddelerden kaynaklanan kirlilik mutlaka kontrol edilmelidir. Bu maddeler için limit değerler 2000/60/EC SÇD Ek IX ve 23 Ekim 2000 tarihinde Konsey tarafından yapılan toplantıda kararlaştırılmış olup Direktifin 16. maddesi öncelikli kirleticilere uygulanacak Çevresel Kalite Standartları (ÇKS) ile ilgilidir.
- Liste 2 maddelerinden kaynaklanan kirliliğin azaltılması gereklidir. Bu amaçla üye ülkeler su kaynakları için Konsey Direktifleri’ne uygun olarak ÇKS’ler dahil öngörülen tüm programları oluşturmalıdırlar. Bu tür maddeler için geçerli emisyon standartları ÇKS’ler dikkate alınarak hesaplanmalıdır.
- Bir veya birden çok üye devlet tek başına veya birlikte direktifte belirtilenden daha sıkı standartlar koyabilir.
- Tehlikeli maddelerin kaynaklarının envanteri hazırlanmalıdır.

- Gerekli durumlarda Ek I'de verilen Liste 1 ve Liste 2 maddeleri tecrübelerle dayanarak revize edebilir, gerektiğinde Liste 2'den Liste 1'e transfer edebilir.

Söz konusu su ekosistemlerine Liste 1 ve Liste 2 maddelerini deşarj edenler üye ülkelerdeki yetkili otoritelerden izin almalıdırlar. İzinler bu maddelerin söz konusu sulara veya gerekli durumlarda kanala deşarjı ile ilgili emisyon standartları ile ilgilidir. İzinler sadece sınırlı bir süre için verilebilir. Bunlar SÇD Ek IX' daki emisyon limit değerlerinin değışmesi durumlarında değıştirilebilir.

Direktifin 5. maddesine göre emisyon standartları aşığıdaki şekilde ifade edilir ve belirlenir:

- Bir deşarjda izin verilebilen maksimum konsantrasyon, hesaplanırken, seyrelme halinde SÇD Ek IX (İlgili Direktifleri içermektedir) dikkate alınarak oluşturulan emisyon limit değeri seyrelme faktörü ile bölünür.
- Deşarjda belli bir zaman aralığında izin verilebilen maksimum kirletici konsantrasyon hesaplanırken gerekli olduğu durumlarda birim faaliyet başına birim kirletici miktarı (örneğin, ham madde veya ürün başına oluşan kirletici miktarı) kullanılabilir.

İlgili üye ülkenin yetkili olduğu otorite toksisite, dirençlilik ve birikme verileri dikkate alınarak SÇD Ek IX'a göre oluşturulmuş limit değerlerden daha sıkı standartlar geliştirebilir. Deşarj eden emisyon standartlarını sağlayamayacağını belirtirse veya bu durum ilgili üye ülkenin yetkili otoritesi tarafından açıkça ortaya konursa izinler iptal edilir. İlgili üye ülkelerin yetkili makamları izin koşullarının yerine getirilmesini sağlamak için tüm önlemleri almalı gerekirse deşarjları yasaklanmalıdır.

#### **2.1.2.6 Çevresel Kalite Standartları Direktifi (2008)**

16 Aralık 2008'de yürürlüğe giren bu direktif Çevresel Kalite Standartları (ÇKS) ile ilgili direktiftir. Bu direktif, İlgili Direktifler diye bilinen 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/280/EEC, 86/280/EEC direktiflerini değıştiren ve daha sonra yürürlükten kaldıran ve 2000/60/EC Direktifini değıştiren; Avrupa Birliğı su politikası alanındaki Avrupa Parlamentosu ve Konsey direktifidir. Bu direktif ile SÇD 16. maddesinde belirtilen öncelikli maddeler ve diğeri maddeler ile ilgili Çevresel Kalite Standartları belirlenmiştir. SÇD 4. maddesinde belirtilen yüzeysel su kaynaklarında iyi kimyasal durumun sağlanması amacıyla kabul edilmiştir.

SÇD 16. Maddeye göre; ilk adım SÇD'nin Ek X 2455/2001/EC kararı dikkate alınarak ilk tehlikeli maddeler listesinin oluşturulmasıdır. Daha sonra ilk listenin yerini “Çevresel Kalite Standartları Direktifi (ÇKSD) (2008/105/EC)” Ek II almıştır. Bu aynı zamanda “Öncelikli Kirleticiler Direktifi” olarak da bilinmektedir. Bu direktif yüzeysel sulardaki kirleticiler için çevresel kalite standartlarını belirlemekte veya öncelikli kirleticiler olarak tanımlanmasını sağlamakta ve özel hususları ortaya koymaktadır.

Bu direktifin ortaya çıkmasında aşağıdaki verilen nedenler ve hedefler dikkate alınmıştır:

- Yüzeysel suların kimyasal kirliliği sucul organizmalara akut ve kronik toksik etkilere neden olur, ekosistemlerde birikir, habitat ve biyoçeşitliliği ve insan sağlığını etkiler. Öncelikli bir mesele olarak kirlenmenin nedeni belirlenmeli, emisyonlar en ekonomik ve çevreye duyarlı bir biçimde kaynağında ele alınmalıdır.
- Topluluğun çevre politikası ihtiyatlılık ilkesine dayanmalı, önleyici tedbirler alınmalı, çevresel hasarlar kaynağında düzeltilmeli ve maliyeti kirletici tarafından ödenmelidir.
- 2000/60/EC Avrupa Parlamentosu ve 23 Ekim 2000 Konseyi su politikası ile ilgili bir çerçeve belirlemiştir. Bu çerçeveye göre su kaynaklarının kirlenmesine karşı stratejiler, kirlenme kontrolü ve ÇKS'lerle ilgili spesifik ölçütler belirlenmelidir. Bu direktif SÇD hedefleri ve hükümleri doğrultusunda ÇKS'leri belirler.
- SÇD 4. maddesine göre üye ülkeler direktif'in 16. maddesinde belirtilen öncelikli maddelerin deşarjlarının belirlenmesini, bu maddelerden kaynaklanan kirliliğin azaltılması, emisyonların aşamalı olarak azaltılması veya durdurulmasını hedeflemelidir.
- 2000 yılından beri öncelikli maddeler için SÇD 16. maddesine göre emisyon kontrolünün sağlanması için birçok eylem kabul edilmiştir. Bu nedenle öncelik yeni kontrollerin kurulması yerine mevcut araçların uygulanması ve revize edilmesine verilmelidir.
- Üye ülkeler hedeflenen kontrol programları için öncelikli maddelerin kaynakları hakkında veri ve bilgileri geliştirmelidirler. Bunların yanı sıra üye ülkeler sediment ve biyotada biriken öncelikli maddelerin belirlenmesi ve yeterli sıklıkta veri sağlanabilmesi için sediment ve biyotada da izleme çalışmaları yapmalıdırlar. Bu izleme sonuçları erişebilir olmalıdır.
- Çevresel Kalite Standartları'nın belirlenmesinde akut ve kronik etkiler dikkate alınmalıdır. Su ekosistemlerinin ve insan sağlığının yeterli derecede korunması için ÇKS'ler belirlenirken yıllık ortalama

konsantrasyonların belirlenebilmesi için uzun dönemli maruz kalma verileri, maksimum izin verilebilir konsantrasyonların belirlenebilmesi için kısa dönemli maruz kalma verileri kullanılmalıdır.

- SÇD Ek V'te verilen kurallara göre ÇKS'lerin raporlanması sırasında üye ülkeler kullandıkları istatistiki yöntemleri mutlaka tanıtmalı ve izleme sonuçlarının karşılaştırılabilmesi için istatistiki metodların detayları verilmelidir.
- Maddelerin çoğu için Topluluk çapında ÇKS'lerin belirlenmesi bu aşamada sadece yüzeysel sular içindir. Bununla birlikte heksaklorobenzen, heksaklorobütadien ve cıva için dolaylı etkilerin önlenmesi imkansız olduğundan Topluluk çapında yalnız yüzeysel sular için ÇKS belirlenmesi korumayı sağlayamayacaktır. Bunun için sadece bu 3 madde için Topluluk çapında biyota için ÇKS konulması uygun bulunmuştur. Üye ülkelerin biyota için bu ÇKS'leri belirlemesi, izlemesi ve korumayı sağlayabilecek daha sıkı yüzeysel standartları geliştirmesi gerekmektedir.

ÇKSD'nin 3. maddesi Çevresel Kalite Standartları ile ilgilidir. SÇD'nin 4. maddesine göre üye ülkeler bu direktifteki Ek-I Bölüm A'daki ÇKS'leri Ek-I Bölüm B'de belirtilen gereklilikler doğrultusunda yüzeysel sularda uygulayacaklardır. Üye ülkeler Ek-I Bölüm A'da verilen yüzeysel sular için ÇKS'ler yerine sediment ve biyota için ÇKS'ler uygulayabilirler.

ÇKSD 4. maddesine göre üye ülkeler deşarj noktası bölgesini karışım bölgesi olarak belirleyebilir ve su kaynağının diğer bölgelerinde standartların aşılması koşuluyla karışım bölgelerinde standart değerlerin aşılmasına izin verebilir. Belirlenen karışım bölgeleri ilgili ülkenin havza yönetim planlarında sunulmalı, karışım bölgelerinin tanımlanması için kullanılan yaklaşımlar ve karışım bölgelerinin alanını azaltmak için alınan önlemler bu planlarda gösterilmelidir.

ÇKSD 5. maddesine göre deşarjların, emisyonların ve kayıpların envanterleri verilmelidir. Üye ülkeler Ek-I Bölüm A'da verilen kirleticilerin emisyon, deşarj ve kayıpları ile ilgili her havza veya havza bölümü için eğer mevcutsa haritalarla birlikte envanterini ve eğer mümkünse sediment ve biyotadaki konsantrasyonlarını vermelidir.

Komisyon, SÇD 4. ve 5. maddelerindeki hedefleri dikkate alarak 2018'e kadar envanterde belirtilen emisyon, deşarj ve kayıplar konusunda ilerleme kaydedildiğini doğrulamalıdır.

ÇKSD 8. madde, 2000/60/EC no.lu SÇD Direktifi Ek X'un gözden geçirilerek değiştirilmesi ile ilgili önemli bir konuyu açıklamaktadır. SÇD Ek X kapsamında 16. maddede belirtildiği gibi Komisyon ÇKS Direktifi Ek III'te belirtilen maddeleri "öncelikli madde" veya "öncelikli tehlikeli madde" olarak tanımlanmasını göz önünde bulunduracaktır. Komisyonun sonuç raporunu Avrupa Parlamentosu ve Konseye 13 Ocak 2011'de sunması planlanmıştır. Bu raporda eğer uygunsa konu ile ilgili öneriler özellikle yeni öncelikli maddeler veya öncelikli tehlikeli maddeler veya bazı öncelikli maddelerin öncelikli tehlikeli maddeler olarak tanımlanması, eğer mümkünse su sediment ve biyota için ÇKS değerleri yer almalıdır.

Bu direktifle İlgili Direktifler olarak bilinen direktifler 22 Aralık 2012'den itibaren yürürlükten kaldırılmıştır. Bu tarihe kadar üye ülkeler SÇD 5, 8 ve 15. maddelerine göre izleme çalışmalarına ve raporlamaya devam etmişlerdir.

Direktifin Ek I'inde öncelikli maddeler ve bazı diğer maddeler için ÇKS'ler yıllık ortalama konsantrasyon (YO) ve maksimum izin verilebilir konsantrasyon (MAK) olarak belirlenmiştir. Buna göre alakolor, antrasen, atrazin, benzen, bromlu difeniller, kadmiyum ve bileşikleri, karbontetraklorür, triklorobenzen vb. 33 adet kirleticiye ait YO-ÇKS ve MAK-ÇKS'ler kıta içi yüzeysel sulara ve diğer yüzeysel sulara deşarj durumları için belirlenmiştir. Direktif Ek I Bölüm B'de ÇKS'lerin uygulanması ile ilgili açıklamalara yer verilmiştir. Buna göre YO-ÇKS'ye göre yılın belli zamanlarında alınan numunelerdeki ölçümlerin ortalamasının bu standardı aşmaması gereklidir. Aritmetik ortalamanın hesabında gerekiyorsa SÇD'de belirtilen analitik sonuçlar ve izleme için teknik özellikler dikkate alınabilir. MAK-ÇKS'ler dikkate alınmıyorsa ölçülen konsantrasyonlar bu değeri aşmamalıdır. Bununla birlikte SÇD Ek V'e göre üye ülkeler MAK-ÇKS'leri belirlerken kullandıkları istatistiki metotların kabul edilebilir güvenlik sınırı ve hassasiyetini tanıtmalıdır. Bu metotlar bu direktifte belirtilen prosedürlerle uyumlu olmalıdır. Cd, Pb, Hg ve Ni dışındaki maddeler için bu verilmiş olan ÇKS'ler su içerisindeki toplam konsantrasyonu ifade etmektedir. Metaller söz konusu olduğunda ÇKS'ler çözünmüş konsantrasyonlar olarak alınacaktır. Üye ülkeler ÇKS'leri dikkate alarak sonuçlarını değerlendirirken standartları sağlayamıyorsa su kaynağının doğal kalitesini dikkate alabilirler. Ayrıca metallerin biyoyararlanımlarını etkileyen sertlik, pH ve diğer su kalitesi parametrelerini de dikkate alınabilir.

Muhtemel öncelikli maddeler veya öncelikli tehlikeli maddeler olarak gözden geçirilecek maddeler Direktif Ek III'te verilmiştir.

### **2.1.2.7 Kimyasal Analiz ve Su Statüsünün İzlenmesi için Teknik Özellikler Direktifi (2009)**

2009/90/EC sayılı Kimyasal Analiz ve Su Statüsünün İzlenmesi için Teknik Özellikler Direktifi, 21.08.2009 tarihinde Komisyon tarafından kabul edilmiştir. Yüzeysel sularda kimyasal madde kirliliğine karşı stratejilerin geliştirilmesi kapsamında oluşturulan "Komisyon Direktifi" statüsünde olan bu direktif, Avrupa Parlamentosu'nun 2000/60/EC Direktifi 8. Madde'sinde yer alan gerekliliklerine uyulması için oluşturulmuştur. Direktif kimyasal analizler ve su statüsünün izlenmesi için teknik spesifikasyonları içermektedir.

Bu Direktif'in amacı, üye ülkeler için biyota, sediman ve su izleme programı ve kimyasal analizler için ortak kalite kriterlerini, uygulanacak metotlarda sağlanacak minimum performans kriterlerini ve analitik sonuçların kalitesini oluşturmak ve harmonizasyonunu sağlamaktır. Üye ülkeler, Direktif'in yürürlüğe geçmesinde itibaren en az iki yıl içinde, bu Direktif'le ilgili kanun, düzenleme ve yönetim destekleri gibi düzenlemelerin uygulanmasını sağlamalıdır.

### **2.1.2.8 SÇD Ek X ve Öncelikli Maddeler ile İlgili Su Politikası Alanındaki Avrupa Parlamentosu ve Konsey Değişikliği Sonuç Raporu (COM 875 Final, 2011)**

Bilindiği üzere, SÇD 16. maddesi, Komisyonun öncelikli maddeler listesinin düzenli olarak revizyonunu ve önemli risklere sahip olanların tanımlanmasını istemektedir. Bu maddede, öncelikli maddelerin tanımlama kriterleri belirtilir ve Komisyon tarafından toksisitesi, dirençliliği ve birikim yapma özellikleri dikkate alınarak öncelikli tehlikeli maddelerin tanımlarının yapılması ve öncelikli maddelerin deşarjları, emisyonları ve kayıplarının kademeli kontrolü ve öncelikli tehlikeli maddelerin deşarjları, emisyonları ve kayıplarının tamamen kesilmesi veya aşamalı olarak azaltılması ile ilgili teklifler sunulması istenmektedir.

33 maddeli öncelikli kirletici listesi Karar no 2455/2001/EC ile belirlenmiş ve 2008/105/EC ÇKSD ile değiştirilmiştir. ÇKSD ile 33 öncelikli kirletici için kalite standartları belirlenmiştir. ÇKSD'nin 8. Maddesi, SÇD'nin Ek-X'ünü gözden

geçirilmesini ve bunun yanı sıra ÇKSD Ek III'teki maddelerin “öncelikli madde” veya “öncelikli tehlikeli madde” olarak tanımlanmasını istemektedir.

Sonuç Raporu'nda teknik revizyonlar ve mevcut bilgiler dikkate alınarak mevcut ÇKS'lerle ilgili aşağıdaki değişiklikler teklif edilmiştir:

- Mevcut öncelikli maddeler için kalite standartları güncellenmesi teklif edilen maddeler şunlardır: Antrasen, floroanten, naftalen, PAH'lar, polibromlubifenil eterler, kurşun ve nikel.
- Floroanten, PAH'lar ve polibromlubifeniller için, biyotada uygulanabilecek ÇKS'ler geliştirilmiş ve teklif edilmiştir.
- Hekzaklorobenzen, heksaklorobütadien ve cıva için biyotada uygulanabilecek ÇKS'lerin değiştirilmesi teklif edilmemiştir, fakat suda kullanılacak ÇKS'lerin yeteri derecede koruma sağlayamadığından dolayı iptal edilmesi önerilmiştir.
- Ayrıca di-(2-etilexil)-ftalat (DEHP) ve trifluralin maddelerinin öncelikli tehlikeli maddeler olarak sınıflandırılması teklif edilmiştir.
- Teknik ve bilimsel çalışmalar sonrası şu maddelerin öncelikli maddeler olarak tanımlanması teklif edilmiştir: Aklonifenbifenox, cybütiren, cypermethrin, diklorvos, terbütirin, 17alfa-etinilestradiol, 17beta-estradiol, diklofenak.
- Şu maddelerin ise öncelikli tehlikeli maddeler olarak tanımlanması teklif edilmiştir: dikofol, perflororoktan, sülfonik asit ve türevleri (PFOS), quinoksifen, dioksinler ve dioksin benzeri maddeler, heksabromosiklododesen ve heptaklor/heptaklorepoksit.
- Yukarıdaki yeni maddelerden, dioksin ve dioksin benzeri maddeler hariç diğerlerinin tümü için su ortamında kullanılacak ÇKS'ler teklif edilmiştir. Dikofol, PFOS, dioksin ve dioksin benzeri maddeler, heksabromododekan (HBCDD) ve heptaklor/heptaklorepoksit için ise biyotada kullanılacak ÇKS'ler teklif edilmiştir.
- 2008/105/EC ÇKSD Ek-III'teki dört madde/madde grubunun, öncelikli maddelerin arasına dahil edilmesi teklif edilmiştir: Dikofol, dioksin ve dioksin benzeri maddeler, PFOS ve Quinoxifen. Dioksin benzeri PCB'ler ise, “dioksinler ve dioksin benzeri maddeler” kapsamında değerlendirilmiştir. Dioksin benzeri olmayan PCB'lerle ilgili yeterli toksisite verisi olmadığından ÇKS'ler belirlenememiştir. Bundan dolayı bu PCB'lerin bu kapsama alınması teklif edilmemiştir.
- ÇKSD Ek-III'teki diğer maddelerin sucül ekosistemlere önemli derecede riskleri olmadığından bu maddelerin öncelikli maddeler olarak kapsama alınmasına gerek duyulmamıştır. SÇD Ek-X'un gelecekteki revizyonlarında Komisyon'un gerekli bulması durumunda

mevcut bilgileri dikkate alarak yeni öncelikli maddelerin dahil edilmesi için yeniden değerlendirmeler yapılması gereği belirtilmiştir.

2006'daki Komisyon teklifinden sonra mevcut kontrol ölçütlerinin incelenmesi sonrasında, 2000 yılından beri AB çapında SÇD Madde 16 dikkate alınarak birçok yasanın çıktığı ve uygulandığı görülmüştür. AB çapında ek ölçütlere ihtiyaç duyulmamıştır. Ek ölçütlere ihtiyaç duyuluyorsa, üye ülkelerin nehir havza yönetim planlarında bunlara yer vermeleri istenmiştir.

#### **2.1.2.9 2000/60/EC Su Çerçeve Direktifi ve 2008/105/EC Çevre Kalite Standartları Direktifi'ni Değiştirmeyi Öneren Direktif Teklifi (COM 876 Final, 2011)**

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından verilen teklif SÇD ve ÇKSD'nin değiştirilmesini önermektedir. Buna göre SÇD Ek X'un yerine bu teklifte yer alan Ek I'in konulması teklif edilmiştir. Güncellenmiş Ek X yeni öncelikli kirleticiler teklif etmiş ve daha önce öncelikli kirleticiler listesinde yer alan 2 öncelikli kirleticiyi öncelikli tehlikeli kirletici olarak tanımlamıştır. Ek öncelikli kirleticiler tablosunun altına dipnotlar eklenerek basitleştirilmiştir.

Bu teklifte ÇKSD'ye "matris (matrix)" teriminin eklenmesi öngörülmüş bu terim kirleticilerin izleneceği çevresel bileşenleri biota, su ve sediment vb. olarak tanımlamıştır. ÇKSD'deki Ek I Bölüm A'da yer alan özellikle biyota standartlarının kapsanması konusunda uyumlu hale gelmesi amacıyla değiştirilmiştir. Ayrıca üye ülkelerin izleme matrisi ile ilgili olarak seçim yapmaları konusunda zorunlulukları da değiştirilmiştir. Her madde için kendi özelliklerine uygun olarak izleme matrisleri belirtilmesi önerilmiştir. Üye ülkelere 2009/90/EC Direktifi ile belirtilen analitik şartları sağlamaları koşuluyla matris seçimi konusunda esneklik sağlanmıştır. Ek olarak raporlamayı kolaylaştırmak amacıyla ÇKSD Madde 3'teki bildirim yükümlülükleri ile SÇD Madde 15'teki nehir havza planlarının raporlanması birbirine entegre edilmiştir.

Ayrıca Ek I Bölüm B üçüncü paragraf da değiştirilmiştir. Önerilen direktifte dayanıklı, biyoakümülatif ve toksik özellik gösteren ve birçok çevre bileşeninde bulunabilen maddeler için özel hükümler eklenmiş ve gelecekte öncelikli maddeler listesinin güncellenmesinin desteklenmesinde hedef izleme verilerinin belirlenmesi için bir takip listesi eklenmiştir.



ÇKSD Ek I Bölüm A'da yer alan tablo bu direktifteki Ek II ile değiştirilmiştir. Bu ekte yeni öncelikli kirleticiler tanımlanmış, bazı öncelikli kirleticiler için ÇKS'ler değiştirilmiş ve biyota standartlarını içeren yeni bir sütun eklenmiştir. Bu eklenen sütun var olan bazı öncelikli kirleticiler ve yeni teklif edilen bazı öncelikli kirleticiler biyota standardını ve ÇKSD tarafından belirlenmiş üç biyota standardını içermektedir.

#### **2.1.2.10 2000/60/EC Su Çerçeve Direktifi ve 2008/105/EC Çevre Kalite Standartları Direktifi'ni Değiştirmeyi Öneren Direktif (2013)**

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından 2013 yılında verilen teklif (EC, 2013) SÇD ve ÇKSD'nin değiştirilmesini önermektedir. Daha önce öneri olarak yayımlanan direktif (COM 876 Final, 2011), 2013 yılında 2000/60/EC Su Çerçeve Direktifi ve 2008/105/EC Çevre Kalite Standartları Direktifi'ni Değiştirmeyi Öneren Direktif (EC, 2013) adıyla yasalaşmıştır. 2011 yılında yayımlanan direktif önerisi ile 2013 yılında yasalaşan direktif arasındaki en önemli fark, direktif önerisinde yer alan bazı öncelikli maddelere direktifte yer verilmemiş olmasıdır. Yasalaşan direktifte öncelikli madde olarak önerilmeyen parametreler 17alpha-ethinylestradiol, 17beta-estradiol ve diklofenaktır.

Yasalaşan direktif, 2015 yılında uygulanacak mevzuat çerçevesine alınarak uygulama tarihi 14 Eylül 2015 olarak belirlenmiştir (EC, 2014).

#### **2.1.2.11 ÇKSD Uyarınca Avrupa Ölçeğinde İzleme Listesinde Olacak Maddelerin Belirlenmesi Komisyon Kararı (EC, 2015)**

ÇKSD, 10'a kadar maddeden oluşan Avrupa ölçeğinde izleme listesinde olacak maddelerin belirlenmesi gerektiğini belirtmektedir. Olası analiz yöntemlerini içeren listenin fazladan maliyet getirmemesi beklenmektedir. Bu liste için seçilecek maddelerin Avrupa ölçeğinde önemli risk oluşturma potansiyeli bulundurması, ancak bu potansiyeli gerçek risk tanımına dönüştürecek izleme verilerinde eksikli bulunması söz konusudur. Komisyon Kararı ile belirlenmiş 10 madde; 17-alfa- etinilöstradiol, 17-beta-estradiol ve (estrone), diklofenak, 2,6-ditertbütül-4-metilfenol, 2-etilhekzil 4metoksissinamat, makrolid antibiyotikleri, metiyokarb, neonikotinoidler, oksadiazon ve tri-allat, intikatif analitik metotları ve maksimum kabul edilebilir tayin limitleri ile verilmiştir.

### **2.1.2.12 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü – IPPC (2008)**

Çevrenin etkin bir biçimde korunması amacıyla hava emisyonları, atıksu deşarjları ve katı atık yolu ile meydana gelen kirlenmenin önlenmesini ve kontrol altına alınmasını, diğer mevzuatlara uyumlu olacak şekilde bütüncül bir yaklaşımla sağlanması ihtiyacı neticesinde, Avrupa Komisyonu 24 Eylül 1996 tarihinde, endüstriyel tesislerin izin ve kontrol işlemlerini düzenlemek için genel bir takım kuralları içeren Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü” (IPPC-96/61/EC) Direktifi’ni oluşturmuştur. Direktif, 18 adet Liste 1 maddesi için Emisyon Limit Değerlerini (ELV) içermektedir.

Komisyon endüstriyel emisyonların kontrolü için daha fazla adımlar atılması amacıyla 21 Aralık 2007’de endüstriyel emisyonlar için bir direktif teklif etmiştir. Teklif endüstriyel emisyonlarla ilgili 7 mevcut direktifi yeniden düzenleyerek daha açık ve uyumlu bir direktif haline getirmiştir. IPPC Direktifi Avrupa Parlamentosu ve 15 Ocak 2008 Konsey kararı ile 2008/1/EC olarak kodlanmış olup yeni versiyon daha önceki 96/61/EC Direktifine getirilen tüm değişiklikleri, adaptasyonları ve yeni kavramları içermektedir.

2014’ten itibaren IPPC direktifi ve başka 6 direktif birleştirilerek, endüstriyel emisyonlarla ilgili tek bir direktif “2010/75/EU Endüstriyel Emisyonlar hakkındaki Direktifi (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi)” yürürlüğe girmiştir.

IPPC Direktifinin en önemli özelliği, üretim faaliyetleri sırasında yaratılan kirliliğin önlenmesini bütüncül bir biçimde ele alan yeni bir anlayışa sahip olmasıdır. Endüstriyel tesislerin çevre ile ilgili tüm performansları gözlemlenerek, üretim sürecindeki değişikliklerle çevresel kirliliği en az düzeye indirmek ve en az miktarda atık oluşmasını sağlamak amaçlanmaktadır.

Direktifin kapsam dahiline aldığı, elliden fazla tesis tipini içeren altı büyük endüstriyel faaliyet Direktif-Ek 1’de verilmiştir. Bu tesisler; 50 MW’dan daha yüksek kapasiteli enerji tesisleri, kömür fırınları ve ön işlem tesislerini kapsayan enerji ve ilgili endüstriler; metal üretim prosesleri; mineral endüstrisi; kimya endüstrisi; atık yönetimi ve kağıt üretimi, tekstil işleme ve ön işlem tesisleri, mezbaha, hayvan atık işleme tesisleri; bazı gıda tesisleri, kümes hayvanları, organik solvent kullanılan işlemler (boyama, kaplama vb.) ve karbon ya da elektrografit üretimi yapılan tesisler olarak sıralanan “diğer” kapsamındaki tesislerdir. Direktif, söz konusu tesislerden kaynaklanan

kirliliğin önlenmesi ve eğer engellenemiyorsa hava, su ve kara ortamına salınan emisyonların azaltılmasını esas almıştır.

IPPC, mevcut ya da yeni kurulacak, tüm endüstriyel tesislerin yerine getirmesi gereken temel önlemleri tanımlamaktadır. Yetkili otoritelerin, izin şartlarını belirlerken bu genel prensipleri dikkate almış olmaları istenmektedir.

Üye ülkelerde, MET'ler üzerinden giderek referans belirlenmesi amacıyla oluşturan, tesis ya da konuya özel aktivitenin tanımını, uygulanan teknikleri, mevcut emisyonlarını ve mevcut en iyi teknikleri (MET) oluşturmak için gereken diğer bilgileri içeren referans dokümanlar (BREF), önemli kirletici potansiyeli olan tesislerle ilgili izinlerde yetkili otoriteler tarafından kullanılmak üzere hazırlanmıştır. BREF'ler emisyon sınır değerlerinin verildiği dokümanlar olmayıp MET'lere karşılık gelen emisyon aralıklarını vermektedir. Bu dokümanlarda spesifik tekniklerden çok MET ve MET ile bağlantılı emisyon aralığı ve bu aralığın sağlanması için gereken sınırlamalar verilmektedir.

Direktifin 9. maddesinde Ek-3'te belirtilen kirleticiler için önemli miktarlarda emisyon söz konusu olduğunda, izin prosedürünün emisyon limit değerlerini (ELV) içermesi gerektiği belirtilmiştir. Örneğin; ELV'ler listede verilen tüm kirleticiler için değil, yalnızca büyük miktarlarda emisyonlara sahip kirleticiler için oluşturulmalıdır. Bu proses kirleticinin doğal yapısı, ve çevresel matrislerde bir fazdan diğer faza geçişi ile birlikte değerlendirilmelidir. Uygun görüldüğü takdirde sınır değerler, askıya alınabilir ya da eşdeğer parametreler ya da teknik önlemlerle değiştirilebilir.

Direktifin 10. Maddesi, MET'ler ve ÇKS'leri kapsamakta ve şu ifadeyi içermektedir: "Bir çevresel kalite standardının gereklilikleri, bu değerler MET'ler kullanılarak başarılabilecek olandan daha sıkıysa, izin sürecinde ilave birtakım önlemler alınması gerekmektedir".

Direktifin 18. Maddesi, Emisyon Limit Değerlerinin birlik seviyesinde oluşturulması ile ilgili başvurulacak prosedür dışında bilgiler kapsamaktadır. Buna göre, Birlik Emisyon Limit Değerleri bulunmaması halinde, Ek-2'de belirtilen Direktiflerdeki değerler bu Direktifte kapsama alınan tesisler için minimum Emisyon Limit Değerleri olarak uygulanacaktır. Ek-2'de belirtilen Direktif'ler aşağıda verilmiştir:

- 82/176/EEC Klor Alkali Elektroliz Endüstrisinin Civa Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi

- 83/513/EEC Kadmiyum Deşarjlarının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi
- 84/156/EEC Klor Alkali Elektroliz Endüstrisi Haricindeki Sektörlerden Kaynaklanan Civa Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi
- 84/491/EEC Hekzaklorosikloheksan Deşarjının Limit Değerleri Ve Kalite Hedefleri Direktifi
- 86/280/EEC 76/464/EEC Sayılı Direktifin Ekinde Yer Alan Liste I'de Belirtilen Bazı Tehlikeli Maddelerin Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi 76/464/EEC Bazı Tehlikeli Maddelerin Su Ortamlarına Deşarjının Neden Olduğu Kirlilik Direktifi
- 75/442/EEC Direktif 91/156/EEC ile Değiştirilen Katı Atık Direktifi
- 91/689/EEC Tehlikeli Atık Direktifi
- 2010/75/EU Avrupa Parlamentosu ve Konseyi 24 11.2010 tarihli Endüstriyel Emisyonlar hakkındaki Direktifi (Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Direktifi).

Direktif 14. maddesine göre, üye ülkelerde izin prosedürlerinin kapsamı gereken minimum hususlar içinde emisyon limit değerlerinin oluşturulması da mevcuttur.

## **2.2 Tehlikeli Maddeler**

Su Çerçeve Direktifi kalıcılık özelliği gösteren, biyobirikim potansiyeli bulunan ve toksik olan (PBT) madde veya madde gruplarını tehlikeli madde olarak tanımlamaktadır. Tehlikeli maddeler öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler olarak iki gruba ayrılmakta olup, söz konusu ayrıma ilişkin açıklamalar aşığıdaki bölümlerde verilmektedir.

### **2.2.1 Öncelikli maddeler**

Bu bölümde, Bölüm 2.1.2 ile verilen uluslararası direktiflere göre tez çalışması kapsamında önem taşıyan öncelikli maddelere ait detaylar verilmiştir.

Öncelikli maddeler için, sucul ekosistemdeki ya da sucul ekosistem yoluyla oluşabilecek risk Avrupa çapında olup, standartlar ve önlemlerde Avrupa düzeyinde oluşturulmaktadır.

Avrupa'da yaklaşık 40 yıl önce sudaki kimyasal maddelerden kaynaklı kirlenmenin azaltılması ve kontrolü amacıyla yayımlanmış Suda Tehlikeli Maddeler Direktifi (EC, 1976) 1982'de Komisyon Konseyi'ne sunulmuş olup, 129 aday tehlikeli madde ile Liste I oluşturulmuştur. Konsey, ilk aşamada kullanım amaçları ve kimyasalların

yapılarının değerlendirilmesiyle yaklaşık 50.000 madde içerisinde 1500 madde tanımlanmış olup, ikinci aşamada yıllık üretim miktarlarına göre değerlendirme yapılmıştır. İkinci aşamada yapılan değerlendirme çalışması sonucunda yıllık üretimi 100 ton'dan fazla olan 500 madde belirlenmiştir. Uluslararası uzmanlardan oluşan komite tarafından kalan 500 adet maddenin deşarjının suda oluşturacağı riskler (toksikite, kalıcılık ve biyolojik birikim) matematiksel bir modelleme ile belirlenmiş olup, Liste I'i oluşturan 129 aday tehlikeli madde ortaya konulmuş, daha sonra 3 maddenin eklenmesiyle toplam 132 aday maddeyi içeren liste oluşturulmuştur. 132 aday tehlikeli maddeden ilk olarak 15 madde ile çalışılmaya başlanmış olup, Aday Liste I oluşturulmuş; 18 madde "İlgili Direktifler" olarak anılan 5 adet spesifik direktifle düzenlenerek 76/464/EEC direktifinden çıkartılmıştır. Aday Liste I dışında kalan 99 madde ise Avrupa Mahkemesi kararı ile Liste I olarak gruplandırılmış olup, bu maddelerin de öncelikli parametreler gibi değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca metaller, nitrat, amonyak ve fosfordan oluşan 25 adet madde 76/464/EEC direktifi ile Liste II olarak düzenlenmiş, böylelikle tehlikeli madde sayısı 139 olarak belirlenmiştir. Su Çerçeve Direktifi'ne geçiş ile birlikte Aday Liste I'de yer alan 15 madde ve "İlgili Direktifler"le düzenlenen 18 madde birleştirilerek 33 maddeden oluşan öncelikli madde listesi oluşturulmuştur.

SÇD' ye göre komisyonun, su çevresi ya da su çevresi aracılığıyla önemli bir risk oluşturan maddeler arasından seçilmiş bir "Öncelikli Maddeler Listesi" hazırlayarak teklif sunması öngörülmüştür. Öncelikli maddeler listesinin SÇD'nin yürürlüğe girmesinden itibaren dört yıl içinde Komisyon tarafından oluşturulması ve sonrasında her dört yılda bir gözden geçirilerek uygun olması durumunda teklifin hazırlanması gerekmektedir. Ayrıca Komisyon'un, bir maddenin Öncelikli Maddeler Listesi'ne dahil edilmesinden itibaren iki yıl içinde, noktasal kaynaklar için emisyon kontrollerini ve çevresel kalite standartlarını belirleyen teklifleri sunması öngörülmüştür. İlk olarak öncelikli maddeler listesinde yer alan maddeler için, AB düzeyinde bir sözleşme yoksa bu direktifin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren altı yıl içinde üye devletler, bu maddelerin deşarjlarından etkilenen bütün yerüstü suları için çevresel kalite standartları ve bu tür deşarjların belli başlı kaynakları için diğer hususların yanı sıra bütün teknik azaltma seçeneklerinin değerlendirilmesine dayalı olarak kontrolleri oluşturmalıdır. Daha sonra öncelikli maddeler listesine dahil edilen maddeler için, AB düzeyinde bir sözleşme yoksa, üye ülkeler kontrolleri oluşturma faaliyetini, maddenin

listeye dahil edilmesi tarihinden itibaren beş yıl içinde gerçekleştirmelidir. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından kabul edilen öncelikli maddeler listesi SÇD EK X ile verilmektedir.

SÇD Ek X ve Öncelikli Maddeler ile İlgili Su Politikası Alanındaki Avrupa Parlamentosu ve Konsey Değişikliği Sonuç Raporu'na (COM 875 Final, 2011) göre SÇD 16. maddesi, Komisyonun öncelikli maddeler listesinin düzenli olarak revizyonunu ve önemli risklere sahip olanların tanımlanmasını istemektedir. Bu maddede, öncelikli maddelerin tanımlama kriterleri belirtilir ve Komisyon tarafından toksisitesi, dirençliliği ve birikim yapma özellikleri dikkate alınarak öncelikli tehlikeli maddelerin tanımlarının yapılması ve öncelikli maddelerin deşarjları, emisyonları ve kayıplarının kademeli kontrolü ve öncelikli tehlikeli maddelerin deşarjları, emisyonları ve kayıplarının tamamen kesilmesi veya aşamalı olarak azaltılması ile ilgili teklifler sunulması istenmektedir.

Raporda, mevcut durumdaki 33 maddeli öncelikli kirletici listesi 2455/2001/EC komisyon kararı ile belirlendiği ve 2008/105/EC ÇKSD ile değiştirildiği belirtilmiştir. ÇKSD ile 33 öncelikli kirletici için çevresel kalite standartları belirlenmiştir. ÇKSD'nin 8. Maddesi, SÇD'nin Ek-X'ünü gözden geçirilmesini ve bunun yanı sıra ÇKSD Ek III'teki maddelerin "öncelikli madde" veya "öncelikli tehlikeli madde" olarak tanımlanmasını istemektedir. SÇD Ek-X'un gelecekteki revizyonlarında Komisyon'un gerekli bulması durumunda mevcut bilgileri dikkate alarak yeni öncelikli maddelerin dahil edilmesi için yeniden değerlendirmeler yapılması gereği belirtilmiştir.

Belirlenen liste, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından verilen 2000/60/EC Su Çerçeve Direktifi ve 2008/105/EC Çevre Kalite Standartları Direktifi'ni Değiştirmeyi Öneren Direktif Teklifi (COM 876 Final, 2011) ile geliştirilmiştir. SÇD Ek X'un yerine bu teklifte yer alan Ek I'in konulması önerilmiştir. Bu öneri ile SÇD'de bulunan 33 adet öncelikli madde listesi 48 adet öncelikli madde içerecek şekilde düzenlenmiştir. Güncellenmiş Ek X yeni öncelikli kirleticiler teklif etmekle birlikte, daha önce öncelikli kirleticiler listesinde yer alan 2 öncelikli kirleticiyi öncelikli tehlikeli kirletici olarak tanımlamıştır. Böylece, 33 öncelikli madde içeren listeden 15 madde, yeni teklif edilen kirleticilerden 6 madde olmak üzere 48 öncelikli madde içeren teklifte 21 öncelikli tehlikeli madde bulunmaktadır. Öncelikli maddeler suçul ortam için önemli risk teşkil eden maddeler olup, deşarjlarının, emisyonlarının ve

kayıplarının aşamalı olarak azaltılması beklenmektedir. Tehlikeli öncelikli maddeler ise, öncelikli maddelerin alt kümesidir. Bu maddeler, toksik, kalıcı ve biyobirikim yapabilen maddeler olarak (PBT) tanımlanmakta ve 2020 yılına kadar deşarjlarının, emisyonlarının ve kayıplarının durdurulması veya aşamalı olarak ortadan kaldırılması gerekmektedir. Öncelikli maddelerin de içine dahil olduğu tehlikeli maddeler; suçul organizmalar üzerindeki toksik etkileri, biyobirikim yoluyla besin zincirinin üst halkalarındaki canlılara ulaşımı, ekosistemde kalıcı değişiklere neden olması, sedimanda birikmesi ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri sebebi ile suçul çevre açısından önemlidir ve kontrolü zorunludur.

Mevcut durumda, Çevre Kalite Standartları Direktifi'ni Değiştirmeyi Öneren Direktif Teklif (COM 876 Final, 2011) önerisinde yer alan, ancak, direktif önerisi yasalaşırken (EC, 2013) öncelikli olarak belirlenmeyen 3 parametre (17alfa-etinilestradiol, 17beta-estradiol ve diklofenak) bulunmaktadır. Böylelikle, öncelikli maddeler 45 parametre olarak dikkate alınabilir.

Bu listede yer alan maddeler Çizelge 2.1 ile verilmiştir, listede yer alan ve 1'den 33'e kadar numaralandırılmış maddeler 2000/60/EC ile tanımlanmış 33 öncelikli maddeyi ifade etmekte olup, 34'ten 48 kadar numaralandırılmış maddeler ise COM 876 Final 2011 ile öncelikli madde olarak önerilen maddeleri ifade etmektedir. Ancak, listedeki son 3 parametre önerilen öncelikli parametre listesinden çıkarılmıştır (EC, 2013). İlgili direktiflerde maddeler alfabetik sıra ile verilmektedir. Ayrıca listede yer alan, 6a, 9a gibi numaralandırılan ve diğer kirleticiler olarak anılan 8 madde de 86/280/EEC direktifinde yer alması nedeniyle 76/464/EEC ekinde yer alan Liste I'e dahil edilmiş olup, öncelikli madde olarak seçilmemişlerdir. Fakat 2008/105/EC sayılı ÇKS Direktifi'nde söz konusu maddeler için de ÇKS'ler belirlenmiştir.

**Çizelge 2.1 : Su Çerçeve Direktifi kapsamındaki öncelikli maddeler.**

No	CAS NO	Öncelikli Madde	Tehlikeli Öncelikli Madde
1	15972-60-8	Alaklor	
2	120-12-7	Antrasen	X
3	1912-24-9	Atrazin	
4	71-43-2	Benzen	
5	-	Bromlu Difenileter	X
6	7440-43-9	Kadmiyum ve Bileşikleri	X
(6a)	56-23-5	Karbon Tetraklorür	
7	85535-84-8	C10-13 Kloroalkanlar	X
8	470-90-6	Klorfenvinfos	
9	2921-88-2	Klorprifos (Klorprifos-Etil)	
(9a)	309-00-2	Aldrin	
	60-57-1	Dieldrin	
	72-20-8	Endrin	
	465-73-6	Isodrin	
(9b)	-	DDT-Toplam	
	50-29-3	para-para-DDT	
10	107-06-2	1,2 Dikloroetan	
11	75-09-2	Diklorometan	
12	117-81-7	DEHP (Dietilheksilfitalat)	X
13	330-54-1	Diuron	
14	115-29-7	Endosulfan	X
15	206-44-0	Fluoranten	
16	118-74-1	Hekzaklorobenzen	X
17	87-68-3	Hekzaklorobütadien	X
18	608-73-1	Hekzaklorosikloheksan	X
19	34123-59-6	İzoproturon	
20	7439-92-1	Kurşun ve Bileşikleri	
21	7439-97-6	Cıva ve Bileşikleri	X
22	91-20-3	Naftalen	
23	7440-02-0	Nikel ve Bileşikleri	
24	25154-52-3	Nonilfenol	X
25	1806-26-4	Oktilfenol	
26	608-93-5	Pentaklorobenzen	X
27	87-86-5	Pentaklorofenol	
		Poliaromatikhidrokarbonlar	
	50-32-8	Benzo(a)piren	
28	205-99-2	Benzo(b)fluoranten	X
	191-24-2	Benzo(k)fluoranten	
	207-08-9	Benzo(g,h,i) perilen	
	193-39-5	Indeno(1,2,3-cd) piren	
29	122-34-9	Simazin	
(29a)	127-18-4	Tetrakloroetilen	
)			
(29b)	79-01-6	Trikloroetilen	
)			
30	-	Tribütilkalay Bileşikleri	X
31	12002-48-1	Triklorobenzen	
32	67-66-3	Triklorometan (Kloroform)	
33	1582-09-8	Trifluralin	X
34	115-32-2	Dikofol	X



**Çizelge 2.1. (devam):** Su Çerçeve Direktifi kapsamındaki öncelikli maddeler.

No	CAS NO	Öncelikli Madde	Tehlikeli Öncelikli Madde
35	1763-23-1	Perflorooktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS)	X
36	124495-18-7	Kinoksifen	X
37	-	Dioksin ve dioksin benzeri bileşikler	X
38	74070-46-5	Aklonifen	
39	42576-02-3	Bifenoks	
40	28159-98-0	Sibütrin	
41	52315-07-8	Sipermetrin	
42	62-73-7	Diklorvos	
43	-	Hezabromosiklododekanlar (HBCDD)	X
44	76-44-8 / 1024-57-3	Heptaklor ve heptaklor epoksit	X
45	886-50-0	Terbütrin	

### 2.2.2 Belirli kirleticiler

Su Çerçeve Direktifi'ne göre üye ülkeler bölgesel ve yerel öneme sahip kirleticileri belirlemek ve bu kirleticiler için ÇKS'leri türetmek zorundadır. Bu bağlamda, 2011 yılında Avrupa Birliği'ne üye ülkeler, aday kirleticilerin ve nehir havzası spesifik kirleticilerin belirlenmesi kapsamında gerçekleştirdikleri çalışmaların değerlendirildiği bir çalıştay gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalıştayda, daha önceki dönemlerde ulusal ölçekte yapılan aday madde seçimi, önceliklendirme ve izleme çalışmaları da değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde üye ülkeler tarafından benimsenen yaklaşımlar arasında henüz tam bir uyumdan bahsetmenin mümkün olmadığı görülmektedir. Ülkelerin ÇKS belirleyecekleri parametreleri seçerken kullandıkları kriterler emisyon kaydı, üretim verisi, kullanım verisi, maruziyet modellemesi, alıcı su ortamlarının ve emisyonlarının izlenmesi, etki değerlendirmesi ve çoklu yaklaşım olarak sayılabilir. Ayrıca, AB ülkeleri tarafından kirleticilerin seçiminde uygulanan yaklaşımlar kabaca 5 grupta değerlendirilebilecek olup, söz konusu gruplar aşağıda verilmiştir.

- İki kademeli yaklaşım: Maddelerin ön seçimi → emisyon/kullanım verileri+izleme/toksosite
- İki kademeli yaklaşım: Baskıların izlenmesi → izleme verileri
- Maddelerin su kütlelerindeki mevcudiyeti

- Baskıların belirlenmesi
- Havza bazlı belirli kirleticiler tespit edilmedi/uygulanan bir prosedür yok

Üye ülkelerin çoğunluğu iki aşamalı bir yaklaşımı benimsemiştir. Birinci adım, aday kimyasallar listesinin başka bir deyişle kimyasallar evreninin oluşturulmasını kapsamaktadır. Bu aşamada Tehlikeli Kimyasallar Direktifi (76/464/EEC, 1976) ve İlgili Direktifleri ile Su Çerçeve Direktifi Ek X listesi gibi mevcut yönetmeliklerin yanı sıra, mevcut izleme programlarının sonuçlarından da yararlanılmıştır. İkinci aşama ise belirli kirleticilerin aday listeden seçilmesini kapsamaktadır.

Türkiye’de T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetim Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüş iki büyük proje kapsamında su ortamında olması muhtemel noktasal kaynaklı tehlikeli madde ve madde grupları belirlenmiştir. 2011-2013 yılları arasında yürütülmüş olan “Tehlikeli Madde Kirliliğinin Kontrolüne İlişkin Proje (2013)” ile evsel ve endüstriyel atıksularda bulunması muhtemel tehlikeli maddeler tespit edilmiştir. “Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi (2014)” ise, 2012-2014 yılları arasında yürütülmüş olup, kıyı ve geçiş suları için risk teşkil eden tehlikeli madde ve madde grupları üzerine çalışmalar yapılmıştır. Projeler kapsamında öncelikli maddeler incelenmiş olup, Türkiye’ye özgü belirli kirleticiler tanımlanmıştır. Söz konusu proje çıktılarının belirli kirleticileri, belirli kirleticiler için belirlenen ÇKS’leri ve ÇKS’lere uygun olarak hesaplanan deşarj standartları henüz mevzuata aktarılmamıştır.

### **2.3 Baskı ve Etki Analizi**

Baskı ve etki analizi, insani faaliyetlerin yüzey suları ve yeraltı suları üzerindeki etkilerini incelemekte olup, sanayi, tarım, turizm ve kentleşme gibi faaliyetler, baskı olarak, bu faaliyetlerin çevre üzerindeki sonuçları ise, etki olarak adlandırılmaktadır. Havza özelinde yapılan çalışmalarda havza karakteristiğini belirlemek amacı ile baskı ve etki analizinin yapılması gereklidir. Kullanılabilir su kaynaklarının giderek azalması da bu çalışmaların gerekliliğini destekler niteliktedir.

Su Çerçeve Direktifi'nin (SÇD) tüm paydaşlar ve AB üyesi ülkeler tarafından uygulanmasına yönelik rehber niteliğinde teknik kılavuzlar ve teknik raporlar hazırlanmıştır. Teknik Kılavuz Dokümanları SÇD' nin uygulanmasına yönelik genel yaklaşımları içermektedir. Ancak, bu yaklaşımlar ve gereklilikler ülke seviyesindeki

farklı koşullara bağlı olarak değişiklikler gösterebilmektedir (European Commission, 2013).

Teknik kılavuzlar AB üyesi ülkelerin Su ereve Direktifi' nin gerekliliklerini uygulama ve yürürlüğe koyma aşamasında gereksiz efor sarf etme, iş gücü kaybını nleme ve zayıf uygulamalarda risk minimizasyonunu sağlayabilmeleri için yol göstermektedir. Teknik kılavuzlar, resmi olmayan, SD' nin gereklilikleri olan izleme programlarının oluşturulması, sınıflandırma sistemlerinin geliştirilmesi, ekonomik analizlerin yapılması ve su kütlelerinin tanımlanması, coğrafi bilgi sisteminin, evre kalite standartlarının oluşturulması gibi konularda uyumlaştırmaya yönelik, yardımcı dokümanlardır. (WDD, 2013).

Su ereve Direktifi kapsamında toplam 34 adet teknik kılavuz ve 8 adet teknik rapor bulunmaktadır. 1, 3, 4, 6, 7, 9 ve 10 numaralı kılavuzlar uygulamaya yönelik politikaların zeti niteliğindedir (EC, 2016)

3 numaralı Baskı ve Etki Analizleri Teknik Kılavuzu 2003 yılında, SD' de belirlenen amaçlara yönelik olarak insan kaynaklı aktifelerin sonuçlarına dair risk analizlerinin yapılması ve değerlendirilmesi konusunda yönlendirme amaçlı olarak hazırlanmıştır. Havza bazlı su yönetimi çalışmalarında, gelişmekte olan ülkelerin ulusal stratejilerinin belirlenmesinde yardımcı niteliktedir. Teknik kılavuz aşağıda belirtilen konuları esas almaktadır;

- Baskı ve etki analizlerinin anlaşılması ve sonuçlarının değerlendirilmesi,
- Baskı ve etki analizlerinin uygulanması,
- Baskı ve etki analizlerinin gerçekleştirebilecek uzman kişilerin yönlendirilmesi ve yönetimi,
- Analizlerin gerekliliklerinin ve prensiplerinin uygulanmasında paydaşlar arası iletişiminin sağlanması,
- Nehir bazlı yönetim planlarının hazırlanmasında analiz sonuçlarının kullanılması,
- SD tarafından belirtildiği Şekilde analiz sonuçlarının raporlanması.

Kılavuza göre SD'de belirtilen baskı ve etki analizleri, ülkelerin ulusal mevzuatlarında yer alan zorunluluklardan çok daha kapsamlıdır. Baskı ve etki analizlerinin yapılması ve değerlendirilmesi ile su kütlelerinin kirliliğinin ve

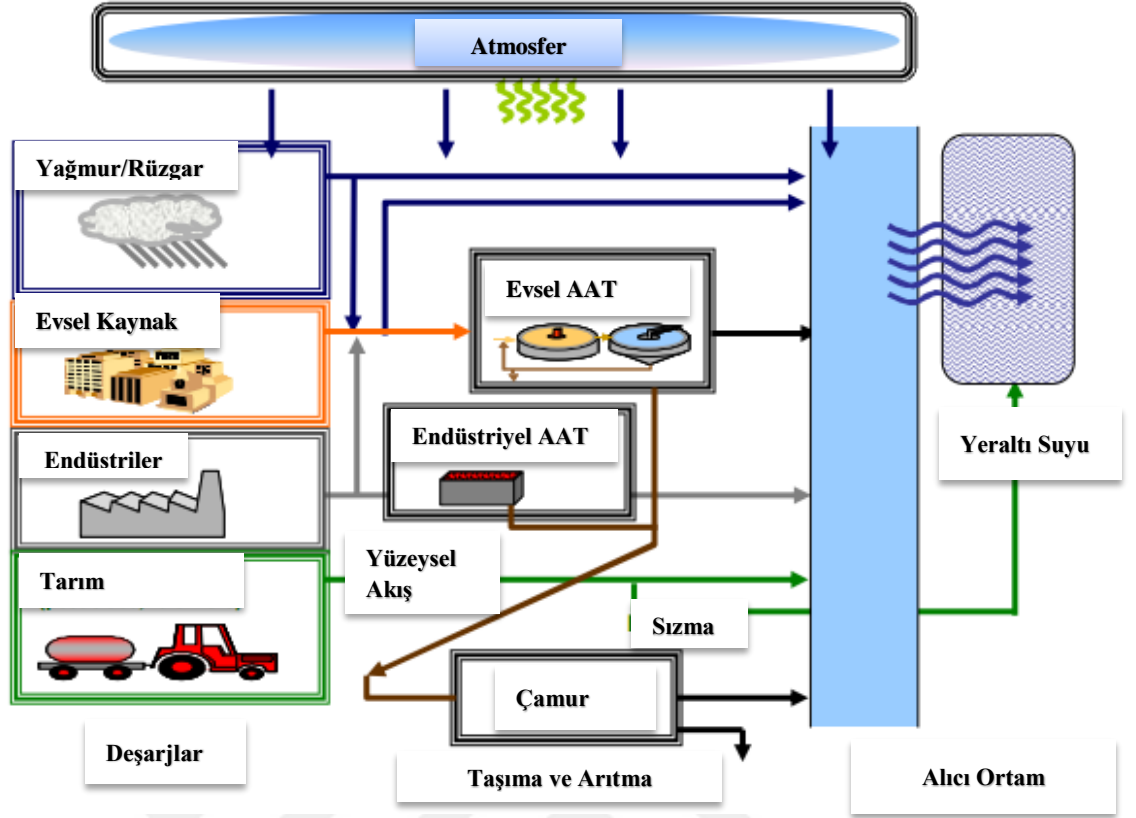
bozulmasının önlenmesi, kirliliğe karşı korunması, yapay ve değişikliğe uğramış su kütlelerinin su kalitesinin artırılması ve iyi durum statüsüne getirilmesi, kirliliğe sebep olan emisyonların izlenmesi, deşarjının önlenmesi ve cezalandırılması gibi hedeflerin gerçekleştirilmesine katkı sağlanacaktır. SÇD'de belirtilen su kütlelerinin iyi durum statüsüne ulaşabilmesi için baskı ve etki analizlerinin değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Kılavuza göre değerlendirmeler, su kütlelerinin iyi duruma ulaşmasına engel olan mevcut baskı ve etkiler üzerinde yoğunlaştırılmalıdır.

Kılavuz doküman SÇD' den daha detaylı bir biçimde baskı oluşturan insan aktiviteleri ve diğer etkenleri sıralamaktadır. Kılavuzda belirtilen baskı sebepleri bir havza için söz konusu değilse, nehir bazında baskı ve etkilerin değerlendirilmesini önermektedir. Ayrıca, su kütlelerinde geçmişe ait tüm verilerin incelenerek baskıların şiddet ve tipinin belirlenmesi ve kontrolünün gerektiğini belirtmektedir.

Teknik kılavuz dokümanı baskılar nedeniyle risk altındaki su kütlelerinin belirlenmesi için de yol gösterici niteliktedir. Risklerin kavramsal olarak anlaşılabilmesi için (i) tüm baskıların şiddet ve kümülatif etkilerinin ve (ii) su kütlelerinin baskılara karşı direncinin ve özümleme kapasitelerinin de hesaba katılması gerekmektedir.

Teknik kılavuz baskı ve etkilerin belirlenmesi için ülke yasal mevzuatları çerçevesinde farklı amaçlarla toplanmış, ilgili tüm verilerin değerlendirilmesini önermektedir. Özellikle su kalitesi izleme çalışmaları kapsamındaki mevcut verilerin, birincil baskıların ve etkilerin belirlenmesinde etkili olduğu belirtilmiştir. Belirlenen birincil baskı ve etkilere bağlı olarak farklı baskı ve etkilerin belirlenmesi de mümkün olacaktır. Birincil baskı ve etkilerin belirlenmesi (a) SÇD'de belirlenen hedeflere ulaşmayı engelleyen baskılar ve riskler altındaki su kütlelerinin belirlenmesini ve (b) riskli baskı noktalarının belirlenmesini amaçlamaktadır (European Communities, 2003).

SÇD, su kütleleri üzerindeki baskıları kentsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer tesisler ve faaliyetleri olarak tanımlamaktadır. Endüstriyel tesisler noktasal kirlilik kaynaklarına örnek olarak verilebilmektedir. Söz konusu baskılara ait şematik gösterim Şekil 2.1 ile verilmektedir.



Şekil 2.1 : Su kütlelerine üzerine olan baskıların şematik gösterimi (Choubert & Coquery, 2011).

## 2.4 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Teknikleri

Bu bölümde seçilen tehlikeli maddelere ait entegre kirlilik önleme ve kontrol teknikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Partner ülkelerin, Danimarka, İngiltere, Belçika, Fransa, Slovenya, İspanya, İsveç ve Kanada olduğu ScorePP projesinin (DTU, ve diğerleri, 2010) ana amacı otoritelerin ve endüstrilerin kullanabileceği kapsamlı kaynak kontrol stratejilerini geliştirmektir. Çalışma kapsamında bir çok iş paketi bulunmakta olup, iş paketleri özelinde hazırlanan raporlar mevcuttur. Örnek olay çalışmaları, öncelikli maddelerin kaynak karakteristikleri, arıtma yöntemleri, model ve izleme stratejileri, deşarj kontrol senaryolarının karşılaştırılması ve entegrasyonu bu iş paketlerine örnek olarak verilebilir. Projede tehlikeli maddelerden sadece öncelikli maddeleri kapsam dahilindedir. Söz konusu projeye ait detaylı bilgiler çeşitli raporları (Lecloux, 2010; Mikkelsen, ve diğerleri, 2010; Scholes, Revitt, Gasperi, & Donner, 2008) kaynak gösterilerek ilgili başlıklar altında verilmiştir.

Yapılan başka bir çalışma New Jersey Harbor bölgesinde cıva için kirliliğin önlenmesi ve kontrol stratejileri geliştirilmesi amacını gütmüştür (L. C. de Cerreño, Panero, & Boehme, 2002). Projede, öncelikli eylemler ve araştırmalara tespit edilmiştir. Ürünler ve sektörler için yönetim önlemleri belirlenmiştir.

COHIBA projesinde (Pilke, ve diğerleri, 2012) Baltık Denizi Bölgesi'nde tehlikeli maddelerin yönetimi ve kontrolü üzerine çalışılmıştır. Çalışma Baltık Denizi Eylem Planı çerçevesinde belirlenmiş 11 adet öncelik madde ve grubu kapsamına dahil etmiştir. Baltık Denizi çevresindeki ülkelerdeki kaynakları tanımlanması, deşarjların azaltılmasına yönelik önlemlerin geliştirilmesi projenin ana hedefleri arasında yer almaktadır. Söz konusu önlemler geliştirilirken, mevcut yönetmeliklerin değerlendirilmesi, mevcut en iyi tekniklerin uygulanması (ikame maddelerin tespiti vb.) ve boru teknolojiler gibi yöntemler geliştirilmiştir. Söz konusu projeye ait çıktılar için ilgili başlıklar altında Mathan ve diğerlerinin (2012) hazırladığı kaynaktan da faydalanılmıştır.

Günümüzde çevre dostu tekstillerin üretimine yönelik yenilikçi projeler, sürdürülebilirliğin sağlanması adına, pamuk üretiminde daha az su ve zirai mücadele ilacı kullanımına, tekstil proseslerinde daha az enerji, kimyasal madde ve su kullanımına, tekstil proseslerinden daha az atıksu çıkışına ve çıkan atıksuyun tekrar kullanımına, üretim sırasında ortaya çıkan enerjinin yeniden kullanımına, fosil yakıtların kullanımının ve üretim sırasında oluşan karbon salınımının azaltılmasına olanak sağlayan üretim yöntemlerine yönelik çalışmalar ön plana çıkmaktadır (BSTB Sanayi Genel Müdürlüğü, 2015).

Tekstil üreticileri, 14 Aralık 2011 tarihli ve 28142 numaralı resmi gazete ile yayınlanan ve 10 Mart 2015 tarihli ve 29291 numaralı resmi gazete ile değişiklik yapılan "Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği" uyarınca her türlü emisyon, deşarj ve atıkların kontrolünü sağlamak ve mevcut en iyi teknikleri uygulamakla yükümlüdür. Yapılan çalışma kapsamında önem taşıyan tanımlamalar tebliğde yer aldığı şekilde aşağıda verilmiştir (ÇŞB, 2011).

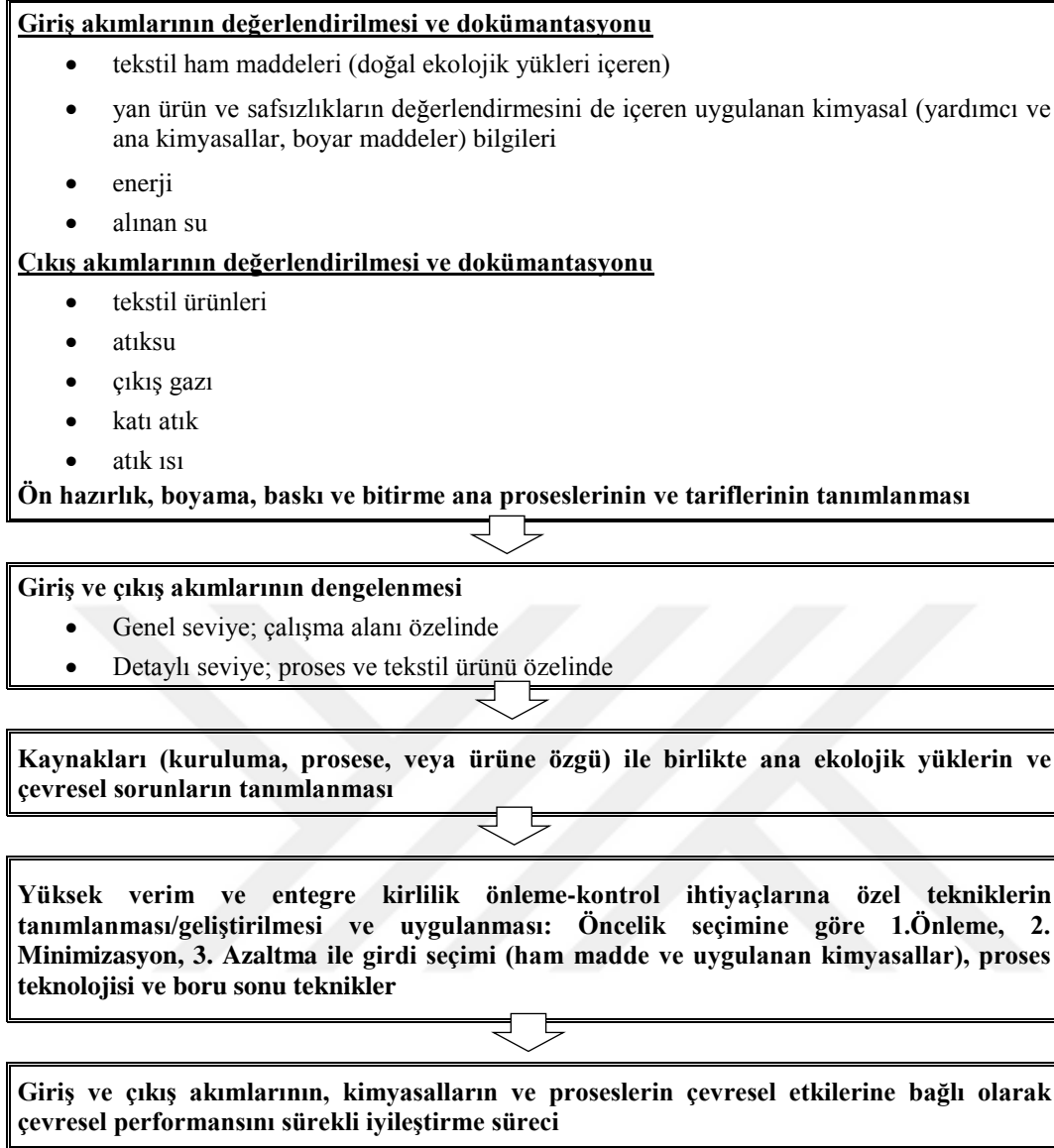
- Gelişme raporu: Tesislerin her yıl hazırlayarak İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğüne sunacakları, kendileri için uygulanabilir buldukları MET seçeneklerinin uygulanması sonucu sağladıkları ilerlemeleri yansıtacakları, EK-5'te verilmiş format çerçevesinde hazırlanması gereken rapordur.

- Mevcut en iyi teknikler (MET): Kirliliğin ve bütün olarak çevre üzerindeki etkilerin önlenmesi, bunun mümkün olmadığı yerlerde de en aza indirilmesi amacıyla tasarlanmış emisyon/deşarj sınır değerlerine prensipte temel sağlamak üzere belirli tekniklerin uygulanabilirliğini gösteren, faaliyetlerin ve işletim yöntemlerinin geliştirilmesi sırasındaki en etkin ve ileri aşamadır.
- Temiz üretim: Bütünsel önleyici bir çevre stratejisinin ürün, hizmet ve üretim süreçlerine sürekli olarak uygulanması ile insanlar ve çevre üzerindeki risklerin azaltılmasıdır.
- Temiz üretim planı (TÜP): Tesislerin her beş yılda bir hazırlayacakları; uygulamak zorunda oldukları MET uygulamalarını ve uygulamaya karar verdikleri MET'leri, temiz üretim hedeflerini ve ayrıca ana performans göstergeleri cinsinden hedeflerini uygulama takvimi ve benzeri araçlar ile birlikte beyan ettikleri, EK-4'te verilen format çerçevesinde hazırlanması gereken plan dokümandır. Hazırlanacak temiz üretim planlarında, her tesisin birim üretim başına; su tüketimi, enerji tüketimi, atıksu miktarı, kirlilik yükü, ham madde tüketimi, çamur miktarı, ham madde değişikliği ve üretim tekniklerinde yapılacak değişiklikler gibi tebliğin eklerinde yer alan hususlarla uyumlu, izlenebilir temiz üretim hedeflerine yer vermesi gerekmektedir.

Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği ekleri incelendiğinde, söz konusu çalışma kapsamında değerlendirilebilecek olan bölümler ise aşağıda verilmektedir.

- Ek 1-Tesis İçi MET Uygulamaları: Genel uygulamalar, çeşitli tekstil üretim prosesleri için uygulamalar ve ayrık atıksular için uygulamalar
- Ek 2-Tekstil Endüstrisi Atıksuları İçin Boru Sonu MET Uygulamaları

Belirli bir tekstil ürünleri bitirilmesi tesisi için mevcut en iyi teknikler seçiminde uygulanması gereken yaklaşım Şekil 2.2 ile verilmektedir. İlerleyen bölümlerde Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği'ne ek olarak yapılan literatür araştırmaları ile zenginleştirilmiş entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerine yer verilmiştir.



**Şekil 2.2 :** Belirli bir tekstil ürünleri bitirilmesi tesisi için mevcut en iyi teknikler seçiminde uygulanması gereken yaklaşım (Schönberger & Schafer, 2003).

#### 2.4.1 Tehlikeli maddeler için temiz üretim teknikleri

Temiz üretim, çevresel stratejilerde önleyici, entegre ve sürekli uygulamalar ile atık ve emisyonları önleme, toplam verimde artma, insan ve çevre sağlığı üzerindeki risklerde azalma olarak tanımlanmaktadır. Temiz üretim tekniklerinin en genel çerçeveye göre değerlendirilmesi aşağıdaki tanımlamalar ile yapılmaktadır (LCPC, 2010):

- Bakım ve temizlik: Genel uygulamalardaki iyileştirmeler ve bakım faaliyetleri önemli yararlar sağlayabilir. Söz konusu temiz üretim tekniği maliyeti düşük derece olarak belirtilmektedir.



- Proses iyileştirmesi: Mevcut durumdaki prosesin iyileştirilmesi ile ham madde tüketimi azaltılabilir. Söz konusu temiz üretim tekniği maliyeti düşük ve orta derece olarak belirtilmektedir.
- Ham madde ikamesi: Çevresel sebepler ile kullanılan ham madde daha az tehlikeli veya tehlikeli olmayan bir madde ile değiştirilebilir. Söz konusu değişime bağlı olarak proses ekipmanlarının da değişmesi gerekebilir.
- Yeni teknoloji: Proseste yeni bir teknolojiyi hayata geçirmek, gelişmiş işletim verimliliği ile ham madde kullanımını azaltabileceği gibi atık oluşumunu da minimize edebilir.
- İçsel geri kazanım: Bu temiz üretim tekniği ilk yatırım maliyeti yüksek seçenekler arasında yer almaktadır, ancak sistemin geri ödeme süresinin kısa olduğu belirtilmektedir.
- Dışsal geri kazanım: Bu temiz üretim tekniğine göre; geri dönüştürülebilir materyaller (ambalajlar vb.) ve su geri kazanılarak farklı amaçlar için kullanılabilir. Böylece ham madde tüketimi azaltılmaktadır.
- Yeni ürün tasarımı: Bu temiz üretim tekniğine göre; bir fabrikanın atığı, diğer bir fabrikanın ham maddesi olabilmektedir. Biyo-çürüme ve kompostlama bu kapsamdadır. Bu teknik ile maddenin yaşam döngüsü daha faydalı bir sürece dönüşmüş, tehlikeli maddelerin oluşumu ve enerji tüketimi azalmış ve daha verimli üretim prosesleri gerçekleşmiş olur.

Türkiye’de Temiz (Sürdürülebilir) Üretim Uygulamalarının Yaygınlaştırılması için Çerçeve Koşulların ve Ar-Ge İhtiyacının Belirlenmesi Projesi (Mülga ÇOB, 2010) kapsamında sektörlerin temiz üretime uygunluğu değerlendirilerek, ana imalat sanayi sınıfları sıralanmıştır. Söz konusu projede tekstil ürünleri imalatı 5.sırada yer almaktadır.

#### **2.4.1.1 Ham madde ikamesi**

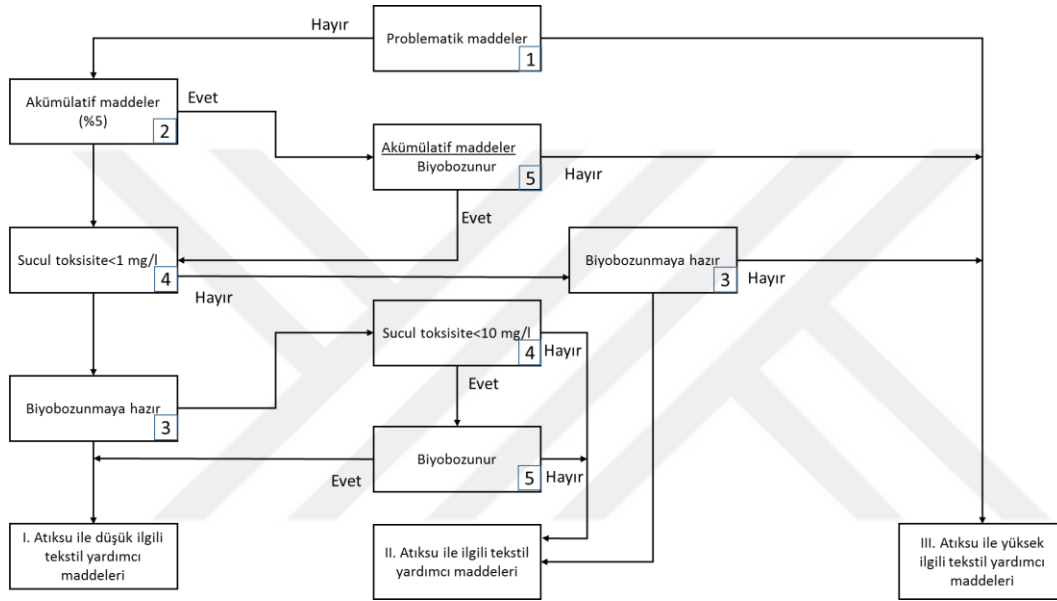
Ham madde ikamesi, üretimde kullanılmakta olan ham madde ve kimyasallardan çevre/insan için tehdit oluşturanların çevreye daha duyarlı olan veya geri dönüştürülebilir olanlarla değiştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (ÇŞB, 2011).

Bu yöntemin sektörde uygulanabilmesi için yol göstermek amacı ile Almanya Çevre Bakanlığı önerisi ile Tekstil Tedarikçileri Birliği (TEGEWA- *TE*xtilhilfsmittel” (textile auxiliaries), “*GE*rbstoffe” (tanning agents) and “*WA*schrohstoffe” (detergent

raw materials)) 1995 yılından beri çalışmış olup, tekstil yardımcı maddelerinin atıksu ile ilişkisini sınıflandırmışlardır. Söz konusu sınıflandırma aşağıda verilmektedir (Lacasse & Baumann, 2004).

- ✓ Sınıf I: Atıksu ile düşük ilişkili
- ✓ Sınıf II: Atıksu ile ilişkili
- ✓ Sınıf III: Atıksu ile yüksek ilişkili

Sınıflandırmaya ait şema ise Şekil 2.3 ile verilmektedir.



**Şekil 2.3 :** Tekstil yardımcı maddelerinin atıksu ile ilişkisini sınıflandırması (Lacasse & Baumann, 2004).

Sonuç olarak, öncelikli maddelerin ikamesinin yapılarak, Sınıf III'teki ham maddelerin azaltılmasına yönelik uygulamalar yapılmalıdır. Bu alternatifin ürün yelpazesi çok geniş olduğundan maliyeti hakkında genel bilgi vermek mümkün değildir, madde ve kullanım sektörü bazında değerlendirme yapılmalıdır. Ham madde ikamesi etkinlik açısından %100 verimli olarak değerlendirilebilir. Aşağıda, Bölüm 4.3.2 ile verilen tekstil ürünleri bitirilmesi alt sektöründen kaynaklı öncelikli maddelere ilişkin literatür bazlı ikame alternatifleri verilmiştir.

### **2.4.1.2 Yeni teknoloji**

#### Otomatik Banyo (Schönberger & Schafer, 2003)

Tekstil ürünlerinin bitirilmesi endüstrisinde bir çok kimyasalın kullanımı ile hazırlanan sulu çözeltiler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin otomatikleştirilmesinin ham madde kullanımı ve atıksu oluşum miktarı ve karakterizasyonunun olumlu yönde etkilediği belirtilmektedir.

Sistem uygulanabilirlik açısından değerlendirildiğinde, mevcut veya yeni kurulan tesislere uygulanmasının mümkün olduğu ve mevcut durumda Almanya ve Avrupa ülkelerinde birçok uygulaması olduğu bilinmektedir. Sistem için kalifiye personel ihtiyacı bulunmakta olup, bir personelin sistemi rahatlıkla işletebileceği belirtilmektedir. Kimyasal ve su tüketimindeki azalmaya ve üretimdeki artışa bağlı olarak sistemin %30 oranında mali açıdan karlı olacağı belirtilmektedir. Sistemin ilk yatırım maliyeti makine sayısı, hazırlanan çözeltiler, kullanılan kimyasal sayısı gibi faktörlere bağlı olarak 70.000-250.000 € arasında değişmektedir.

#### Hava Akımlı Boyama Makineleri ile Süreksiz Boyama (Schönberger & Schafer, 2003)

Süreksiz boyama prosesinde, sürekli boyama prosesine göre daha yüksek su ve enerji ihtiyacı bulunmaktadır. Ancak süreksiz boyama prosesinin optimize edilmesi ile su ve enerji tüketimi azaltılabilir. Hazırlanan çözeltiler gaz akımı ile enjekte edilerek sistemdeki su kullanımı azaltılmaktadır. Sistemde durulama sürekli bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Sistemdeki banyo oranı konvansiyonel sistemlere göre düşük olmakla birlikte, sistemdeki kazanımlar Çizelge 2.2 ile özetlenmektedir.

Sistem uygulanabilirlik açısından değerlendirildiğinde yeni makine ihtiyacı bulunmaktadır. Hava akımlı boya makineleri, örgü ve dokuma kumaşlar için kullanılabilir olup, %50 oranından daha fazla yün içeren kumaşlarda kullanımı uygun değildir. Hava akımlı boyama makineleri dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Sistemin ilk yatırım maliyeti konvansiyonel boyama makineleri ile karşılaştırıldığında 1/3 oranında yüksek olduğu belirtilmektedir.

**Çizelge 2.2 : Konvansiyonel ve hava akımlı çektirme boyama sistemi karşılaştırılması.**

Girdi	Birim	Konvansiyonel Çektirme Boyama (Sıvı oranı-LR 1:8'den 1:12'ye kadar)	Hava Akımlı Çektirme Boyama (Sıvı oranı-LR 1:4,5)
Su	lt/kg	100-150	20-80
Yardımcı maddeler	g/kg	12-72	4-24
Tuz	g/kg	80-960	20-320
Boyar maddeler	g/kg	5-80	5-80
Buhar	kg/kg	3,6-4,8	1,8-2,4
Elektrik	kWh/kg	0,24-0,35	0,36-0,42

### 2.4.1.3 Geri kazanım

Proseste oluşan atıksuyun tesis içerisinde yeniden kullanımının sağlanması şeklinde tanımlanabilmektedir. Arıtılmış atıksuyun özellikle içme suyu kalitesinde suya ihtiyaç duyulmayan endüstriyel faaliyetlerde kullanılması mümkündür (Tanık, Öztürk, & Cüceloğlu, 2015). Tez çalışması kapsamında incelenen tekstil endüstrisi yüksek kalitede su kullanımına ihtiyaç duymayan sektörler arasında yer almaktadır (Crook, Ammerman, Okun, & Matthews, 1992).

Atıksuyun geri kazanılması, endüstriyel atıksuyun tesis içinde geri devir ile mümkün olabilmektedir. Bir endüstriyel tesis içinde su çevrimi çoğunlukla endüstriyel prosesin tamamlayıcı bir parçasıdır; geri kazanılan ve yeniden kullanılan sular, suyun korunması ve deşarj standartlarının sağlanması amaçlarına hizmet eder. Geri kazanım, endüstriyel tesislerde gerçekleştirilen proseslere ait ayrık akımlara uygulanabildiği gibi, karışık atıksulara da uygulanabilmektedir. Temiz üretim teknikleri altında değerlendirilen geri kazanım uygulamalarında boru sonu teknolojiler kısmında sözü edilen membran sistemlerin (MF,UF,NF,TO) kullanımı mümkün olup, kirlilik önleme ve kontrol stratejilerinin birbiri içine geçtiği söz söylenebilir. Geri kazanım amacı ile yapılan uygulama örnekleri aşağıda verilmektedir.

#### Membran Filtrasyon Yöntemleri ile İleri Arıtma ve Su Geri Kazanımı

Günümüzde membran prosesler, konvansiyonel sistemlere göre yüksek arıtma verimi göstermesi, daha kompakt bir sistem olması ve daha az çamur üretmesi gibi nedenler ile daha verimli teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Membran prosesler diğer

yöntemler ile karşılaştırıldığında kimyasal açıdan daha iyi kaliteki çıkış suyu dışında bakteri virüslerin kimyasal dezenfeksiyonsuz giderimi ile de dikkat çekmekte olup, atıksuyun tekrar kullanımını sağlamaktadırlar (Priac, ve diğerleri, 2014). Bu yöntemin öncelikli maddelerin giderimi için oldukça verimli bir sistem olduğu belirtilmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Söz konusu teknolojinin, tekstil ürünleri bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin giderimi için derlenen bilgileri aşağıda verilmiştir.

Nanofiltrasyon ve ters osmoz sistemlerinden oluşan alternatifte öncelikle nanofiltrasyon ünitesine giren atıksuda %70-100 aralığında nonilfenol giderimi sağlanırken, nanofiltrasyon ünitesini takiben ters osmoz çıkışı toplam giderim veriminin %98'in üzerine çıktığı görülmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012).

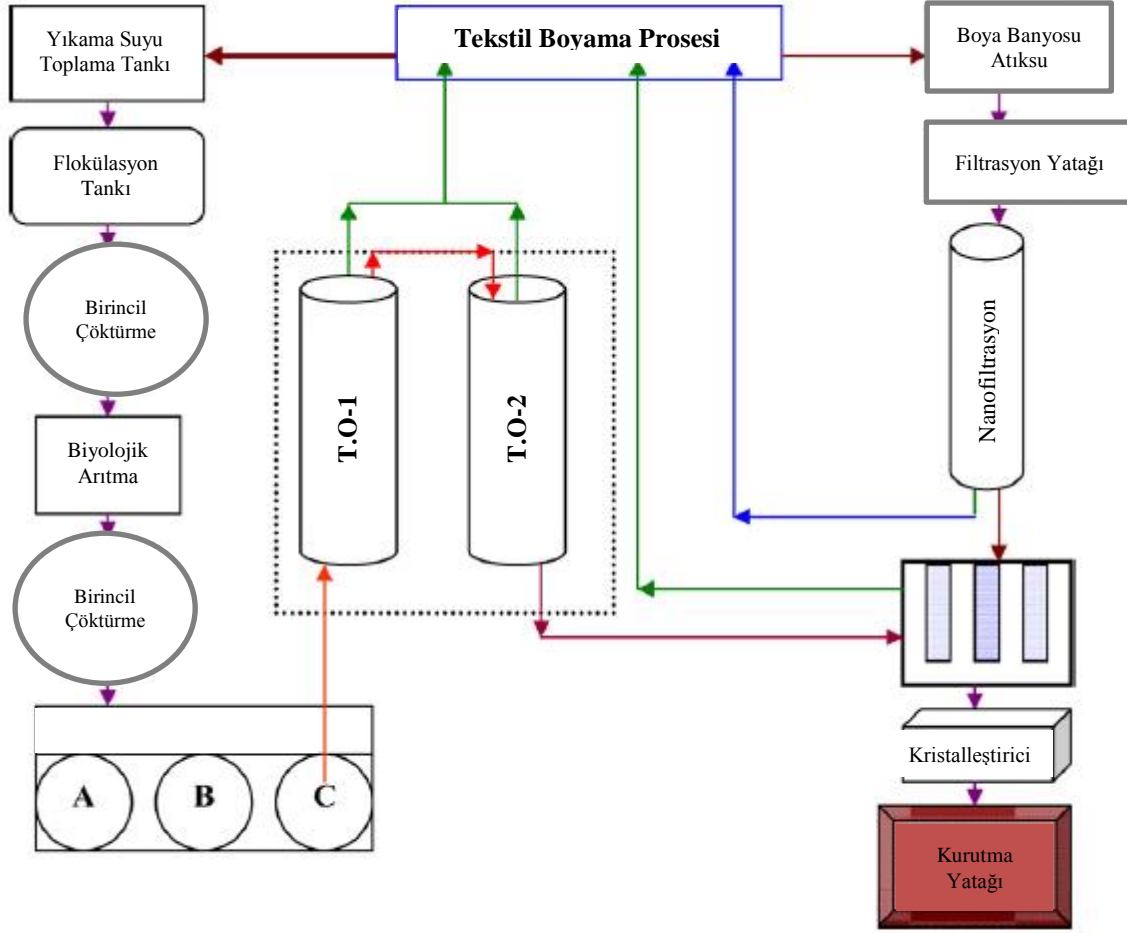
29 iz organik bileşiğin membran distilasyon ile gideriminin incelendiği başka bir çalışmada sistem diğerlerine benzer şekilde UF ve TO modüllerinden oluşmaktadır. Fenoller grubu olarak değerlendirilebilecek öncelikli maddelerden 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenolün (4-tert-oktilfenol) ve pentaklorofenolün membran distilasyon yöntemi ile giderim verimi sırası ile %54 ve %98 olarak verilmiştir. Çalışmada membran teknolojisi uygulanan atıksuyun daha sonra termofilik MBR teknolojisi ile son arıtımının yapılması sistemin verimini arttırmıştır (Wijekoon, ve diğerleri, 2014).

Alkil fenoller ve alkil fenol etoksilatlarına ait değerlendirme kaynağında ise yukarıdaki bilgileri destekler nitelikte membran filtrasyon yöntemi ile yüksek kalitede çıkış suyu sağlandığı belirtilmektedir (Priac, ve diğerleri, 2014).

Kısa zincirli klorlu parafinlerin membran filtrasyon yöntemi arıtma verimi ile ilgili olarak güvenilir bir veri mevcut olmamasına karşı, öncelikli maddenin filtrede tutulma oranının %75-99 aralığında olduğu varsayılmaktadır (Mathan, ve diğerleri, 2012).

Membran filtrasyon yöntemi ile ağır metal giderim veriminin ise, %30 ile %70 aralığında değişmesi beklenmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012).

Tekstil boyama prosesi kaynaklı karışık atıksuyu arıtma yönelik olan başka bir çalışmada sistem flokülasyon tankı, biyolojik arıtma, çökelme, nanofiltrasyon ve ters osmoz ünitelerinden oluşmaktadır. Sistemin akım şeması Şekil 2.4 ile verilmektedir (Ranganathan, Karunakaran, & Sharma, 2007).



**Şekil 2.4 :** Tekstil boyama atıksuyu için ileri arıtma teknolojisi akım şeması.

Tekstil boyama tesislerinde Şekil 2.4 ile verilen sistemin ilk yatırım maliyetleri 0,5-1,3 €/m<sup>3</sup> (300m<sup>3</sup>/gün kapasitenin altında), 1,3-2,7 €/m<sup>3</sup>(300-600 m<sup>3</sup>/gün kapasite arasında) ve 2,7-8,0 €/m<sup>3</sup> (600 m<sup>3</sup>/gün kapasite üzerinde) aralığında değişmektedir. İşletme ve bakım maliyetleri ise Çizelge 2.3 ile verilmektedir. Atıksu arıtımı ve geri kazanım sağlayan bu sistemin toplam giderleri yaklaşık olarak 1€/m<sup>3</sup>'tür.

Membran ömürleri makine teknolojisi ömürlerinden daha kısa olduğu için membran maliyetleri tesisler için önemli bir rol oynamaktadır. Girişimler hem membranların birim maliyetlerini yani ilk yatırım maliyetlerini düşürmek hem de hizmet süresini uzatarak (hedef; 7 ile 10 yıl arası) işletme maliyetlerini düşürmek adına yapılmaktadır. Söz konusu alternatifte toplam enerji tüketimi genel olarak 0,8-1,6 kWh/m<sup>3</sup> aralığında değişmekte iken, 2,0 kWh/m<sup>3</sup>'e kadar da çıkabilmektedir. Su dezenfeksiyonu olmayan konvansiyonel sistemlerde ise toplam enerji tüketimi 0,3 ile 0,5 0 kWh/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. Ayrıca işletme maliyetlerindeki diğer bir önemli kalem ise kimyasal maliyetleridir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Başka bir kaynağa göre de, sistemin

yüksek işletme basıncı sebebi ile enerji ihtiyacının ozonlama ve toz aktif karbon adsorpsiyonunu göre fazla olduğu belirtilmektedir. Ayrıca sistemin enerji ihtiyacının 1-2 kWh/m<sup>3</sup> aralığında değiştiği bilgisi diğer kaynakta verilen değeri destekler niteliktedir (Abegglen, 2009).

**Çizelge 2.3 :** Tekstil boyama tesisine ait işletme ve bakım maliyetleri.

Maliyet Bileşeni	Maliyet (€/m <sup>3</sup> )
Kimyasal kullanımı	0,1
Enerji	0,03-0,04
Çamur	0,01
İş gücü	0,01-0,03
Filterler/Kartuşlar	0,07-0,14
TO/NF membran bakımı	0,2-0,3
Faiz ve anapara ödemesi	0,5-0,7

Yapılan başka bir çalışmada, tekstil atıksuyu ters osmoz ünitesini içeren bir arıtma tesisinde arıtılarak %60 oranında geri kazanım sağlanmaktadır (Schönberger & Schafer, 2003). İlgili örnekte karışık nitelikteki atıksu yaklaşık 20 saatlik bir hidrolik bekletme süresi ile dengelenmekte ve nötralize edilmektedir. Biyobozunur maddeler aktif çamur sisteminde ve çökeltme tanklarında giderilmektedir. Sistemde biyobozunma verimi linyit kok tozu ile artırılmaktadır. Yapılan linyit kok tozu dozajı (0,8-1 kg/m<sup>3</sup>), ile boya ve zor bozunabilir maddelerin de giderimine katkı sağlamaktadır. Daha sonra atıksuya çöktürme ve flokülasyon uygulanmaktadır. Flokülasyonda alüminyum sülfat ve anyonik polielektrolit kullanılmaktadır. Sistemdeki askıda katı maddeler ve bazı organikler ise filtrasyon işlemi ile giderilmektedir. Sonuç olarak, akımın %60'ı ters osmoz ünitesi ile geri kazanılmaktadır. Ters osmoz ünitesinden çıkan arıtılmış su, temiz su ile birleştirilmesiyle tekstil ürünlerinin bitirilmesi sektöründeki her bir proseste kullanılabilir nitelikte su geri kazanılmış olur. Bu sistemde arıtılmış atıksuyun bekletildiği tanklarda biyolojik aktiveyi önlemek amacı ile ozon dozlamaları (yaklaşık 2 g/m<sup>3</sup>) da yapılabilir.

Sistem uygulanabilirlik açısından değerlendirildiğinde her türlü tekstil atıksuyu için geçerli bir teknolojidir, ancak arıtma tesisinin ters osmoz ünitesinden kaynaklı olarak yaklaşık 1,5 kWh/m<sup>3</sup> olarak belirtilen kaydedeğer bir elektrik tüketimi mevcuttur. Sistem ilk yatırım maliyeti açısından değerlendirildiğinde ise; 2500 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli bir tesis için 2 milyon € bina inşaatı, 7,4 milyon € teknik ekipman ve 0,7 milyon € planlama ve teknik araştırmalar olmak üzere toplam ilk yatırım maliyeti 10,1 milyon €'dur. Tesisin ilk yatırım maliyetinin yıllık karşılığı ve yıllık işletme maliyetlerine ait detaylar ise Çizelge 2.4 ile verilmektedir.

Örnek tesis 2.500 m<sup>3</sup>/gün lük su ihtiyacının 1.000 m<sup>3</sup>/gün'lük kısmını yer altı suyundan sağlarken geri kalan kısmını şebekeden sağlamaktadır. Şebekeden sağladığı suyun birim maliyeti ise 2,90 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir. Sonuç olarak tesis, birim hacim su maliyeti açısından değerlendirildiğinde 1,63 €/m<sup>3</sup> kazançtır. Gerçek ölçekteki tesis bilgilerine göre hazırlanmış bu veriler incelendiğinde yeraltı suyu limitli olan tesislerin uygulayabileceği bir yöntem olarak görülmektedir.

Bir başka alternatifte tekstil sektörü atıksularının ayrık akımlar halinde membran teknikleri ile arıtılması ve geri kazanım değerlendirilmiştir (Schönberger & Schafer, 2003). Tekstil sektörü proseslerinde durulama işlemlerinin atıksu miktarına yüksek oranda katkısı vardır. Proseste ki akımların membranları korumak adına dikkatle analiz edilmesi gerekmektedir. Bu örnekte membran sisteminin ilk adımı ultrafiltrasyon ünitesidir ve böylece kalıntı partiküller ve polimerlerin giderimi sağlanmaktadır. Daha sonra nanofiltrasyon ve ters osmoz üniteleri ile geri kazanım işlemi tamamlanmaktadır. Sistemin mevcut işletme koşulları ile %60 oranında su tüketiminde ve atıksu deşarjında azalma gerçekleştirmesi beklenmektedir.

Sistem uygulanabilirlik açısından değerlendirildiğinde, bu sistem ile pigment patı içeren atıksuların arıtılamayacağı belirtilmektedir. Söz konusu örnekte ön işlemler ve bitirme proseslerinden kaynaklanan atıksuların nötralizasyon işlemi sonrasında kentsel atıksu arıtma tesisine gönderilmekte olup, yıkama ve durulama atıksularının 800 m<sup>3</sup>/hafta'lık miktar ile geri kazanıldığı belirtilmektedir. Sistemde atıksu ayrıştırma ve geri kazanılan suyun prosese geri döndürülmesi amacı ile sistemde ek borulama ve tank ihtiyacı bulunmaktadır. Sistemdeki enerji sarfiyatının oldukça yüksek olması beklenmektedir. Örneğin ilk yatırım maliyeti ise 10m<sup>3</sup>/saat'lik kapasite için 1 milyon € olarak verilmiştir. Tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetleri (personel, enerji, membranları temizleyen kimyasallar, bakım ve bertaraf) birlikte değerlendirildiğinde



geri kazanılan suyun maliyetinin 4,5 €/m<sup>3</sup> (ilk yatırım maliyeti: 1,3€/m<sup>3</sup>, işletme maliyeti: 3,2 €/m<sup>3</sup>) olduğu belirtilmektedir.

**Çizelge 2.4 :** Tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetleri (Schönberger & Schafer, 2003).

Maliyet Faktörü	Birim Maliyet (€/m <sup>3</sup> )
1. İlk yatırım (%6,88 faiz oranı)	1,46
2. Personel	0,13
3. Bakım	0,105
4. İşletme	
Linyit kok kömürü	0,1
Asetik asit	0,015
Polielektrolit	0,01
Alüminyum sülfat	0,05
Katyonik organik flokülant	0,025
Islatma maddesi	0,025
Membran temizleme maddesi-asidik	0,005
Membran temizleme maddesi -alkali	0,005
Elektrik (1,5 kWh/m <sup>3</sup> )	0,105
Kömür rejenerasyonu için doğal gaz	0,095
Külün uzaklaştırılması	0,0019
5. Atıksu deşarj bedeli	0,03
6. Isı geri kazanımı ile geri ödeme	-0,9
7. Toplam maliyet	1,27

Yukarıda tekstil sektörü atıksularının ayrıık akımlar halinde membran teknikleri ile arıtılması ve geri kazanımı alternatifi için önerilmeyen pigment patı içeren tekstil atıksularının arıtımı ve geri kazanımı ise, aşağıdaki sistem ile gerçekleştirilebilmektedir (Schönberger & Schafer, 2003). Tekstil sektöründe atıksuların büyük bir kısmı temizleme işlemlerinden kaynaklanmaktadır. Pigment patları bitirme işlemleri içerisinde değerlendirilen kaplama işlemlerinde uygulanmaktadır. Bu arıtma alternatifinin ilk adımı koagülasyon olup bu işlem için

polialüminyum klorit sülfat kullanılmaktadır. Koagüle olmuş maddeler bentonit ile pH 6'da çöktürülmektedir. Bu alternatifte ileri arıtma ve su geri kazanımı sağlayan ünite ise mikrofiltrasyondur.

Söz konusu alternatif ile %90'nın üzerinde su geri kazanımı sağlanmaktadır ve bu sistem mevcut veya yeni kurulan kaplama ve baskı tesisleri için uygulanabilmektedir. Alternatifin ilk yatırım maliyeti 2,5 m<sup>3</sup>/sa kapasitesindeki bir tesis için 180.000 € olarak belirtilmektedir. Konsantrenin uzaklaştırılmasını da içeren işletme maliyeti ise yaklaşık olarak 4 €/m<sup>3</sup>'tür.

#### Membran Filtrasyon Yöntemleri ile Ham madde Geri Kazanımı

Yapılan çalışmada ultrafiltrasyon teknolojisi ile haşıl maddesi geri kazanımı hedeflenmektedir. Çözelti içerisindeki haşıl maddeleri ultrafiltrasyon teknolojisi ile geri kazanılabilmektedir. Haşıl sökme ve dokuma sonrasında haşıl maddeleri giderimi için sıcak su ile sürekli yıkama makineleri kullanılmaktadır. Çözelti kullanımının minimize edilmesi için, yıkama prosesinin optimize edilmesi gerekmektedir. Ultrafiltrasyon teknolojisinin kullanılması ile konsantre akımdaki haşıl maddelerinin tekrar kullanımı sağlanmaktadır.

Söz konusu sistem ile atıksudaki KOİ konsantrasyonu önemli ölçüde (%30-70) azalmakta ve haşıl maddeleri %80-85 oranında geri kazanılmaktadır. Haşıl maddelerinin atıksuya karışmamasından dolayı atıksu arıtımındaki enerji sarfıyatı ve çamur üretimi azalmaktadır. Sistem uygulanabilirlik açısından değerlendirildiğinde dokuma ve bitirme proseslerinin birlikte olduğu fabrikalarda uygulanması mümkündür. Entegre bir tesiste böyle bir sistemin uygun olması için proses edilen kumaş miktarının 1000 ton kumaş/yıl'ın üzerinde olması gerekmektedir. Sadece haşıl sökme işleminin yapıldığı tesislerde ise belirtilen kapasite daha yükselerek 5000-8000 ton kumaş/yıl'a ulaşmaktadır. Sistemde ultrafiltrasyon ünitesine ek olarak yıkama makinesi ve kurutucu ihtiyacı da bulunmaktadır. Ultrafiltrasyon teknolojisinin enerji ihtiyacının, haşıl maddelerinin arıtma tesisinde giderimi ve proste yeni haşıl maddesi kullanımı ile karşılaştırıldığında düşük olduğu görülmektedir. Sistemin işletme maliyeti maliyeti 93,5 €/ton iken, geri kazanımsız maliyetin 225,5 €/ton iplik olduğu belirtilmektedir. Verilen işletme maliyeti bir yıllık giderler üzerinden değerlendirildiğinde ise, geri kazanım yapılan alternatif yaklaşık olarak 500.000 € iken, geri kazanım yapılmayan alternatif 1.200.000 €'dur. Sistemin ilk yatırım maliyeti

ise; ultrafiltrasyon ünitesi, dengeleme tankı, kurulum ve başlangıç çalışmaları vb. kalemlerin dahil edilerek 1.243.500 € olarak belirtilmiştir.

#### **2.4.2 Tehlikeli maddeler için arıtma teknolojileri (boru sonu teknolojiler)**

Tarihte, uygun arıtma teknolojileri, çevre ve halk sağlığını sağlamak için belirlenmiş konvansiyonel parametreleri kontrol için geliştirilmiştir. Ancak son bilimsel gelişmelere göre, arıtma teknolojileri endokrin bozucu özellik gösteren miktokirleticiler üzerine odaklanmıştır. Mikrokirleticilerin kontrol tekniklerinin arıtma tesislerinde uygulanması ve çıkış atıksuyu kalitesinin yükseltilmesi ekosistem sağlığı için zorunludur. Konvansiyonel atıksu arıtma tesisleri öncelikli maddelerin de içerisinde yer aldığı mikrokirleticilerin ana kaynağı olarak belirtilmektedir. Bunun nedeni, kimyasal, fiziksel ve biyolojik giderimlerin sağlandığı konvansiyonel tesislerin mikrokirleticileri bütünüyle giderememesidir. Bu nedenle, konvansiyonel arıtma tesisleri ile birlikte giderimin sağlanması için ozonlama, ultrafiltrasyon, ters osmoz gibi ileri arıtma teknolojiler araştırılmaktadır. Söz konusu teknolojiler arıtma tesislerinde tamamlayıcı olarak ve/veya mevcut teknolojilerin yerini alarak kullanılmaktadır (Adeleye, ve diğerleri, 2016).

Çizelge 2.5 ile fizikomekanik, fizikokimyasal, kimyasal ve biyolojik metotlara dayanan genel atıksu arıtma teknikleri özetlenmektedir (Lacasse & Baumann, 2004).

Söz konusu boru sonu teknolojilerin öncelikli maddeleri arıtmaya yönelik çalışmalarla uyumlaştırıldığı kaynaklarda maddelerin kimyasal özellikleri ile değerlendirildiği görülmektedir (Scholes, Revitt, Gasperi, & Donner, 2008)

Öncelikli maddeleri arıtmaya yönelik olarak adsorpsiyon yönteminin uygulanabilmesi amacı ile maddelerin  $K_{oc}$  değerleri ile birlikte değerlendirilmesi gereklidir.  $K_{oc}$  değeri, maddelerin toprak partiküllere adsorplanabilme eğilimini ifade eden katsayı olarak tanımlanmaktadır (EXTOXNET, 2015). Maddelere ait farklı kaynaklardan derlenen  $K_{oc}$  değerlerinin ortalaması alınarak belirlenmiş sınır değerler ile adsorplanma seviyesinin tahmini yapılmakta olup söz konusu sınıflandırma aşağıda verilmiştir (Scholes, Revitt, Gasperi, & Donner, 2008).

- $K_{oc} < 100$  Düşük
- $100 < K_{oc} < 1.000$  Düşük-Orta
- $1.000 < K_{oc} < 10.000$  Orta

- $10.000 < K_{oc} < 100.000$  Orta-Yüksek
- $K_{oc} > 100.000$  Yüksek

**Çizelge 2.5 :** Fizikomekanik, fizikokimyasal, kimyasal ve biyolojik metotlara dayanan genel atıksu arıtma teknikleri.

Metot	Proses	Kullanım Örneği
Fizikomekanik	Çökeltme	Yüksek yoğunluklu katılar
	Filtrasyon	Düşük yoğunluklu katılar
	Ultrafiltrasyon/Ters Osmoz	Yüksek moleküler bileşikler, tuzlar
	Buharlaştırma	Kaynama noktası yüksek bileşikler
Fizikokimyasal	Adsorpsiyon	Adsorplanabilen organikler
	İyon değiştirme	Ağır metaller
Kimyasal	Çöktürme/Flokülasyon	Çöktürülebilir ve pıhtılaşabilir bileşikler
	Oksidasyon	Biyobozunurluğu düşük bileşikler
Biyolojik	Anaerobik	Organik yükü yüksek atıksular
	Aerobik	Yükü düşük atıksular

$K_{oc}$  değerinden türetilen oktanol-su katsayısı ( $\log K_{oc} = 0,81 * \log K_{ow} + 0,10$ ) kullanılarak da maddelerin arıtma çamuruna geçme eğilimi değerlendirilebilmektedir. Oktanol-su katsayısı kimyasalın hidrofobitesini tanımlamaktadır. Endokrin bozucu özellik gösteren maddelerin hidrofobik özellik göstermesi dolayısı ile yüksek  $K_{ow}$  değerine sahip olması beklenmektedir. Yüksek oktanol-su katsayısına ( $K_{ow}$ ) sahip bir kimyasalın çökeltme prosesi ile giderilebilmesi beklenmektedir (Clarke, ve diğerleri, 2010).

Yukarı duruma benzer şekilde öncelikli maddeleri arıtmaya yönelik olarak çöktürme yönteminin uygulanabilmesi amacı ile maddelerin sudaki çözünürlük değerleri ile birlikte değerlendirilmesi gereklidir. Sudaki çözünürlük, belirli bir sıcaklıkta su

içerisinde çözünebilecek maksimum madde miktarı olarak tanımlanmaktadır (USGS, 2015). Maddelere ait farklı kaynaklardan derlenen sudaki çözünürlük değerlerinin ortalaması alınarak belirlenmiş sınır değerler ile çöktürme seviyesinin tahmini yapılmakta olup söz konusu sınıflandırma aşağıda verilmiştir (Scholes, Revitt, Gasperi, & Donner, 2008).

- Sudaki çözünürlük >100.000 mg/L Düşük
- 10.000 mg/L < Sudaki çözünürlük <100.000 mg/L Düşük-Orta
- 1.000 mg/L < Sudaki çözünürlük <10.000 mg/L Orta
- 100 mg/L < Sudaki çözünürlük <1.000 mg/L Orta-Yüksek
- Sudaki çözünürlük <100 mg/L Yüksek

Söz konusu parametrelere göre sınıflandırılan kimyasallar için adsorpsiyon ve çöktürme işlemlerinin birlikte uygulanması da incelenebilmektedir. Bu durumda mevcut sınıflandırma sistemi korunarak düşük, düşük-orta, orta, orta-yüksek ve yüksek seviyeler belirlenebilmektedir.

Bu değerlendirme aerobik ve anaerobik degradasyon için yapıldığında ise maddelerin biodegradasyon yarı ömürlerini incelemektedir. Maddelere ait farklı kaynaklardan derlenen biodegradasyon yarı ömürlerinin ortalaması alınarak belirlenmiş sınır değerler ile biyolojik giderimlerinin tahmini yapılmakta olup söz konusu sınıflandırma aşağıda verilmiştir (Scholes, Revitt, Gasperi, & Donner, 2008).

- $T_{1/2} > 180$  gün Düşük
- $130 \text{ gün} < T_{1/2} < 180 \text{ gün}$  Düşük-Orta
- $80 \text{ gün} < T_{1/2} < 130 \text{ gün}$  Orta
- $30 \text{ gün} < T_{1/2} < 80 \text{ gün}$  Orta-Yüksek
- $T_{1/2} < 30$  gün Yüksek

Çalışma kapsamında, bu yaklaşımın yapıldığı kaynaktan (Scholes, Revitt, Gasperi, & Donner, 2008) tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörü kaynaklı öncelikli maddeler ile ilgili bölüm derlenmiştir ve EK A ile sunulmaktadır.

Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği'ne göre de sektörden kaynaklanan atıksuları arıtma amacı ile biyolojik (aerobik, anaerobik), koagülasyon-flokülasyon, flokülasyon-çökeltme, adsorpsiyon, oksidasyon-ileri oksidasyon, membran sistemler (MF,UF,NF,TO), MBR, kum filtresi veya bu sistemlerin

kombinasyonları önerilmektedir. Teknolojilerin kombinasyonu çeşitli literatür çalışmalarında da önerilmektedir. Örneğin alkili fenollerin giderimine yönelik olarak yapılan çalışmalarda sentetik ve gerçek numunelerde kombinasyon metotların uygulanmasının çok daha verimli sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Priac, ve diğerleri, 2014).

Söz konusu arıtma teknolojilerinin bazıları (örneğin membran filtrasyon) yüksek oranda arıtma verimi sağladığından geri kazanım yöntemleri ile kesişmektedir.

Aşağıdaki bölümlerde öncelikli maddeleri arıtmaya yönelik olarak pilot veya gerçek ölçekte denenmiş ve uygulanabilir olan boru sonu teknolojileri ve ve maliyetleri hakkında bilgi verilmiştir.

#### **2.4.2.1 Mekanik, kimyasal ve biyolojik arıtma**

Atıksu içerisindeki kirleticilerin giderilmesi amacı ile atıksudaki yüzen ve çökebilir katı maddelerin uzaklaştırılması işlemlerini kapsayan fiziksel arıtma, organik maddelerin gideriminde kullanılan biyolojik ve/veya kimyasal arıtma uygulanmaktadır. Uygulanan konvansiyonel teknolojiler ile tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin arıtımı hakkında araştırma yapılmıştır.

Öncelikli maddelerin arıtımına yönelik alternatifler değerlendirilirken mekanik ve biyolojik arıtmanın ana önlem olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Diğer bir deyişle, ileri arıtma teknolojileri öncesinde konvansiyonel arıtmanın bulunması zorunludur.

Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddeler içerisinde konvansiyonel arıtma teknolojisinin gideriminin araştırıldığı kirleticiler bromlu difenil eterler, HBCDD nonilfenoller ve kısa zincirli klorlu parafinlerdir (C10-13).

Bromlu difenil eterler madde grubuna ait konvansiyonel sistemlerde giderim veriminin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Xiang ve diğerlerinin (2013) çalışmasına göre giriş ve çıkış PBDE (polibromlu difenil eterler) konsantrasyonları dikkate alındığında giderim verimi %45 olarak verilmiştir. Bromlu difenil eter bileşiklerinin giderim mekanizmasının çökmeye bağlı olduğu bilinmektedir. Ayrıca EK A kapsamında sunulan verilere göre sudaki çözünürlüğü oldukça düşük ve Koc değeri

oldukça yüksek olan bromlu difenil eter bileşiklerinin tahmin edilen çökeltme ve çamura adsorplanma seviyesi yüksek olarak verilmiştir (Scholes, Revitt, Gasperi, & Donner, 2008). Deng ve diğerlerinin (2016) çalışmada konvansiyonel arıtma teknolojisi ile %60 oranında dekabromodifenil eter (BDE-209) arıtımı sağlanmış olup, elde edilen verimin söz konusu bileşikler giderme konusunda çökeltme prosesinin ana mekanizma olması sebebi ile düşük olduğu belirtilmiştir. Cristale ve Lacorte'nin çalışmasında (2015) dört adet atıksu arıtma tesisinden alınan giriş ve çıkış analiz sonuçlarına göre PBDE giderimi %84 ile %100 aralığında sağlanmaktadır. Siegel'in çalışmasında (2013) ise konvansiyonel arıtma tesisindeki PBDE giderim verimi ise %91 olarak belirtilmiştir. Çalışmada PBDE bileşiklerinin konvansiyonel arıtma sistemi ile giderimi NOCEP modeli ile teorik olarak hesaplanmıştır. Hesaplamaya göre arıtma verimi %96,7 ile %99,7 aralığında değişmektedir. Yapılan çalışmada biyobozunma prosesinin PBDE gideriminde az hatta hiç rol almadığı belirtilmektedir. EK A ile de verildiği gibi PBDE bileşiklerinin yarı ömür değerleri 150 ile 600 gün arasında değişmekte olup, bulunan bu değerlerin düşük giderim potansiyeline karşılık geldiği görülmektedir (Scholes, Revitt, Gasperi, & Donner, 2008).

Genel çerçevede mekanik, kimyasal ve biyolojik arıtma teknolojilerinin birlikte kullanımı ile %70-90 aralığında HBCDD öncelikli maddesinin gideriminin sağlandığı belirtilmektedir. Uygulanan bu arıtma teknolojisi ile azot ve fosfor gideriminin de verimli bir şekilde yapılabilmesi, teknolojinin ikincil çevresel etkileri olarak değerlendirilebilir. Sistemin işletme maliyeti 0,33 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir (Mathan, ve diğerleri, 2012).

Konvansiyonel atıksu arıtma yönteminin (mekanik, biyolojik ve kimyasal) nonilfenol gideriminde de etkili olduğu kanıtlanmıştır. Nonilfenollerin sudaki çözünürlüklerinin düşük, adsorplanma potansiyelinin yüksek olması, kirleticinin çamura geçme eğilimi nedeniyle giderimin ana mekanizması olarak belirtilmektedir. Söz konusu özelliklere yönelik kirleticiye ait parametrelere göre değerlendirme EK A ile sunulmaktadır. Belirtilen yöntem ile nonilfenollerin %75 oranında çamura geçmesi sağlanmaktadır (Mathan, ve diğerleri, 2012).

Kısa ve orta zincirli klorlu parafinler de mekanik ve biyolojik arıtma yöntemleri ile %90-93 verim ile giderilebilmektedir.

Zor bozunabilir bileşiklerin gideriminde biyolojik arıtma kapsamında rol alan aktif çamur sistemlerinin düşük F/M oranı ile işletilmesi gerekmektedir. Aşağıdaki bölümde bu konunun detaylarına ilişkin bilgi verilmektedir.

#### Aktif Çamur Sistemi (Düşük F/M)

Aktif çamur sistemi, tekstil atıksularının arıtılmasında uygulanan bir yöntemdir. Aktif çamur sistemlerinde kolay bozunabilir bileşikler mineralize olurken, tekstil atıksuyu gibi zor bozunabilir bileşikler içeren atıksularda düşük F/M oranı ( $<0,15 \text{ kg BOD}_5/\text{kg MLSS} \times d$ ) ve sıcaklığın  $15^\circ\text{C}$ 'den yüksek olması gerekmektedir. Aktif çamur sistemlerine ilave arıtma olarak, flokülasyon/çöktürme, aktif karbon adsorpsiyonu ve ozonlama teknikleri ile daha ileri arıtma uygulamaları da yapılabilmektedir. Yapılan ek arıtmalar ile boyar maddelerinin giderimi başta olmak üzere tekstil atıksuyundaki zor bozunabilir maddelerin giderimi sağlanmaktadır.

Sistem uygulanabilirlik açısından değerlendirildiğinde düşük F/M oranlı aktif çamur sistemi ve ilave arıtma üniteleri mevcut veya yeni yapılacak tekstil atıksuyu arıtma tesisleri için uygundur. Ayrıca, düşük veya yüksek miktarda tekstil atıksuyu içeren kentsel atıksu arıtma tesislerinde de bu yöntem ile atıksuları arıtılabileceği belirtilmektedir.

Sistemin düşük F/M ile çalıştırılmasına bağlı olarak, çamur yaşı ve havalandırma ihtiyacının artması beklenir. Yüksek çamur yaşı hidrofobik kirleticilerin çamur üzerine emilimini artırır (Gockel & Mongillo, 2013). Sistemdeki çamur yaşının 15 günden fazla olması önerilmektedir (Taşlı, 2012). Söz konusu koşulların sağlanması için daha büyük hacimli havalandırma tanklarına ihtiyaç olacağından, bu durum tesisin ilk yatırım maliyetlerine artış olarak yansımaktadır. Tekstil endüstrisi atıksuyundaki öncelikli madde özelliği taşıyan zor bozunabilir maddelerin arıtılması için gerekli olan ek havalandırma ihtiyacının maliyeti  $0,30 \text{ €/m}^3$ 'tür (Schönberger & Schafer, 2003)

#### **2.4.2.2 Kimyasal oksidasyon ile arıtma**

Oksidasyon prosesi maliyetleri sebebi ile genelleme yapılamasa da, biyodegradasyon veya adsorpsiyon ile birlikte, ileri oksidasyon teknolojisi de geleceğin teknikleri arasında görülmektedir. İleri oksidasyon teknikleri toksik ve biyobozunamayan maddelerin gideriminde ve bağlı organik bileşiklerin mineralizasyonuna bağlı olarak da partiküler organik madde gideriminde etkilidir (Priac, ve diğerleri, 2014). Oksidasyon, ozon veya hidrojen peroksit gibi kuvvetli oksidanlar yardımı ile



gerçekleşmektedir. Bu yöntemde ozon-hidrojen peroksit, ozon-UV ve hidrojen peroksit-UV kombinasyonlarının kullanımı yüksek miktarda hidrojen peroksit dozlaması yerine tercih edilebilir. Sistemde UV kullanımı için çözünmüş ve askıda organik maddelerin (bulanıklığın) giderimi için bir ön arıtma gerekebilir (Mathan, ve diğerleri, 2012).

Tekstil endüstrisinde haşıl sökme ve boya banyoları proseslerinde olduğu gibi birçok prosesten organik yükü yüksek atıksular oluşmaktadır. Bu sistem haşıl sökme prosesinden gelen atıksulardaki biyobozunamayan maddelerin kimyasal oksidasyon yöntemi ile arıtılabileceğini belirtmektedir. Diğer bir deyişle kimyasal oksidasyon tekstil ürünlerinin bitirilmesi sektöründe ayrık akımlara uygulanabilmektedir. Sistemin işletme koşulları 10-130°C ve 3 barlık (maks. 5 bar) basınç olarak tanımlanmaktadır. Oksidasyon maddesi olarak moleküler oksijen kullanıldığı, sadece başlangıçta hidrojen peroksitin kullanıldığı ve sistemin çalışmasını sağladığı belirtilmektedir. Sistemde katalizör olarak demir(II)tuzu kullanılmaktadır. Sistemde akım ayırma tankının otomatik olarak yapılması tercih edilmektedir, bu yüzden sistemin boru işleri ve dengeleme tankı ihtiyaçları bulunmaktadır. Sistemin alan ihtiyacının düşük olduğu söylenebilir. Sistemin KOİ giderimi biyolojik arıtmaya göre düşüktür, ancak organik madde gideriminin yanında diğer giderimler de sağlanmaktadır.

Uygulanabilirlik açısından değerlendirme yapıldığında sistemin mevcut veya yeni kurulan tesislerde uygulanabilmesi mümkündür. Alternatifin ilk yatırım maliyeti 4-5 m<sup>3</sup>/sa kapasitesindeki bir tesis için 2.300.000 € olarak belirtilmektedir. Verilen maliyet reaktör, hidrojen peroksit ve katalizör dozlaması, ısı değiştirici, katalizör hazırlama ünitesi, otomatik kontrol ve boru işlerini içermektedir. Sistemin kimyasal dozlamayı, bakımı, personel giderlerini ve elektrik tüketimini içeren işletme maliyeti ise yaklaşık olarak 3€/m<sup>3</sup>'tür (Schönberger & Schafer, 2003).

Oksidasyon teknikleri pestisitler, yüzey aktif maddeler, renklendirici maddeler, ilaçlar ve endokrin bozucu maddelerin gideriminde kullanılmaktadır. Nonilfenoller endokrin bozucu özellik göstermektedir. Ayrıca söz konusu teknikler, toksik kirleticilerin biyolojik arıtmaya zarar vermemesi için ön arıtma teknolojisi olarak da kullanılmaktadır. Söz konusu alternatifin NP için giderim verimi %90 olarak verilmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Arıtma prosesi ozonlama sonrasında aktif karbon filtrasyonu ve klorlama ile devam ederse giderim veriminin %95'e çıkacağı belirtilmektedir (Soares, Guieysse, Jefferson, Cartmell, & Lester, 2008).

Oksidasyon reaksiyonları çeşitli halojenli organiklerin, pestisitlerin, herbisitlerin, halojenli olmayan organiklerin, boyaların ve ilaç-kişisel bakım ürünlerinin (PCPPs) gideriminde kullanılmaktadır. (Adeleye, ve diğerleri, 2016).

Ozonun kararsız yapısı sebebi ile ozon üretiminin prosesin olduğu yerde gerçekleştirilmesi gereklidir. Enerji yoğun olarak gerçekleşen bu işlemde kuru hava veya likit oksijen kullanılır. Sistemin dezavantajı tamamıyla mineralize olmayan bileşiklerin yeni toksik kirleticiler oluşturabilme riskidir (Mathan, ve diğerleri, 2012; Abegglen, 2009). Buna göre ozonlama sonrasında reaktif oksidasyon ürünlerini elimine etmek için kum filtresi gibi ek bir adımın olması gerektiği belirtilmektedir. Önerilen bu ekleme ile sistemin enerji tüketimi tesisinin büyüklüğüne göre %10-20 civarında artmakta olup, 0,1-0,2 kWh/m<sup>3</sup> aralığında, ozonlama yönteminde kullanılan oksijenin üretimi ve taşınması dahil enerji ihtiyacı ise 0,3-0,5 kWh/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. Söz konusu projeye göre 4.000 m<sup>3</sup>/gün'den daha düşük kapasiteli tesislerde sistemin maliyeti yaklaşık olarak 0,30 €/m<sup>3</sup> iken, yüksek kapasiteli (>30.000 m<sup>3</sup>/gün) arıtma tesislerinde birim maliyet yaklaşık olarak 0,10 €/m<sup>3</sup> değerine düşerek oldukça fizibil hale gelmektedir (Abegglen, 2009).

#### **2.4.2.3 Koagülasyon, flokülasyon, çökeltme ve filtrasyon**

Koagülasyon, flokülasyon ve çökeltme, tekstil atıksularının arıtımında organik madde ve renk giderimi sağlayan yaygın ve eski bir yöntemdir. Günümüzde ise, bu arıtma yöntemi ile arıtma yapıldığında oluşacak çamurun minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Modern sistemlerde çökelen maddenin sıvı fazından ayrılması sadece çökeltme ile değil çözünmüş hava flotasyonu ile sağlanmaktadır. Flokülasyonu sağlayan maddelerin seçiminde de KOİ ve renk gideriminin maksimum olması ve çamur üretiminin ise minimum olması hedeflenmektedir. Genellikle, alüminyum sülfat, katyonik organik flokülant ve düşük miktarda anyonik polielektrolit kombinasyonu en iyi sonucu vermektedir.

Sistem uygulanabilirlik açısından değerlendirildiğinde, mevcut veya yeni yapılan tesisler için uygulanması mümkündür. Sistemde flokülasyon ve çökeltme öncesinde dengeleme tankına ihtiyaç vardır. Dengeleme süresi yaklaşık 12 sa olup, biyolojik arıtma ile karşılaştırıldığında düşüktür.

20m<sup>3</sup>/sa kapasiteli ve lif giderimi için elek, reaktör, çamur konteyneri, filtre-pres, basınçlı hava, borular ve kontrol enstrümanlarını içeren tesisin ilk yatırım maliyeti

200.000-300.000 € aralığında değişmektedir. Sistemin işletme maliyetleri ise 0,25-1,50 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir (Schönberger & Schafer, 2003).

Koagülasyon ve çökeltme teknolojileri yüksek miktarda kimyasal ihtiyacı sebebi ile maliyetli arıtma yöntemleri arasında yer almaktadır (Adeleye, ve diğerleri, 2016).

Çökeltme yöntemi atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Söz konusu yöntem ile tribütil kalay bileşiklerinin %25-75 oranında giderimi sağlanmaktadır. Yer çekimi ile çökeltme şeklindeki bu yöntem ilk yatırım ve işletme maliyetleri birlikte değerlendirildiğinde 0,1 €/m<sup>3</sup> değerinden daha düşük olduğu görülmektedir.

Kum filtrasyonu atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Sistemdeki enerji tüketimi oldukça düşük olup, düşük kapasiteli (2000 m<sup>3</sup>/gün) tesisler için 0,10 kWh/m<sup>3</sup> iken, yüksek kapasiteli tesisler için 0,05 kWh/m<sup>3</sup>'tür. Kum filtresi ile arıtma maliyeti 0,1-0,4 €/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Biyolojik ve kimyasal arıtma, genellikle tek başına atıksudaki organik kirleticileri gidermekte yeterli olamamaktadır. Özellikle atıksudaki ağır metallerin uzaklaştırılması için filtrasyon ile birleştirildiğinde, oldukça etkili olabilmektedir (Adeleye, ve diğerleri, 2016). Koagülasyon ve flokülasyon uygulamasının kurşun ve nikel giderimi üzerindeki verimleri de sırasıyla %95 ve %98'dir (Johnson, Girinathannair, Ohlinger, Ritchie, & Kirby, 2008; Liu, ve diğerleri, 2013). Mathan ve diğerlerinin çalışmasına (2012) göre de filtrasyon tribütil kalay bileşikleri gideriminde kullanılabilir. Söz konusu yöntem yaklaşık %50 oranındaki giderim verim sağlarken birim maliyetleri 0,1-0,4 €/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir.

Sadece çökeltme veya filtrasyon yöntemi uygulanmış atıksuyun ortak bir AAT'ye deşarj edilmesi önerilmektedir.

Tribütil kalay bileşikleri için koagülasyon, flokülasyon ve kum filtrasyonu yöntemlerinin birlikte uygulanması ile yaklaşık %90 oranında giderim sağlanmaktadır (Mathan, ve diğerleri, 2012).

#### **2.4.2.4 Aktif karbon adsorpsiyonu**

Aktif karbon adsorpsiyonu, esas itibariyle polar olmayan organikleri atıksudan uzaklaştırmak için kullanılmakta kanıtlanmış bir teknolojidir. Piyasada mevcut olan

aktif karbon çeşitleri; toz aktif karbon (PAC) ve granüler aktif karbondur (GAC) (Mathan, ve diğerleri, 2012).

Adsorpsiyon yöntemi, basit tasarımı, düşük ilk yatırım maliyeti ve az alan gereksinimi gibi sebeplerde ötürü avantajlı bir sistem olarak görülmektedir. Endüstriyel atıksulardaki organik ve inorganik kirleticilerin aktif karbon ile giderimi yaygın olarak araştırılmaktadır (Rashed, 2013).

Aktif karbonlar sadece metaller, boyalar ve pestisitler değil, endokrin bozucu maddelerin arıtımında da kullanılmaktadır (Paune, Caixach, Espadaler, Om, & Rivera, 1998) Başka bir çalışmaya (Mathan, ve diğerleri, 2012) göre de aktif karbon adsorpsiyonu teknolojisinin TBT, PFOS ve NP öncelikli maddelerinin gideriminde kullanılabileceği belirtilmektedir.

Sistemin kimyasal arıtma ve kimyasal oksidasyon gibi proses sonrası yan ürün üretmemesi sistemin avantajları arasında yer almaktadır. Aktif karbonun yüksek adsorpsiyon gücü ispatlanmış olmasına rağmen, filtre etkinliği azalarak doygun hale gelen aktif karbon problem yaratmaktadır. Doygun hale gelen aktif karbonun değiştirilmesi veya rejenere edilmesi gereklidir. Rejenerasyon ısı ve kimyasal maddeler ile yürütülerek maliyete katkıda bulunmaktadır. Alternatif bir çözüm olarak tarımsal küspe gibi düşük maliyetli kaynaklardan elde edilen konvansiyonel olmayan karbonların kullanımı önerilmektedir. Sistemde aktif karbon doygun hale gelir gelmez yakılmaktadır (Priac, ve diğerleri, 2014).

Çeşitli raporlara göre, tribütil kalay bileşiklerinin toz aktif karbon ile giderimi sağlanabilmektedir. Tam ölçekli bir tesisin ilk kısmında koagülasyon ve filtrasyon üniteleri ile partiküler tribütil kalay bileşiklerinin giderimi sağlanırken, çözülmüş tribütil kalay bileşiklerinin giderimi aktif karbon ile sağlanmaktadır. Bu sistem ile tribütil kalay bileşiklerinin maksimum giderim verimi %99,8'e ulaşabilmektedir.

Fenolik bileşiklerin aktif karbon ile adsorpsiyonu tüm sıvı faz aktif karbon uygulamalarında araştırılmaktadır. Atıksu arıtma ve fenollerin giderimi için çeşitli adsorbanlar (ahşap ve linyit bazlı) kullanılmaktadır Klorofenol bileşiklerinin aktif karbon ile giderim verimi %60-80 aralığında değişmektedir (Rashed, 2013). Nonilfenol öncelikli maddesinin aktif karbon ile giderim verimi %50-99 aralığında değişmekte olup, Danimarka'daki bir örnek çalışmada giderim veriminin ancak %25 oranına kadar çıkabildiği görülmüştür. Ancak arıtma etkinliği atıksu içeriğine (örneğin

KOİ veya diğer miktokirleticiler) ve sorbent konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Söz konusu arıtma tekniğinin oktilfenol gideriminde de etkili olduğu bilinmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012).

Sistemin fizibilitesi tekil proses tasarımına oldukça bağımlıdır. Örneğin filtrasyon için gerekli olan alan, mevcut depolama tankları veya atıksu akımlarının karıştırılması fizibilite yapımında dikkat edilmesi gereken noktalardan bazılarıdır.

Sistemde kullanılan aktif karbon kolayca rejenere edilmekte olup, kullanılan aktif karbon yakma veya düzenli depolama ile uzaklaştırılabilmektedir. Harcanan malzemelerin ulaşımına ve yakılmasına harcanan enerji sistemin ikincil çevresel etkileri olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında sistemde filtre hazırlama işlemlerinde de ek enerji kullanımı mevcuttur. Ayrıca bu teknoloji birçok organik kirleticinin .(PFOS,C10-13 Kloroalkanlar) gideriminde pozitif etki oluşturmaktadır.

Yapılan başka bir çalışmada diklorometan, 1,2,4-triklorobenzen ve 1,2,3-triklorobenzen maddelerinin aktif karbon adsorpsiyonu ile giderim verimleri sırasıyla %98,3, %99,2 ve %90,5 olarak verilmektedir (Rashed, 2013). 1,2,4-triklorobenzen gideriminin incelendiği bir diğer çalışmada ise giderim veriminin maksimum %81,70'e ulaştığı belirtilmektedir (Zhao, He, Zhang, & Ma, 2011).

Aktif karbon adsorpsiyonunun antrasen gideriminde de etkin ve başarılı bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir (Saad, Khiari, Elaloui, & Moussaoui, 2013; Rasheed, Farooq, Rafique, Nasreen, & Aqeel Ashraf, 2016).

Koagülasyon, koagülasyon ve filtrasyon, çöktürme, ozonlama, ters osmoz ve adsorpsiyon yöntemleri atıksu ve su arıtımında kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en çekici olanı, arıtma sonrası atıksuyun geri kazanılmasını da sağlayan ters osmoz yöntemidir. Ancak bu yöntemin yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetlerine sahip olması nedeni ile ekonomik olarak uygulanabilir görülmemektedir (Rashed, 2013).

Adsorpsiyon yöntemi ile ozonlama yönteminin karşılaştırıldığı bir başka çalışmada ise, aktif karbon yönteminin ozonlama yöntemine göre yavaş bir proses olduğu belirtilmektedir. Ozonlama sonrasında reaktif oksidasyon ürünlerini elimine etmek için kum filtresi gibi ek bir adımın olması aktif karbon adsorpsiyonunda da değerlendirilmiş olup, kum filtresi eklenmesi sistemin enerji tüketimini yaklaşık %10 arttırmaktadır. Adsorpsiyon yönteminde kullanılan partiküler aktif karbonun üretimi ve taşınması dahil enerji ihtiyacı ise 0,4-0,7 kWh/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. Söz

konusu projeye göre 4.000 m<sup>3</sup>/gün'den daha düşük kapasiteli tesislerde sistemin maliyeti yaklaşık olarak 0,40 €/m<sup>3</sup> iken, yüksek kapasiteli (>30.000 m<sup>3</sup>/gün) arıtma tesislerinde birim maliyet yaklaşık olarak 0,16 €/m<sup>3</sup> değerine düşmektedir (Abegglen, 2009). Mathan, ve diğerlerinin (2012) çalışmasına göre ise, sistemin kömür yatağı haricinde ilk yatırım maliyetlerinin düşük olduğu söylenebilmektedir. İşletme maliyetleri de diğer kaynağı destekler nitelikte kullanılan kömür tipi ve dozajına göre değişkenlik göstermekte olup, 0,1-1.0 €/m<sup>3</sup> aralığında değiştiği belirtilmektedir. Aktif karbonların birim maliyetleri ise 1-5 €/kg aralığındadır (Mathan, ve diğerleri, 2012). Tribütül kalay bileşiklerinin koagülasyon, flokülasyon, çökeltme ve aktif karbon adsorpsiyonu ile arıtılmasındaki işletme maliyeti ise 2,5 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir (Mathan, ve diğerleri, 2012).

İleri arıtma alternatifi tehlikeli maddeleri gidermek için Avrupa ülkeleri bazında değerlendirilen bir yaklaşımdır. Pilke ve diğerlerinin (2012) yaptığı çalışmaya göre, bu amaçla mevcut durumdaki kentsel atıksu arıtma tesislerine, ozonlama ve aktif karbon proseslerinin entegrasyonu mümkündür. Yapılan çalışmadan kentsel atıksu arıtma tesislerinin toplam debisi, tehlikeli madde konsantrasyonları, arıtma için gerekli ozonlama ve aktif karbon miktarına göre maliyetler belirlenmiştir. Baltık Denizi Bölgesi için yapılan çalışmada yıllık kişi başı birim maliyetlerin 5-20 €/kişi.yıl aralığında değiştiği belirtilmektedir. Kapsamdaki 195 kentsel atıksu arıtma tesisi, yaklaşık olarak 41.3 milyon kişiye hizmet etmekte olup, tahmin edilen yıllık maliyet 200-825 milyon € olarak verilmiştir.

İsviçre'de yapılan başka bir çalışmada tehlikeli maddelerin kontrolü için mevcut durumda biyolojik arıtma yapan tesislere ozonlama ve toz aktif karbon uygulanması değerlendirilmiştir (Schärer, Sieber, & Müller, 2013). Büyük ölçekte yapılan denemelerle olumlu sonuçlar alınmıştır. Yapılan ön fayda-maliyet analizine göre 700 AAT'den 100'ü geliştirme kapsamında değerlendirilmiştir. İlk yatırım maliyetini de içeren maliyet tahmini 1 milyar €'dur (CHF 1,2 milyar). Çalışmaya göre, mevcut durumdaki tesislerde yapılan iyileştirmeler büyük kapasitelerde %5-10, küçük kapasitelerde ise %15-25 ek maliyete neden olmaktadır.

#### **2.4.2.5 Anaerobik arıtma**

Sürekli ve yarı-sürekli (soğuk bekletme yöntemi-cold pad batch) boyama ve baskı patları yüksek konsantrasyonlarda boyar madde içermektedir. Söz konusu arıtma

yöntemi ile artık boyar madde içeren dolgu sıvılarının ve baskı patlarının anaerobik giderimi araştırılmıştır (Mathan, ve diğerleri, 2012). Bu sistemin uygulanabilmesi için öncelikle boyama ve baskı proseslerinden gelen baskı patlarının azaltılması gereklidir. Bunun için temiz üretim tekniklerinden proses iyileştirilmesinin ve yeni teknoloji kullanma tekniklerinin bu sistem ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Bu sistem ile boyar madde içeren dolgu sıvıları ve baskı patlarının anaerobik gideriminin tercihen kofermantasyon yöntemi ile yapılabileceği belirtilmektedir. Böylece birincil çamur ve fazla çamur arıtımı da birlikte yapılmaktadır. Bu yüzden sistem tekil tesisler için uygun olmayabilir.

Sistem çevresel yararlar açısından değerlendirildiğinde en iyi faydası %90 oranında renk giderimi sağlamasıdır. Ayrıca, biyopolimerlerin bozunması ile sistemde biogaz üretimi de gerçekleşmektedir. Uygulanabilirlik açısından değerlendirme yapıldığında sistemin mevcut veya yeni kurulan tesislerde uygulanabilmesi mümkün olup, sistem azo boyar maddeler üzerine yoğunlaşmaktadır. Sistemin işletme maliyetleri ise; 30-110 €/ton dolgu sıvı veya baskı patı aralığında değişmektedir.

## **2.5 Maliyet Kavramı ve Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Skorlanması**

Su kütleleri üzerindeki etkilerin azaltılması adına baskılar için entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin seçimi ve uygulanabilmesi için alternatiflere ait karşılaştırma çalışmasının yapılması gereklidir. Söz konusu karşılaştırmanın yapılması için de alternatiflerin etkinliklerinin (giderim oranlarının) yanı sıra maliyetlerinin de belirlenmesi ve alternatiflerinin çeşitli hususlar birleştirilerek değerlendirilmesi gereklidir.

Yapılan çalışmalarda, çevre ve ekonomi ilişkisini kavrayabilmek adına öncelikle belli ekonomik kavramların çevre üzerinden yorumunun yapılması gerektiği belirtilmektedir. Çevre hizmetlerinin maliyeti ve dışsallıklar, bu çerçevede çevre ekonomisinde önemli yere sahip kavramlardır. Maliyet, üretim veya tüketim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için ödenmesi gereken bedel olup, dışsallık bir ekonomik faaliyeti dolaylı olarak olumlu veya olumsuz yönden etkileyen bir başka faaliyet olarak tanımlanmaktadır (Kalemci, 2015). Söz konusu entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin karşılaştırılmasının yapılması için çevresel hizmetlerin maliyeti altında değerlendirilen doğrudan ekonomik maliyet bileşeni önem

kazanmaktadır. Doğrudan ekonomik maliyet, çevre hizmetlerinin inşaat ve işletme aşamalarında ortaya çıkan maliyet olarak tanımlanmaktadır ve su yönetimi açısından bakıldığında su şebekesinin veya atıksu arıtma tesislerinin bakım ve işletme bedelleri, amortisman, inşaat yatırım maliyetleri ve gelecek dönemde planlanan şebeke yatırımlarına ilişkin maliyet kalemlerinin tamamını kapsamaktadır (Kalemci, 2015).

Avrupa ülkelerinde öncelikli maddelerin entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmalarda çeşitli bileşenlerin birlikte değerlendirildiği görülmektedir. Teknik yapılabilirlik, teknik etkinlik, SÇD' nin hedeflerine ulaşabilme olasılığı, işletme maliyetleri, ilk yatırım maliyetleri, tedarik zincirine etkisi, istihdama etkisi, yüzeysel sudan içme suyu elde edilmesine etkisi ve uygulama süreci bileşenleri ScorePP projesi kapsamındaki bir raporda (Lecloux, 2010) değerlendirilmiştir. Söz konusu bileşenlere ait detaylı açıklamalar aşağıdaki verilmektedir (Lecloux, 2010).

- Teknik fizibilite: 1 puan: mevcut durumda fizibil teknoloji, 2 puan: fizibil olabilir ya da 10 yıldan daha kısa bir sürede uygulanabilir teknoloji, 3 puan: fizibil olmayan bir teknoloji
- Teknik Etkinlik: 1 puan deşarjlarda önemli bir azalmaya sebep olan bir teknoloji, 2 puan: deşarjlarda azalmaya sebep olan bir teknoloji, 3 puan: deşarjlarda düşük azalmaya sebep olan bir teknoloji
- SÇD'nin Hedeflerine Ulaşabilme Olasılığı: 1 puan: yüksek olasılık-alıcı ortamlarda ÇKS'nin altında konsantrasyon sağlayan teknoloji, 2 puan: ort olasılık, 3 puan: SÇD hedeflerini aşma olasılığı olan teknoloji
- İşletme Maliyetleri: 1 puan: ek bir işletme maliyeti gereksinimi bulunmayan teknoloji, 2 puan: limitli ek işletme maliyeti bulunan teknoloji, 3 puan: işletme maliyetlerini çok arttıran teknoloji
- İlk Yatırım Maliyetleri: 1 puan: ilk yatırım maliyetine ihtiyaç duyulmayan teknoloji, 2 puan: amorte edilme süresi ile karşılaştırıldığında ilk yatırım maliyeti düşük olan teknoloji, 3 puan: amorte edilme süresi ile karşılaştırıldığında ilk yatırım maliyeti yüksek olan teknoloji



- Tedarik Zincirine Etkisi: 1 puan: son kullanıcıların etkilenmediği teknoloji, 2 puan: son kullanıcılar teknolojinin kullanımına adaptasyon ihtiyacı duyuyor, 3 puan: kullanımı engellenmiş teknoloji
- İstihdama Etkisi: 1 puan: öngörülere göre istihdamı arttırıcı teknoloji, 2 puan: istihdama göz ardı edilebilir veya limitli negatif etkisi olan teknoloji, 3 puan: istihdama önemli negatif etkisi olan teknoloji
- Yüzeysel Sudan İçme Suyu Elde Edilmesine Etkisi: 1 puan: içme suyu arıtma tesisi (İAT) için pozitif etkili teknoloji, 2 puan: İAT için limitli pozitif etkili teknoloji, 3 puan: İAT için etkili olmayan bir teknoloji
- Uygulama Süreci: 1 puan: kısa sürede uygulanabilir bir teknoloji, 2 puan: uygulama için 2-3 yılın gerekli olduğu bir teknoloji, 3 puan: uygulama için uzun zaman gerekli teknoloji

Aynı proje kapsamında oluşturulmuş örnek olaylar içeren başka bir çalışma raporuna göre ise; teknik fizibilite, teknik etkinlik, finansal değerlendirme ve çevresel etki bileşenleri değerlendirilmiştir (Seriki, ve diğerleri, 2010). Bu bileşenlere ait detaylar aşağıda verilmektedir.

- Teknik fizibilite: 1 puan: belirtilen öncelikli madde için teknoloji bilinmiyor, 2 puan: belirtilen öncelikli madde için teknoloji gelişme aşamasında, 3 puan: belirtilen öncelikli madde için teknoloji mevcut
- Teknik Etkinlik: 1 puan: <%70 giderim verimi, 2 puan: %70< <%90 giderim verimi, 3 puan: >%90 giderim verimi
- Finansal Değerlendirme: İlk yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini içeren skorlama ölçütleri Çizelge 2.6 ile verilmektedir.

Söz konusu projede partner ülkeler; Danimarka, İngiltere, Belçika, Fransa, Slovenya, İsveç, İspanya ve Kanada'dır. Proje iş paketleri içerisinde İsveç, Fransa, Çek Cumhuriyeti, Kanada ve İspanya vaka ülkeleri olarak belirlenmiş olup, bu ülkeler üzerinden örnek çalışmalar yapılmıştır. Bu bileşenlerin yapılan çalışmanın niteliğine göre azaltılabileceği belirtilmektedir. Böylece, proje geneli için belirlenmiş olan fizibilite bileşenleri örnek çalışmalar üzerinde daraltılmıştır. Örneğin, İsveç için yapılmış bir örnek çalışmada teknik yapılabilirlik, teknik etkinlik, finansal değerlendirme ve çevresel etki olarak dört bileşen belirlenmiş

olup, mevcut alternatifler bu bileşenler üzerinden puanlandırılmıştır. Seriki ve diğerlerinin (2010) yaptığı çalışmaya benzer şekilde oluşturulan skora ölçütleri aşağıda Çizelge 2.7 verilmektedir (Wickman, Pettersson, & Jamrot, 2010).

**Çizelge 2.6 :** Boru sonu teknolojiler için yapılan finansal değerlendirmeye ait skorlar.

	Skor	Endüstriyel Arıtma Maliyetleri (€/m <sup>3</sup> )
İlk Yatırım Maliyetleri	1	>1,0
	2	>0,1-1,0
	3	<0,1
İşletme ve Bakım Maliyetleri	1	>2,0
	2	>0,2-2,0
	3	<0,2

**Çizelge 2.7 :** Skora stratejilerine ait kriterler.

	Skora		
	1	2	3
Teknik fizibilite	Teknoloji mevcut değil	Teknoloji gelişme aşamasında	Teknoloji mevcut
Teknik etkinlik	<%70	%70<<%85	>%85
Finansal değerlendirme	>1 milyon €	5000<<1 milyon €	<5000 €
Çevresel Etki	Deşarjın önemsiz miktarda azalması	Deşarjın azalması	Deşarjın önemli miktarda azalması
Daha fazla kriter eklenebilir	Mevcut durumda yeterli bilgi varsa skora kriterleri hassaslaştırılabilir.		

Konu ile ilgili bir başka kapsamlı çalışma ise, Baltık Denizi çevresindeki ülkelerin (Finlandiya, Danimarka, Estonya, Almanya, Letonya, Litvanya, Polonya ve İsveç) öncelikli maddeler içerisinde Baltık Denizi Eylem Planı ile belirlenmiş 11 kirleticiye yönelik entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin değerlendirilerek maliyet-etkinlik analizlerinin yapılmasını kapsamaktadır (Mathan, ve diğerleri, 2012). Söz konusu metodoloji, ScorePP projesine benzer şekilde; etkinlik, maliyet, teknik yapılabilirlik, ikincil sosyo-ekonomik özellikler, coğrafi ve zaman ölçeği etkileri,

mevzuat açısından uygulanabilirlik bileşenlerini kapsamakta olup, son aşamada maliyet-etkinlik analizinin yapılması ile sonuçlandırılmaktadır. Buradaki maliyet ilk yatırım ve işletme maliyelerinin toplamından elde edilen birim maliyettir. Etkinlik ise, öncelikli maddelerin emisyonun yük bazındaki azalma miktarıdır. Bu analizlerde iyi ve kötü senaryo gibi seçeneklere göre maliyet/etkinlik oranları bulunmaktadır. Buradaki kötü senaryo yüksek maliyet ve yükteki düşük azalma miktarı olarak tanımlanırken, iyi senaryo düşük maliyet ve yükteki yüksek azalma miktarı olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu projeye göre; maliyet-etkinlik analizinin yapılabilmesi ve alternatiflerin için karşılaştırılabilmesi için önemli ön koşulların sağlanması gerekmektedir. Bu koşullar; önerilen önlemlerin aynı çıktı veya faydayı vermesi, doğrudan ve dolaylı diğer bir deyişle çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerin tümünün dikkate alınmasıdır. Gerçekte, bu ön koşulların veri azlığı sebebi ile nadiren gerçekleşebildiği belirtilmektedir. Analizin sağlıklı bir şekilde sonuç verebilmesi için geniş kapsamlı yaşam döngüsü analizlerinin (Life Cycle Assessment-LCA) ve yaşam döngüsü maliyetlerinin (Life Cycle Cost-LCC) çalışılması gereklidir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Bu çalışmaya göre oluşturulan skorlama sistematığı ise Çizelge 2.8 ile verilmektedir.

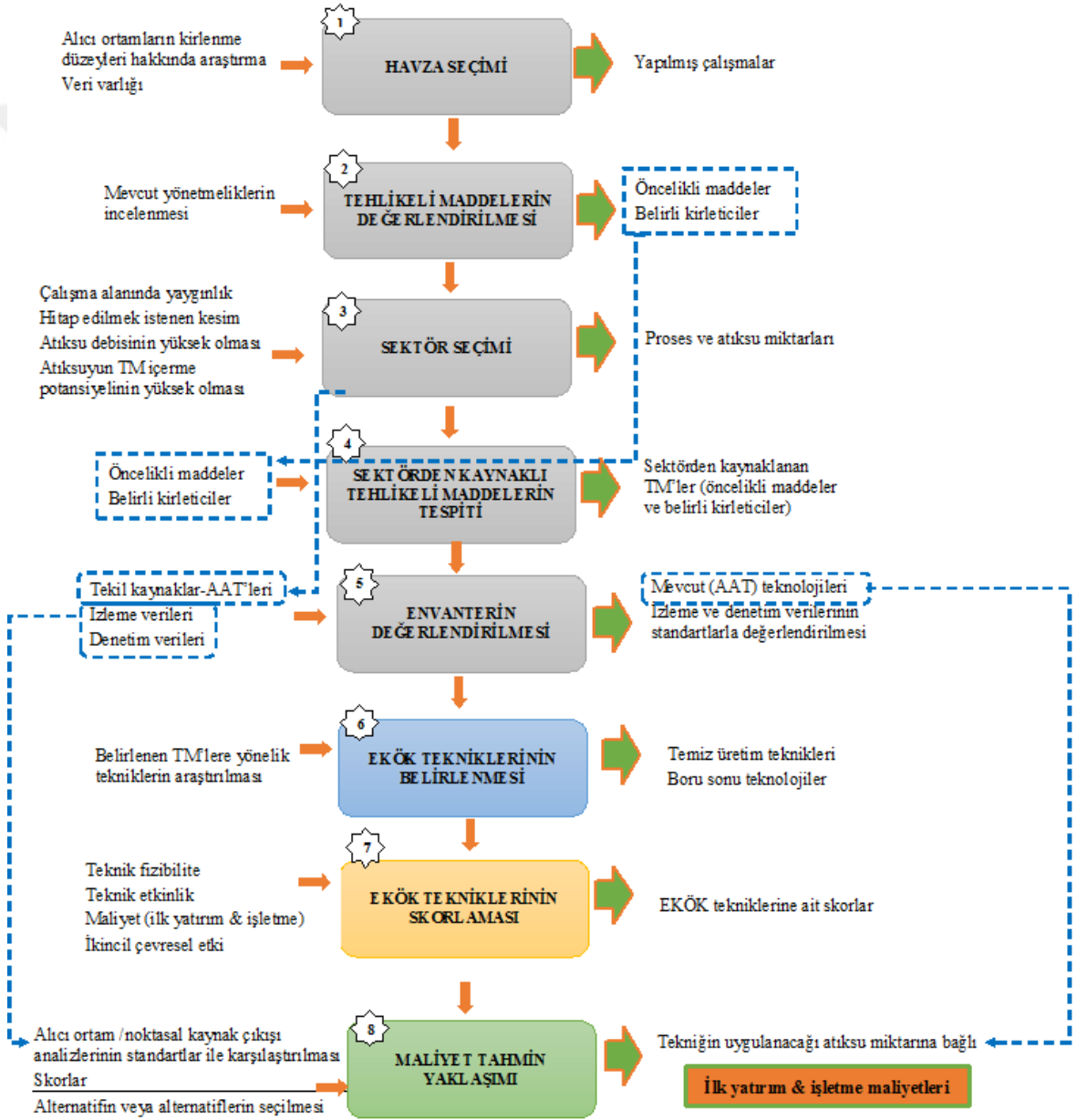
Bu bölümde verilen literatür bilgileri entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin karşılaştırılmasına yönelik olup, tehlikeli maddelerin değerlendirilmesi ve sektör seçimi sonrasında alternatiflere göre maliyet tahmininin yapılması için literatür bilgileri Bölüm 2.4 ile verilmektedir.

**Çizelge 2.8 : Skorlama sistematığı.**

	Skorlama		
	+	++	+++
Etkinlik	Limitli etkinlik	Kısmi etkinlik	Tatmin edici etkinlik
Maliyet	Çok yüksek maliyet	Ortalama maliyet	Düşük maliyet
İkincil çevresel etki	Negatif çevresel etki	Pozitif çevresel etki	Birçok pozitif çevresel etki
Yapılabilirlik	Teknoloji mevcut değil	Pilot ölçekli tesisler	Gelişmiş ve mevcut teknoloji
İkincil sosyo-ekonomik etkiler	Negatif sosyo-ekonomik etki	Pozitif sosyo-ekonomik etki	Birçok pozitif sosyo-ekonomik etki
Coğrafi ve zaman ölçeği etkileri	Gerçekleştirilme süresi >>10 yıl	Gerçekleştirilme süresi 3-10 yıl	Gerçekleştirilme süresi 1-3 yıl
Politik açıdan uygulanabilirlik	Güçlü bir siyasi muhalefetin beklenmesi	Siyasi muhalefetin beklenmesi	Siyasi desteğin beklenmesi
Maliyet-etkinlik analizi	Deşarj azaltımındaki birim maliyetin yüksek olması	Deşarj azaltımındaki birim maliyetin orta ve yüksek seviye arasında olması	Deşarj azaltımındaki birim maliyetin düşük olması

### 3. ÇALIŞMA METODOLOJİSİ

Bu bölümde uygulanan yöntemin esasları hakkında bilgi verilerek genel yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım Şekil 3.1 ile özetlenmiş olup, metodolojiye ait detaylar aşağıdaki bölümlerde verilmektedir.



Şekil 3.1 : Çalışma metodolojisi.

### **3.1 Havza Seçimi**

Tehlikeli maddelerin kontrolünün maliyetinin tahminine ilişkin yaklaşımda ilk adım havza seçimidir. Çalışma alanını seçimi olarak da tanımlanabilecek olan bu adım kapsamında çalışma alanı ihtiyaca göre Bölüm 2.4 verilen literatür bilgilerine dayanarak havza veya alt havza yerine bölge (şehir) veya deniz olarak belirleyen çalışmalar mevcuttur. Havza bazlı yönetime geçilmesi çalışmalarını destekler nitelikte, Türkiye'ye özgü olarak belirlenen yol haritasında bu seçimin havza bazında olması tercih edilmiştir.

Yapılan seçimde havza için çeşitli baskılar sonucu kirlenme şeklinde görülen etkilerin önemli düzeylere ulaşmış olması önemli bir seçim kriteridir. Havza seçiminde veri varlığı da dikkate alınması gereken bir diğer husustur. Çalışma havzası seçimi yapılırken, çalışma alanına ait genel bilgilerin toplanması ve çalışma alan özeline ilişkin yapılmış çalışmaların irdelenmesi gereklidir. Bu adımda yapılan incelemeler ile havzanın tanınması sağlanmaktadır.

### **3.2 Tehlikeli Maddelerin Değerlendirilmesi**

Çalışma havzası seçimi ardından tehlikeli maddelerin değerlendirilmesi adımına geçilmektedir. Tehlikeli maddeler, Su Çerçeve Direktifi (SÇD) ile belirlenmiş öncelikli maddeleri ve SÇD yükümlülükleri gereğince ülkelerin tanımlamakla zorunlu oldukları belirli kirleticileri içermektedir. Bölüm 2.4 verilen literatür bilgilerine dayanarak tehlikeli maddeleri değerlendirerek çalışma kapsamına alan örnek çalışmalarda sadece öncelikli maddeleri (Mikkelsen, ve diğerleri, 2010), çalışma alanı için çok önemli olan tek bir kirleticiyi (L. C. de Cerreño, Panero, & Boehme, 2002) veya öncelikli maddeler içerisinde eylem planları ile eleme yapılarak belirlenmiş öncelikli maddeleri (Mathan, ve diğerleri, 2012) çalışma kapsamında incelemiş kaynaklar bulunmaktadır.

Tehlikeli maddelerin değerlendirilmesi adımında mevcut yönetmeliklerin incelenmesi gerekmektedir. Türkiye, AB çevre müktesabatının uyumlaştırılması yükümlülüğü ile SÇD ile belirlenen öncelikli maddelerin deşarjlarının azaltılması veya durdurulması kararına uymak ve yine SÇD uyarınca, belirli kirleticilerini tespit etmek zorundadır. Ancak, Türkiye'de henüz tehlikeli maddeleri bu şekilde tanımlayan yönetmelikler bulunmamaktadır. Söz konusu yönetmelikler alıcı ortamlar bazında öncelikli

maddelere ve belirli kirleticilere ait çevresel kalite standartlarını içerecek iken, noktasal deşarjlar bazında öncelikli maddelere ve belirli kirleticilere ait deşarj standartlarını kapsayacaktır. Yönetmeliklerin uygulanabilir olması ve havzada faaliyet gösteren sektörleri korumak adına havza bazında önemli kirleticileri içerecek şekilde oluşturulması düşünülmektedir. Çalışma kapsamında oluşturulan metodolojiye göre; bu adımda, alıcı ortam ve/veya deşarj standartlarını içeren tehlikeli maddelerle ilgili tüm yönetmeliklerin incelenmesi gerekmektedir.

### **3.3 Sektör Seçimi**

Havza seçimi ve tehlikeli maddelerin değerlendirilmesi adımı ardından maddelere ait sektörlerin (alıcı ortamlar üzerindeki baskı unsurlarının) araştırılması gerekmektedir. Bu kapsamda sadece kentsel atıksu arıtma tesisleri veya endüstriler özelinde değerlendirme yapıldığı gibi bu kaynakların tümü ve bu kaynaklara ilaveten yüzeysel akış da incelenebilmektedir.

Bu adımda yapılan seçimde belirlenecek tehlikeli madde baskı unsurunun çalışma alanında yaygın olması en önemli husustur. Söz konusu seçim yapılırken yapılan çalışmanın amacı da göz önünde bulundurularak, çalışmanın hitap edeceği kitleye göre değerlendirme yapılmalıdır. Örneğin yapılan seçimlerin endüstriler özelinde olması durumda havza yönetimi ile ilgili kurum ve kuruluşlara ek olarak endüstrilere hitap edecek bir çalışma hedeflenmiştir. Seçilen sektör/sektörlerin atıksu debisinin yüksek olmasının yanı sıra atıksuyunun tehlikeli madde içerme potansiyelinin yüksek olması beklenmektedir. Çalışmanın bu adımında, seçilen sektöre/sektörlere ait proses ve atıksu miktarları verilerinin araştırılması gerekmektedir.

### **3.4 Sektörden Kaynaklı Tehlikeli Maddelerin Tespiti**

Seçilen havza için tehlikeli maddelerin değerlendirilmesi adımı ardından sektör seçiminin de yapılması ile sektörden kaynaklı tehlikeli maddelerin tespitine yönelik olarak bir eleme yapılması gerekmektedir. Sektörden kaynaklı tehlikeli maddelerin (öncelikli maddeleri ve belirli kirleticileri içerecek şekilde) tespiti için mevcut yönetmeliklerce belirlenmiş sektörlere ait deşarj standartları kullanılmalıdır.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüş iki büyük proje kapsamında su ortamında olması muhtemel noktasal

kaynaklı tehlikeli madde ve madde grupları belirlenmiştir. 2011-2013 yılları arasında yürütülmüş olan “Tehlikeli Madde Kirliliğinin Kontrolüne İlişkin Proje (2013)” ile evsel ve endüstriyel atıksularda bulunması muhtemel tehlikeli maddeler tespit edilmiştir. “Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi (2014)” ise, 2012-2014 yılları arasında yürütülmüş olup, kıyı ve geçiş suları için risk teşkil eden tehlikeli madde ve madde grupları üzerine çalışmalar yapılmıştır. Söz konusu projeler ile sektörlerden kaynaklanan tehlikeli maddeler tespit edilmiş olup, bu tespitler henüz mevzuata yansımamıştır.

Bu adım kapsamında, henüz nihai hale gelmeyen ve mevzuata yansımamış olan tespitlerin olması durumunda ilgili kurum ve kuruluşlardan veri temini önerilmektedir. Yapılan çalışma literatür verileri ile de desteklenebilir. Şekil 3.1 ile de verildiği gibi, ikinci adımın çıktısı olan öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler listesi, bu adımda kapsam olarak kullanılmaktadır. Sektör/sektörlere ait tehlikeli maddelerin bu kapsam ile kesiştirilmesi sonucunda bu adımın çıktısı sektörden/sektörlerden kaynaklanan tehlikeli maddeler listesi olmaktadır.

### **3.5 Envanterin Değerlendirilmesi**

İlk dört adımda yapılan seçim ve tespitler sonucunda çalışma havzasına ait envanterin değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışmanın üçüncü adımında sektör seçimi olarak belirtilen baskı kaynakları bu aşamada detaylandırılarak tekil kaynaklar ve AAT’leri olarak verilmektedir. Tekil kaynaklar ve AAT’lerin sahip oldukları teknolojiler de bu adım kapsamında değerlendirilmektedir. Böylece, seçilen sektörde faaliyet gösteren tekil kaynaklara ilişkin eksiklikler tespit edilmekte ve maliyet tahmini yapılırken buradaki tespitler kullanılmaktadır.

Bu aşamada değerlendirilen veriler içerisinde alıcı ortam analizlerine ait izleme ve/veya tekil kaynak AAT’lerinin analizlerine ait denetim verileri bulunmaktadır. İzleme ve denetim verileri uygun standartlarla karşılaştırılarak mevcut durumun ortaya konulması hedeflenmektedir.

### **3.6 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Belirlenmesi**

Sektörden kaynaklı tehlikeli maddelerin tespiti adımı çıktısı olan tehlikeli maddeler listesi baz alınarak, bu maddelere yönelik entegre kirlilik önleme ve kontrol teknikleri



araştırılmaktadır. Entegre kirlilik önleme ve kontrol teknikleri adımı; temiz üretim teknikleri (ham madde ikamesi, yeni teknoloji, geri kazanım vb.) ve boru sonu teknolojilere ait değerlendirmeler içermektedir. Bu adımda söz konusu tehlikeli maddelerin önlenmesi ve kontrolüne yönelik olarak yapılan literatür çalışmalarının derlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, yapılan literatür araştırması, tekniğe ait genel bilgileri, giderim verimini, maliyetini vb. konular hakkında bilgi sunan örnek olay çalışmalarını içermektedir. Oluşturulan içerik bir sonraki adımda yapılacak karşılaştırma yöntemi için altlık teşkil etmektedir.

### 3.7 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Skorlanması

Bu adımın amacı, belirlenen entegre kirlilik önleme ve kontrol teknikleri ile ilgili derlenen verileri bir değerlendirme sistemi üzerinden incelenmesini sağlamaktır. Bu amaçla, söz konusu entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerini karşılaştırmak için bir skorlama sistemi kullanılmıştır. Kullanılan bu skorlama sistemi literatürden derlenen yöntemler dikkate alınarak oluşturulmuştur. Skorlama sistemi değerlendirme bileşenleri teknik fizibilite, teknik etkinlik, maliyet (ilk yatırım ve işletme maliyetleri) ve ikincil çevresel etkidir. Çalışma kapsamında kullanılan skorlama sistemi Çizelge 3.1 ile verilmektedir.

**Çizelge 3.1 :** Entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin değerlendirme sistemi.

Skor	Teknik <sup>(1)</sup> Fizibilite	Teknik <sup>(1)</sup> Etkinlik	İlk Yatırım <sup>(2)</sup> Maliyeti	İşletme <sup>(2)</sup> Maliyeti	İkincil <sup>(3)</sup> Çevresel Etki
1	Teknoloji mevcut değil	Giderim verimi <%70	>1,0 €/m <sup>3</sup>	>2,0 €/m <sup>3</sup>	Negatif etki
2	Teknoloji gelişme aşamasında	Giderim verimi >%70 ve <%85	>0,1 €/m <sup>3</sup> ve <1,0 €/m <sup>3</sup>	>0,2 €/m <sup>3</sup> ve <2,0 €/m <sup>3</sup>	Pozitif etki
3	Teknoloji mevcut	Giderim verimi >%85	<0,1 €/m <sup>3</sup>	<0,2 €/m <sup>3</sup>	Birçok pozitif etki

(1) (Wickman, Pettersson, & Jamtrot, 2010)

(2) (Seriki, ve diğerleri, 2010)

(3) (Mathan, ve diğerleri, 2012)

Söz konusu sistematik oluşturulurken Bölüm 2.4 ile verilen bilgilerden faydalanılmıştır. Bu adımda kullanılan skorlama sistemi entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin karşılaştırılması için bir araçtır.

Yapılan karşılaştırmada mevcut olan literatür çalışmaları sebebi ile tehlikeli maddeye ilişkin olarak tek bir entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniği önerilmiş

olabilmektedir. Değerlendirilen teknikler sadece boru sonu teknolojilere yönelik olabilmekle birlikte karşılaştırma kriterine ait verilerin daha güç bulunabileceği temiz üretim teknolojilerini de kapsayabilmektedir. Veri bulunabilirliğinin güç olmasının yanında belirlenen tehlikeli madde kaynağı için denenmiş ve başarı ile sonuçlanmış gerçek ölçekli örnek olayların olmayışı karar vericileri daha çok boru sonu teknolojiler ile tehlikeli madde arıtımına yöneltmektedir.

### **3.8 Maliyet Tahmin Yaklaşımı**

Çalışma kapsamında kullanılan skorlama sistematığı sonuçları bu bölümde değerlendirilmektedir. Skorlama sistemine göre puanlar alan tehlikeli maddelerin ve tekniklerin çeşitli olması beklenmektedir. Bu sebeple, maliyet tahmin yaklaşımı için seçilen sektörden kaynaklı tehlikeli maddelerin önceliklendirilmesi ihtiyacı doğmaktadır. Yapılacak önceliklendirme için beşinci adımda sunulan havzaya ait analiz verilerinin (izleme ve denetim verileri) skorlar ile birlikte irdelenmesi gerekmektedir. Bu noktada, söz konusu analiz verilerinin içeriği önem kazanmaktadır. Seçilen sektörün noktasal kaynak olduğu kabulü ile noktasal kaynakların çıkışına ait analiz sonuçları diğer bir deyişle denetim verileri olması durumunda yapılacak önceliklendirmede deşarj standartları ile karşılaştırma yapılmalıdır. Skorlanan tehlikeli maddelerin mevcut durumda deşarj standardını aşıp aşmama durumuna göre kısa ve uzun vadede yatırım yapılacak teknikler belirlenmelidir.

Ancak bazı durumlarda, noktasal kaynağın çıkışına ait analiz sonuçları ve deşarj standartları bulunmamaktadır. Bu noktada, söz konusu baskıların alıcı ortamdaki etkisini tahmin edebilmek adına alıcı ortam analiz sonuçlarının incelenmesi önerilmektedir. Alıcı ortamlara ait analiz sonuçlarının çevresel kalite standartları ile kıyaslanması gerekmektedir. Mevcut analiz sayısının az veya çok olması yapılan karşılaştırmada değişkenlik yaratmaktadır. Analiz sonuçlarının az olması, uzun dönemli kronik etkiden koruma amaçlı olarak belirlenen yıllık ortalama çevresel kalite standardı (YO-ÇKS) ile karşılaştırma yapmayı engellemektedir. Analizlerin az olması durumunda her bir analiz, müsaade edilebilir maksimum çevresel kalite standardı (MAK-ÇKS) diğer bir deyişle kısa dönemli etkiden koruma amaçlı olarak belirlenen standarda göre kıyaslanır. Analiz sonuçlarının fazla olması durumunda her iki karşılaştırmının yapılması uygundur.

Yapılan karşılaştırmada deşarj standardını veya çevresel kalite standardını aşmama durumunda (özellikle az analiz sonucu var ise) tehlikeli maddelerin önceliklendirilmesi için çeşitli kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktada tehlikeli maddelerin analiz sonuçlarının belirlenen standardı aşmasa bile ölçüm sonuçları için önem taşıyan ifadelerin hangisi dahilinde olduğu önem taşımaktadır. Bu ifadeler aşağıda verilmektedir.

1. Tespit edilemeyen tehlikeli madde
2. Tespit (LOD) ve ölçüm limiti (LOQ) arasında konsantrasyona sahip olan tehlikeli madde
3. Ölçüm limiti üzerinde konsantrasyona sahip olan tehlikeli madde

Ölçüm tekniği ve cihazına bağlı olarak belirlenen ölçüm ve tespit limitleri mevzuata aktarılması için yapılan standart belirleme çalışmalarında ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından göz önüne alınmaktadır. Bu noktadan hareketle söz konusu analiz sonuçlarında tehlikeli maddeler, deşarj standardı veya ÇKS'yi aşmasa bile belirli bir kriterle göre önceliklendirilebilmektedir. Bu kriterler envanter verilerine göre belirlenmelidir. Analiz sonuçlarının en az iki tanesinde tespit limiti üzerinde sonuç veren tehlikeli maddelerin seçimi bu kriterle örnek olarak verilebilir.

Tehlikeli maddelerin ilgili sektör için önceliklendirilmesi tamamlandıktan sonra önceliklendirilen tehlikeli maddelere ait skorlar değerlendirilmektedir. Daha önce sözü edildiği gibi bu aşamada bir tehlikeli madde için birden fazla tekniğin olması beklenirken, tek bir teknik ile değerlendirilen tehlikeli maddeler de olabilmektedir. Burada her tehlikeli maddeyi kendi özelinde değerlendirmenin yanında önceliklendirilmiş tehlikeli maddelerin bütünü de değerlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin önceliklendirilmiş 10 adet tehlikeli maddeden 9 tanesi birbiri ile uyumlu performans gösterebilecek iki teknik ile kontrol edilebiliyor iken, bir tanesi için farklı bir tekniğin yüksek skor alması mümkündür. Bu aşamada her tehlikeli maddeyi tek değerlendirerek, hangisinin standardı daha kritik bir şekilde aştığının irdelenmesi gerekmektedir. Bu adımda seçilen havzada, ilgili sektörden kaynaklı önceliklendirilmiş tehlikeli maddeler için en uygun entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniği seçilmiş olur.

Bu seçimde maliyet-etkinlik analizlerinin rol aldığı durumlar mevcuttur. Maliyet-etkinlik analizinin yapılabilmesi ve alternatiflerin karşılaştırılabilmesi için önemli ön

koşulların sağlanması gerekmektedir. Bu ön koşullar önlemlerin aynı çıktı veya faydayı vermesi, doğrudan ve dolaylı diğer bir deyişle çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerin tümünün dikkate alınmasıdır. Gerçekte, bu ön koşulların veri azlığı sebebi ile nadiren gerçekleştirildiği belirtilmektedir. Ayrıca, analizin sağlıklı bir şekilde sonuç verebilmesi için geniş kapsamlı yaşam döngüsü analizlerinin (Life Cycle Assessment-LCA) ve yaşam döngüsü maliyetlerinin (Life Cycle Cost-LCC) çalışılmasına gerek olduğu bilinmektedir.

Alternatifin/alternatiflerin seçimi dışında maliyet tahmin yaklaşımının bir diğer bileşeni, beşinci adım çıktısı olan tekil kaynakların ve/veya AAT'lerin mevcut teknolojileridir. Tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin seçilen alternatif/alternatifler tekil kaynakların mevcut durumu ile karşılaştırılarak ihtiyaçlar analiz edilmektedir. Burada eksik olan teknolojiler tespit edildiği gibi, yeni uygulanacak teknolojilerin kapasitesinin ne olacağı bilgileri de verilmektedir. Maliyet tahmini yapılırken seçilen tekniğin, noktasal kaynaktan çıkan tüm atıksuya uygulanıp uygulanmaması maliyeti etkileyecek faktörler arasında yer almaktadır. Kapasite belirleme kapsamında, tehlikeli maddelere ait AAT çıkış konsantrasyonu ve deşarj standardı mevcut ise, AAT'de yapılacak paçallama denemeleri ile maliyeti azaltıcı yönde daha az debinin yeni önerilen teknolojiye dahil olması sağlanabilir. Örnek olarak iki adet akımın birleştirilerek çıkış konsantrasyonunu oluşturduğu hesaplama aşağıda verilmektedir.

$$\frac{C_1 \times Q_1 + C_2 \times Q_2}{Q_1 + Q_2} = C_{\text{çıkış}} < \text{deşarj standardı}$$

C<sub>1</sub>: Birinci hat çıkışı konsantrasyon

Q<sub>1</sub>: Birinci hat çıkışı debisi

C<sub>2</sub>: İkinci hat çıkışı konsantrasyon

Q<sub>2</sub>: İkinci hat çıkışı debisi

C<sub>çıkış</sub> : AAT çıkış konsantrasyonu

Hesaplamaya göre seçilen boru sonu teknolojinin maliyetinin atıksu miktarına bağlı oluşu göz önünde bulundurularak paçallama oranının optimum olması hedeflenmektedir.

Eğer analiz sonuçları alıcı ortama ait ise, söz konusu değerlendirmenin yapılması için ilgili alıcı ortama yapılan tüm baskılar (debi ve tehlikeli maddelere ait

konsantrasyonlar) ve alıcı ortamın akış debisi bilinmelidir. Burada da analiz sonuçlarının her bir baskı kaynağı için mevcut ve yeterli olması gerekmektedir. ÇKS dikkate alınarak yapılacak hesaplama ise aşağıda verilmektedir.

$$\frac{C_1 \times Q_1 + C_2 \times Q_2 + C_3 \times Q_3 + \dots + C_n \times Q_n}{Q_{\text{alıcı ortam}}} = C < \text{ÇKS}$$

C<sub>1</sub>: Birinci baskı konsantrasyonu

Q<sub>1</sub>: Birinci baskı debisi

C<sub>2</sub>: İkinci baskı konsantrasyonu

Q<sub>2</sub>: İkinci baskı debisi

C<sub>n</sub>: n. baskı konsantrasyonu

Q<sub>n</sub>: n. baskı debisi

C: Alıcı ortam konsantrasyonu

Q<sub>alıcı ortam</sub>: Alıcı ortam debisi

Deşarj standartlarına ve ÇKS'lere göre yapılacak karşılaştırmalar için koşullar sağlanamadığı takdirde çeşitli kabuller yapılarak bir yaklaşım geliştirilmelidir. Örneğin baskılara ait tehlikeli madde çıkış konsantrasyonunun deşarj standardının 1,5 katı olduğu ve önerilen teknik ile belirlenen tehlikeli madde için %95 oranında giderim veriminin sağlandığı bir örnekte baskıya ait debinin %50'sinin paçalanması uygun olacaktır.

İhtiyaç analizi sonrasında, maliyet tahmininde, benzer projelerin maliyet verilerine dayalı tahmin yöntemi (literatür), ortalama birim maliyetlere dayalı tahmin yöntemi veya fonksiyonel elemanların ortalama miktar-birim fiyatlarını dikkate alan tahmin yöntemi (teklif) vb. kullanılabilir. Ayrıca söz konusu yöntemlerin birlikte değerlendirilmesi de mümkündür.

Geliştirilen yaklaşım ile tehlikeli maddelerin kontrolünün maliyetinin tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Söz konusu maliyet sadece tehlikeli maddelerin arıtılma maliyetlerini içermektedir. Havza yönetimi konusunda karar verici kurum-kuruluşların ve endüstrilerin izleme, laboratuvar, yönetim, denetim vb. maliyet kalemleri geliştirilen yaklaşım kapsamının dışındadır.

Geliştirilen yaklaşım sonucunda seçilen havzada, seçilen sektörden/sektörlerden kaynaklı tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin toplam maliyet tahmini yer almaktadır. Maliyet tahminin, yapılan ihtiyaç analizine göre tekniğin kapasitesine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği unutulmamalıdır.



## **4. BİR ÖRNEK ÇALIŞMA: NİLÜFER ÇAYI ALT HAVZASI**

### **4.1 Havza Seçimi**

Su yönetimi ülke ölçeğinde merkezi olarak planlanmakta iken, bölge ve havza ölçeğinde uygulamalara ihtiyaç duymaktadır. Çalışma kapsamında oluşturulmuş metodolojiye göre, Türkiye'ye özgü olarak belirlenen yol haritasında seçimin havza bazında olması tercih edilmiştir. Mevcut durumda yapılan planlamalar da havza bazlı yönetime geçileceğinin göstergesidir.

Türkiye'de de pek çok su havzasında kirlenme önemli boyutlara ulaşmıştır. Ergene, Meriç, Simav (Susurluk) ve kolu olan Nilüfer, Gediz, Küçük ve Büyük Menderes, Sakarya ve kolları olan Porsuk, Ankara ve Çark Suyu özellikle endüstriyel atıksu deşarjları ile kirlenmiş yüzey suları arasında önde gelmektedir (Tanık & diğ, 2008). Bölgedeki kirlenmenin yukarıdaki paragrafta ve diğer çeşitli kaynaklarca (Bölüm 4.1.2 ) önemli düzeyde olduğunun vurgulanması dikkate alınarak, çalışma havzası “Nilüfer Çayı Alt Havzası” olarak belirlenmiştir. Havza seçiminde veri varlığı da dikkate alınan bir diğer husustur.

Aşağıdaki bölümlerde Susurluk Havzası ve Nilüfer Çayı Alt Havzası hakkında genel bilgiler ve havza seçimi için yapılan literatür taramalarına yer verilmiştir.

#### **4.1.1 Susurluk Havzası/Nilüfer Çayı Alt Havzası genel bilgileri**

Havza, bir akarsu tarafından parçalanmış, kendine has doğal kaynakları bünyesinde barındıran, etrafı dağ ve tepelerle çevrili, suları aynı denize, ırmağa veya göle akan belirli büyüklükte bir arazi parçasıdır. Sularını denizlere kadar ulaştıramayıp kuruyan veya göle dökülüp kalan havzalara ise kapalı havza denir. Kapalı havzaların oluşmasında; yer şekillerinin oluşumu ve iklim etkilidir. Kapalı havzalar genellikle iç kesimlerde, kurak iklim bölgelerinde görülür. Türkiye'deki 25 akarsu havzasından Burdur, Akarçay, Konya Kapalı ve Van Gölü havzaları olmak üzere 4 tane kapalı havza bulunmaktadır. Sularını denizlere kadar ulaştırabilen havzalara ise açık havza





- Uluabat Gölü Alt Havzası: Türkiye ekosisteminde önemli bir yere sahip Uluabat Gölü alt havza sınırları içerisinde yer almakta olup, Mustafakemalpaşa Çayı ile beslenmektedir. Göl, Bursa ili Karacabey ilçesinde Susurluk Çayı ve Manyas Gölü çıkış ayağı olan Karadere ile birleşerek Marmara Denizi'ne dökülmektedir.
- Simav Çayı Alt Havzası: Susurluk Havzası'nı oluşturan ana nehir kolu Kütahya ili Simav ilçesinden doğup, Sındırgı, Kepsut, Susurluk ve Karacabey ovalarından geçerek Marmara Denizi'ne ulaşan Simav Çayı'na ait alt havzadır.
- Manyas Gölü Alt Havzası: Alt havza, havza sınırları içerisinde yer alan ve Türkiye doğal koruma alanları arasında yer alan göllerden biri olan Manyas Gölü'nü besleyen Kocaçay ve Sığırcı Deresi ile Karadere'den oluşmaktadır.
- Kapıdağ Yarımadası Alt Havzası: Denize kıyısı bulunan Bandırma ile Erdek ilçeleri atıksularının Marmara Denizi'ne ulaştığı alt havzadır.
- Nilüfer Çayı Alt Havzası: Nilüfer Çayı, Bursa'nın Keles ilçesinden doğarak, Uludağ'ın etekleri boyunca uzanan vadi içinde akmakta olup çaya Aksu, Kestel, Deliçay ve Gökdere ile Nazlıdere, Sarpdere ve Kelesen derelerinin sularını tahliye eden kolu ile Ayvalı Dere ile karıştıktan sonra Simav Çayı ile birleşerek Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Nilüfer Çayı, Bursa ilinin en önemli akarsuyu ve Bursa kentinin karakteristiklerinden biri olarak ifade edilmektedir. Susurluk Havzası'nda yer alan hassas bölgelerden biri olan bu çayı endüstriyel, evsel ve tarımsal kirliliğin tehdit ettiği tespit edilmiştir (HKEP, 2010).

Yukarıda doğal oluşumları özelinde diğer bir deyişle alt havza bazında açıklanan Susurluk Havzası Çizelge 4.1 verildiği gibi idari sınırlar ile birlikte değerlendirilmiştir. Havzayı oluşturan illerin sayısı 7 olmasına karşın, 4'ünün havzadaki dağılımı Çizelge 4.1 ile de görüldüğü üzere kayda değer değildir. Havzanın en önemli paydaşı %44 'lük bir katkı ile Balıkesir ilini; sırasıyla Bursa (%30) ve Kütahya (%24) takip etmektedir (OSİB, 2013).

Havza sınırları içerisinde sanayi alanında en gelişmiş il Bursa'dır. İlin bugünkü ekonomik yapısı içerisinde, ülke ekonomisini temsil eder mahiyetteki temel sektörler, en önemli yeri işgal etmektedir. Özellikle, imalat sanayinin Bursa'da hızlı bir gelişme göstermesi; istihdama, üretime, gelir seviyesinin artırılmasına, yeni kapasiteler yaratılmasına, Devlet gelirlerinin vergi yoluyla artırılmasına, ihracat yoluyla döviz

girdisi sağlanmasına, çok önemli katkılar sağlanmaktadır. Bursa ili önemli sanayi kentlerinden birisi olarak başta tekstil olmak üzere birçok alanda faaliyet gösteren sanayi kuruluşları ile Türkiye ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Tekstil sektörü, kayıtlı istihdam açısından en fazla olanak sağlayan sektör olması sebebiyle Bursa ili için büyük önem taşımaktadır. Buna ek olarak il içindeki işletmeler içerisinde oran olarak en fazla paya sahip olduğu sektör olarak tekstil başı çekmektedir (BTSO, 2013). Söz konusu sektör, il sınırları içerisinde farklı üretim kapasiteleri ve genişliklerde toplu şekilde faaliyet göstermektedirler. Bu nedenle, Bursa ilinde sanayileşme daha çok OSB'ler bünyesinde gelişmiş olup sanayiden kaynaklanan atıksu, ortak atıksu arıtma tesislerinde arıtılmaktadır.

**Çizelge 4.1 :** Susurluk Havzası'nda yer alan iller ve havza içerisinde kalan alanlar.

İller	İl Alanının Havzaya Giren Kısmı (%)	Havzanın İllere göre Dağılımı (%)
Bursa	66,26	29,85
Balıkesir	75,08	44,23
Kütahya	50,32	24,12
Manisa	2,08	1,14
Çanakkale	0,80	0,32
Bilecik	0,98	0,17
İzmir	0,37	0,18
TOPLAM	-	100

Yoğun bir nüfusa sahip olan Bursa'nın sınırları içerisinde doğan ve Marmara Denizi'ne dökülen Nilüfer Çayı evsel ve endüstriyel atıksular nedeniyle yoğun olarak kirlenmektedir. Söz konusu çay, boya, deri, tekstil, otomotiv, gıda gibi farklı karakteristiklere sahip birçok endüstriyel atıksu deşarjına/baskıya maruz kalmaktadır. Nilüfer Çayı ile birleşerek Marmara Denizi'ne dökülen Deliçay da akarsuya önemli derecede bir kirlilik yükü getirmektedir. Bursa Ovası'nın önemli bir su kaynağı olan Nilüfer Çayı, ağır metal ve organik maddeler ile kirlenmekte ve bu kirleticiler büyük oranda ovada yerleşmiş sanayi bölgeleri ile evlerden gelen atıkların arıtılmadan çaya aktarılmasından kaynaklanmaktadır (HKEP, 2010). Sucul organizmalar bu kirleticileri bünyelerinde dolaylı veya doğrudan biriktirmektedir (Summak, 2009). Bu durum,

sucul ürünleri tüketen canlılarda da ciddi yan etkilere yol açmaktadır. Susurluk Havzası ve Nilüfer Çayı Alt Havzasına ait haritalar Şekil 4.2 ile verilmektedir.



**Şekil 4.2 :** Susurluk Havzası ve Nilüfer Çayı Alt Havzası haritaları.

Havzadaki su kaynakları barajlar ve göletler vasıtası ile içme suyu ve sanayi suyu temininde ve sulamada kullanılmaktadır. Su kaynaklarından yapılan tahsisler Çizelge 4.2 ile verilmektedir (OSİB, 2016).

**Çizelge 4.2 :** Nilüfer Çayı Alt Havzası'ndaki su kaynaklarından yapılan tahsisler.

Tesis Adı	Sanayi (hm <sup>3</sup> )	Sulama (hm <sup>3</sup> )	İçme Suyu (hm <sup>3</sup> )	Açıklama
Doğancı Barajı	-	-	110	İşletmede
Nilüfer Barajı	-	-	60	İşletmede
Gölbaşı Barajı	-	25	57	İşletmede+Planlama
Demirtaş Barajı	1	8,54	-	İşletmede
Hasanağa Göleti	0,75	2,96	-	İşletmede
Kayapa Göleti	-	4,61	-	İşletmede
Çalı Göleti	-	2,94	-	İşletmede
Çınarcık Barajı	75	-	70	İşletmede+Planlama
Dericiler Göleti	2,44	-	-	İşletmede
Münferit	14,50	-	-	Uluabat HES Kuyruksuyu kanalından
<b>Toplam</b>	<b>93,69</b>	<b>44,05</b>	<b>297,00</b>	

#### 4.1.2 Yapılmış çalışmalar

Susurluk Havzası ve Nilüfer Çayı Alt Havzası özelinde çevre kirliliğinin boyutları ve önlenmesi konularında, birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların hepsinin ortak özelliği mevcut durumu ortaya koyup, bölgedeki çevresel kaynakların akılcı ve bütünsel bir yaklaşımla yönetimlerini sağlayabilmek ve kirliliği önleyebilmek için çeşitli öneriler geliştirmiş olmalarıdır. Bölgeye ilişkin yapılmış çalışmalar aşağıda verilmektedir:

##### Bursa Nilüfer Çayı Suyunun Genotoksik Etkilerinin Balık Mikronukleus Testi ile Değerlendirilmesi (Summak, 2009)

Bu çalışmada, evsel ve sanayi kaynaklı değişik kirleticilerle etkilenen, Nilüfer Çayı'nın bazı istasyonlarında fizikokimyasal parametreler ve bu kirleticilerin olası genotoksik etkilerini İsrail sazanı *Oreochromis niloticus* mikronukleus testiyle belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Nilüfer Çayı'nın ovadaki üç farklı bölgesinden alınan su örneklerinin fizikokimyasal analizlerinde Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn oranlarının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu örnekleme bölgelerinden Buttım istasyonuna birçok dere vasıtasıyla Bursa'nın çeşitli bölgelerinden evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atıklar ulaşmaktadır. Bunlardan özellikle Cilimboz Bölgesi'ndeki deri tabaklama işyerlerinin atıklarını taşımaktadır. Ayrıca Buttım bölgesinde otomotiv yan sanayi ve tekstil fabrikaları yoğun olarak yerleşmiştir. Genel olarak, anılan işyerlerinden, tekstil fabrikalarında pigment ve boya üretiminden kaynaklanan atıksu örneklerinde Cu, Cr, Ni ve Cd'un yüksek oranda bulunduğu daha önceki çalışmalarda belirlenmiştir. Deri tabaklama atölyelerinden de benzer ağır metallerin atıksularla Nilüfer Çayı'na aktarıldığı bilinmektedir. Bursa Ovası'nda bulunan önemli sanayi bölgesinin (Bursa Organize, Nilüfer Organize ve Demirtaş Organize Sanayi Bölgeleri) ve diğer küçük sanayi bölgelerinin (Hasanağa Organize Sanayi) atıkları yeterli arıtıma tabi tutulmadan Nilüfer Çayı'nın yan kolları aracılığıyla ya da özellikle çalışmadaki örnekleme bölgeleri olan Buttım, Çekrice ve B.Balıkli noktalarından doğrudan çaya aktarılmaktadır. Nilüfer Çayı aynı zamanda Bursa Ovası'nda tarımsal faaliyetlerde sulama amaçlı da kullanılmaktadır. Bu sebeple çayın sularıyla yetişen bitkilerin de çaydaki ağır metal ve organik kirlilikten etkilenebileceği belirtilmiştir.

Çalışma sonucunda Bursa Ovası'nın önemli bir su kaynağı olan Nilüfer Çayı'nın, genotoksik kirleticilerle ağır metal ve organik maddeler- kontamine olduğu ve bu kirleticiler büyük oranda ovada yerleşmiş sanayi bölgeleri ve evlerden gelen atıkların arıtılmadan çaya aktarılmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

#### Bursa Şehir Merkezinden Kaynaklanan Atıksular, Arıtılmaları ve Nilüfer Çayı'na Etkileri (Kaynak, 2002)

Bu çalışmada Bursa'daki iki adet (Doğu ve Batı) atıksu arıtma tesislerinin giriş ve çıkışlarından alınan numunelerde ICP (Inductively Coupled Plasma) cihazı ile toplam ve çözülmüş ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında gümüş, alüminyum, arsenik, bor, kadmiyum, toplam krom, bakır, toplam demir, mangan, nikel kurşun, antimon, kalay ve çinko olmak üzere 14 adet ağır metal göz ününe alınmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilerek, tesislerin giderim verimleri, hesaplanmış ve verimi etkileyen faktörler irdelenmiştir. Çalışma sonucunda bu 14 metal için ortalama giderim verimleri %8 ile %65 arasında değiştiği görülmüştür. Anaerobik stabilizasyon havuzlarında başlıca ağır metal giderim mekanizmasının partiküler formdaki metallerin çökmesi ile gerçekleştiği belirlenmiştir. Çalışmada Bursa ili için en önemli su kaynağı olan Nilüfer Çayı'nın mevcut kirlilik düzeyinin ortaya konması amacıyla Ekim 1999- Haziran 2002 arasında 10 noktadan örnekler alınmıştır. Alınan anlık numunelerde pH, çözülmüş oksijen, BOİ, KOİ, toplam demir, Cu, Cd, Zn, CN-, F-, Pb ve T-Cr parametreleri analiz edilmiştir. Analiz Sonuçları SKKY'ne göre değerlendirilmiş ve Nilüfer Çayı su kalitesinin Bursa kent merkezi çıkışında açık bir kanalizasyon niteliğinde olduğu belirlenmiştir.

#### Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Susurluk Havzası (HKEP, 2010)

Projede öncelikle ilgili havzada oluşan kirliliğin önlenmesi, havzanın korunması ve iyileştirilmesi için su kaynakları potansiyeli, noktasal ve yayılı kirletici kaynakları ile mevcut su kalitesini dikkate alarak mevcut durum tespiti yapılmıştır. Havzanın genel durumunun tespiti kapsamında havzanın konumu, coğrafi özellikleri, su kaynakları durumu, meteoroloji bilgileri, tarım, hayvancılık ve sanayi durumu gibi havzayı tanımlayan bilgiler derlenmiş ve bu bilgiler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) enstrümanları kullanılarak haritalandırılmıştır. Havzadaki su kaynaklarının mevcut ve planlanan durumları hakkında bilgiler verilmiş, havzanın su potansiyeli, havzadaki kirlenmiş ortamlar, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı Türkiye'deki durum ile

karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çevresel alt yapı tesisleri olan kentsel, endüstriyel ve katı atık yönetimi alt yapı tesisleri durumları ortaya konmuştur. Su kalitesi sınıflamaları yapılmış ve havzada öne çıkan çevresel sorunlar ve çözüm önerileri belirtilmiştir. Daha sonra kısa, orta ve uzun vadede öncelikli ve teknolojik olarak daha ekonomik ve uygun, sürdürülebilir planlamalar yapılmış, yapılan tüm çalışmalar başta mülga Çevre ve Orman Bakanlığı olmak üzere havzadaki sorumlu kurum ve kuruluşlarla paylaşılmıştır.

### Tehlikeli Madde Kirliliğinin Kontrolüne İlişkin Proje (OSİB, 2013)

Projenin amacı, havza bazında insan faaliyetleri sonucu oluşan tehlikeli madde kirliliğinin tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için ihtiyaç duyulan teknik ve bilimsel altyapının oluşturulmasıdır. Türkiye’deki tüm alıcı su ortamlarında oluşabilecek tehlikeli madde kirliliğinin önlenmesi amacıyla evsel ve endüstriyel atıksularda bulunan tehlikeli maddelerin tespiti, sanayi bazlı “Tehlikeli Madde Envanteri” oluşturulması, çevresel kalite standartlarının türetilmesi, deşarj standartlarının belirlenmesine yönelik uygulamanın geliştirilmesi ve web tabanlı bir “Tehlikeli Madde Bilgi Sistemi’nin (TEMBİS) oluşturulması projenin en önemli çıktılarıdır.

Proje kapsamında, pilot havzalar olan Ergene Havzası, Susurluk Havzası ve Konya Kapalı Havzası sınırları dahilindeki kıyı, geçiş ve yüzeysel suları ve bunlara deşarj eden evsel ve endüstriyel atıksularda bulunan ve/veya bulunması muhtemel tehlikeli maddeler araştırılarak tespit edilmiştir. Türkiye için tehlikeli olabileceği düşünülen kimyasal maddeler, pilot havzalarda sürdürülen izleme faaliyetlerinde, hem alıcı ortamlardan hem de seçilen pilot tesislerin atıksu arıtma tesislerinin giriş ve çıkışlarından alınan numunelerde mevsimsel olarak izlenmiştir.

Alıcı ortamlardan alınan numunelerde gerçekleştirilen analizler sayesinde yüzeysel sulardaki tehlikeli madde konsantrasyonları belirlenebilmiştir. Söz konusu konsantrasyonların, Çevresel Kalite Standartları ile karşılaştırılması sayesinde su kütlesinin durumu tespit edilebilmektedir. Yürütülen izleme programında, her havza için akarsuyun henüz hiç bir antropojenik kirlenme ile kirlenmediği bir referans noktası, nihai su kütlesine dökülmeden hemen önceki noktası ve akarsuyun ana kolları üzerinde numune alma noktaları belirlenmiştir. Bu kapsamda, Susurluk Havzası’nda Nilüfer Çayı-Nilüfer Barajı Memba ve Nilüfer Çayı-Göbelye noktalarını içeren 8 adet alıcı

ortam izleme noktasında analiz yapılmıştır. Belirtilen noktalar, Nilüfer Çayı'ndaki evsel endüstriyel kirlenmeyi izlemek amacıyla seçilmiş olup, Bursa ilinin mansabında yer almaktadır. Proje kapsamında su kütlelerinin mevcut durumunu tespit etme çalışmalarına paralel olarak söz konusu su kütleleri üzerinde tehlikeli madde kirliliği açısından baskı oluşturan noktasal kaynaklar incelenmiştir. Bu kapsamda Susurluk Havzası'nda 15 noktasal kirletici kaynak (OSB'ler, tekil endüstriler, kentsel atıksu arıtma tesisleri vb.) incelenmiştir.

#### Nilüfer Çayı Alt Havzası Su Kalitesi Eylem Planı (OSİB, 2016)

Bursa ilinde yer alan Nilüfer Çayı'nın kalitesinin iyileştirilmesi çalışmaları kapsamında Nilüfer Çayı Alt Havzası Su Kalitesi Eylem Planı 2014 yılı itibariyle uygulamaya konulmuştur.

Söz konusu eylem planında, su kalitesini etkileyen unsurlar bütüncül olarak ele alınmış ve ilgili kurum ve kuruluşlarla koordinasyon içerisinde yürütülecek 15 eylem belirlenmiştir. Bu eylemler aşağıda listelenmektedir:

- ✓ Kanalizasyon ve kollektör hatlarının inşa edilmesi
- ✓ Yağmur suyu kanalları ile atıksu kanallarının ayrılması
- ✓ Kanalizasyon hattının tamamının arıtma tesisine giden hatlara bağlanması ve bu atıksuların arıtılması
- ✓ Müşterek çamur bertaraf tesislerinin kurulması
- ✓ Nüfusu 2000'den büyük yerleşim yerleri için atıksu arıtma tesislerinin yapılması
- ✓ Islah OSB'lerin kurulması
- ✓ Müşterek atıksu arıtma tesislerinin kurulması
- ✓ Deşarj standartlarında kısıtlamaya gidilmesi
- ✓ Sanayi tesislerinin temiz üretim teknolojilerini uygulamaya yönlendirilmesi
- ✓ Bölgedeki sanayileşmenin planlanması
- ✓ Yeraltı suyunun kullanımının azaltılması için sanayiye yerüstü sularından su tahsisi yapılması
- ✓ Denetimlerin sıklaştırılması
- ✓ Tarımsal kirlilik yönetimi
- ✓ Dere ıslahı, taşkın ve sel kontrolü çalışmalarının yapılması
- ✓ Ihlamur-Çınar Vadisinin oluşturulması

## Susurluk Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu-Kış Dönemi (ÇŞB, 2013)

2011 yılı Hükümet Programı ve Orta Vadeli Program (2012-2014) kapsamında “Çevrenin Korunması” önemli ve öncelikli bir politika olarak belirlenmiştir. Söz konusu program kapsamında, çevrenin korunması politikasının desteklenmesi için çevre mevzuatının etkin uygulanması ve ölçüm, izleme, denetim, kontrol ve raporlama altyapısının etkinleştirilmesi önceliklerine yer verilmiştir. Bu doğrultuda; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nca 2013-2017 yılları faaliyetlerini içeren Stratejik Plan hazırlanmış olup Hedef 2.14’de alıcı ortam izleme faaliyetleri yer almaktadır. Ayrıca, 644 sayılı (648 sayılı değişiklikle) KHK gereği alıcı ortamları izlemek, buna ilişkin altyapıyı oluşturmak gerekmektedir.

Bu kapsamda Laboratuvar Ölçüm ve İzleme Daire Başkanlığı’nca 2012 yılında Eysel ve Endüstriyel Kirlilik İzleme Programı (EKİP) (2012-2013) hazırlanarak, Ergene, Küçük Menderes, Gediz ve Bakırçay Havzalarında mevsimsel izleme çalışmaları yürütülmüştür. Yürütülen çalışma neticesinde “Ergene, Küçük Menderes, Gediz ve Bakırçay Havzası 2012 Yılı Su Kalitesi İzleme Final Raporu” yayımlanarak ilgili birimler ve ÇŞB İl Müdürlüklerine kirliliğe karşı önlemlerin alınabilmesi amacıyla gönderilmiştir. Çalışma sonunda söz konusu havzalarda mevsimsel izlenmeye devam edilmesi, Susurluk ve Sakarya havzalarında da yoğun şekilde kirlilik gözlenmesi neticesinde kirlilik tespitine yönelik nokta belirleme ve alıcı ortam izleme çalışmaları ihtiyacına yol açmıştır. Bu kapsamda, ihtiyacın karşılanmasına yönelik Eysel ve Endüstriyel Kirlilik İzleme Programı (2013-2014) hazırlanmış ve 2013 yılında Ergene, Küçük Menderes, Gediz, Kuzey Ege Havzalarında su alıcı ortamı etki alanlarında Mobil Su ve Atık Su Analiz Laboratuvarımız ile mevsimsel izleme, Sakarya ve Susurluk Havzalarında ise numune alma noktası belirleme çalışmaları tamamlanmıştır. 2014 yılında ise; Eysel ve Endüstriyel Kirlilik İzleme Programı (2014-2015) hazırlanarak Ergene, Küçük Menderes, Gediz, Kuzey Ege, Sakarya ve Susurluk havzalarında su alıcı ortamı etki alanlarında Mobil Su ve Atık Su Analiz Laboratuvarı ile mevsimsel izleme çalışması yapılmış olup, sahada yapılması mümkün olmayan parametreler ise Çevre Referans Laboratuvarında incelenmektedir. Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği çerçevesinde değerlendirilmiş, ayrıca ilave parametreler de analiz edilmiştir.

Bu raporda Susurluk Havzası’nda 2014 yılında kış dönemi (17-21.02.2014) kapsamında yapılan izleme çalışmaları sonucu elde edilen bulgular yer almaktadır.



Çalışmada 17 adet alıcı ortam izleme noktası mevcut olup, sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, iletkenlik, oksijen doygunluğu, klorür, sülfat, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, toplam fosfor, toplam çözülmüş madde, sodyum, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam kjeldahl azotu (TKN), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), yağ ve gres, yüzey aktif maddeler, florür, serbest klor, sülfür, renk gibi konvansiyonel parametreler analiz edilmiştir. Ayrıca cıva, kadmiyum, kurşun, arsenik, bakır, toplam krom, krom+6, kobalt, nikel, çinko, toplam siyanür, demir, mangan, bor, selenyum, baryum, alüminyum gibi metaller de izleme kapsamındadır. Fekal koliform ve toplam koliform ise analiz edilen mikrobiyal parametrelerdir.

İzleme sonuçlarına bakıldığında Yüzeysel Su Kalitesinin Yönetimi Yönetmeliği kapsamında, nehir genel olarak çözülmüş oksijen, pH, nitrit azotu (NO<sub>2</sub>-N), amonyum azotu (NH<sub>4</sub>-N), toplam fosfor (TP), KOİ, BOİ ve TKN parametresinde IV. Sınıf su kalitesinde görülürken, en kirli noktalar, Nilüfer Çayı, Çekrice Köyü (Nilüfer/Bursa) noktası başta olmak üzere, Simav Çayı (Susurluk), Nergis Çayı, (Merkez/Balıkesir), Karadere (Susurluk/Balıkesir), Nilüfer Çayı (Osmangazi/Bursa) Nilüfer Çayı, (Karacabey/BURSA) noktası olarak görülmektedir.

Havzada en kirli nokta olan Nilüfer Çayı (Nilüfer/Bursa)'dır. Bu nokta Hasanağa OSB, Nilüfer OSB, Bursa OSB, Kayapa Sanayi Bölgesi, Küçük Sanayi, Akçalar Sanayi Bölgesi, Demirtaş OSB baskısı altında bulunmaktadır. Bu noktada ÇO kritik seviyelere düşmüş, sülfat, sodyum, TÇM, toplam krom, alüminyum, nikel, serbest klor, sülfür parametresi diğer noktalara göre daha yüksek tespit edilmiştir.

KOİ ve BOİ bakımından Nilüfer Çayı, iki adet analiz noktasına göre IV. Sınıf seviyesindedir. NO<sub>2</sub>-N ve NH<sub>4</sub>-N en yüksek Karadere (Susurluk/Balıkesir)'de ölçülmüştür. Bu noktaya Mauri Maya tesisi, salçacılar, AB gıda yumurta ve tavukçuluk tesisi, Şeker Piliç tesisi baskıları etki etmektedir. Bu noktada renk parametresi de oldukça yüksektir. Simav Çayı (Simav/Kütahya) noktası pH parametresi bakımından IV. Sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir. Yine florür parametresi en yüksek bu noktada tespit edilmiştir. TP yönünden Nergis Çayı (Merkez/Balıkesir) en kirli nokta olarak görülmektedir. Bu nokta OSB, Balıkesir Eysel AAT, çiftliklerin baskısı altındadır. Renk ve ağır metal parametreleri yönünden havzada en kirli noktalar Nilüfer Çayı'na ait noktalardır. Bu noktalarda birisi Kestel OSB, Gürsu OSB, Samanlı Köyü Eysel AAT, Barakfaki Sanayi Bölgesi (ağırlıklı

Tekstil), Yeşim Tekstil baskısı altındayken, diğer nokta tarımsal ve evsel baskı altında bulunmaktadır.

### Yerüstü Su Kaynaklarında Su Kalitesinin İyileştirilmesi İçin Çevresel Hedeflerin Belirlenmesi (Ölmez, 2014)

Tez çalışmasında, Su Çerçeve Direktifi kapsamında çevresel hedeflerin belirlenmesi ve çevresel hedeflere ulaşmak amacıyla alınması gereken tedbirlere yönelik uygulama adımları açıklanmıştır. Çevresel kalite hedefleri ve iyi duruma ulaşmak için ele alınması gereken kalite unsurları, söz konusu kalite unsurlarının durum değerlendirmeleri, çevresel hedeflere ilişkin muafiyetler ile temel ve tamamlayıcı tedbirlerle ilgili detaylı bilgilere yer verilmiştir.

Su kirliliği kontrolüne ilişkin ülkemizdeki mevcut mevzuat ile birlikte uluslararası yaklaşımlar değerlendirilmiş ve Türkiye'ye yönelik uzun ve kısa vadede uygulanabilecek öneriler sunulmuştur.

Türkiye'de, çevresel kalite hedeflerinin sağlanamadığı durumlarda hem kısa hem de uzun vadede uygulanabilecek bir yaklaşım olarak önerilen Günlük Toplam Maksimum Yük çalışmasının genel kimyasal ve fiziko-kimyasal kalite unsurları ile belirli kirleticiler ve öncelikli maddeler için Nilüfer Çayı Alt Havzası'nda uygulaması yapılmıştır. Çalışmada, havzanın karakterizasyonu, baskı ve etki değerlendirilmesi ve analiz sonuçlarının SÇD'ye uygun şekilde değerlendirilmesinin ardından çevresel kalite hedeflerine ulaşılamayan parametrelerden KOİ, TP ve nikel parametreleri için Günlük Toplam Maksimum Yük uygulaması yapılmıştır. Günlük Toplam Maksimum Yük çalışması sırasında, senaryolar üzerinden farklı yaklaşımlar değerlendirilmiş ve uygulamaya yönelik öneriler sunulmuştur. Senaryo sonuçlarına göre, tüm havzanın bir bütün olarak değerlendirilerek her bir su kütlesinin mansabında çevresel kalite standartlarının sağlanması amacıyla KOİ ve TP parametreleri için mevcut deşarj standartlarında sırasıyla %69 ve %88 oranında azaltıma gidilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur. Ayrıca mevcut mevzuatta sektörel bazda deşarj standardı bulunmayan nikel parametresi için, her bir sektör için deşarj standardının aynı olduğu kabulü ile yapılan hesaplama sonuçlarına göre, deşarj standardı 16,98 µg/L olarak belirlenmiştir.

## 4.2 Tehlikeli Maddelerin Değerlendirilmesi

Türkiye’de tehlikeli maddelerin oluşturduğu kirliliğin kontrolüne ilişkin çalışmalar sürmektedir. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetim Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüş iki büyük proje kapsamında su ortamında olması muhtemel noktasal kaynaklı tehlikeli madde ve madde grupları belirlenmiştir. 2011-2013 yılları arasında yürütülmüş olan “Tehlikeli Madde Kirliliğinin Kontrolüne İlişkin Proje (2013)” ile evsel ve endüstriyel atıksularda bulunması muhtemel tehlikeli maddeler tespit edilmiştir. “Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi (2014)” ise, 2012-2014 yılları arasında yürütülmüş olup, kıyı ve geçiş suları için risk teşkil eden tehlikeli madde ve madde grupları üzerine çalışmalar yapılmıştır. Projeler kapsamında öncelikli maddeler incelenmiş olup, Türkiye’ye özgü belirli kirleticiler tanımlanmıştır. Söz konusu proje çıktılarının belirli kirleticileri, belirli kirleticiler için belirlenen ÇKS’leri ve ÇKS’lere uygun olarak hesaplanan deşarj standartları henüz mevzuata aktarılmamıştır.

Literatürde yapılmış benzeri çalışmalar incelendiğinde de, öncelikli maddeler içerisinden seçilen, çalışma alanı için önem teşkil eden daha dar tehlikeli madde kümelerinin seçildiği de görülmektedir. Sonuç olarak mevcut yönetmelikler dikkate alınarak bu çalışmada kapsamında sadece SÇD (EC, 2000) uyarınca deşarjlarının azaltılması veya durdurulması öngörülen öncelikli maddeler olarak değerlendirilmiştir. Geliştirilen metodoloji, öncelikli maddelerin ve belirli kirleticilerin mevzuata aktarılması ile ilgili tüm yönetmeliklerin incelenerek tehlikeli maddelerin değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir.

## 4.3 Sektör Seçimi

Seçilen havza için tehlikeli maddelerden kaynaklanan baskı unsurları bu adımda tanımlanmaktadır. Bu örnek olayda değerlendirilmiş tehlikeli maddelere ait sektörler diğer bir deyişle su kütleleri üzerindeki baskılar endüstriyel kirlilik bazında ele alınmıştır. Endüstriyel baskılar içinde metodolojinin daha etkin uygulanabilmesi için belirli bir alt sektörün seçilmesi uygun bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada örnek alt sektör seçimi yapılırken havzada yaygın olması hususuna dikkat edilmiştir. Uzun yıllardır otomotiv ve kimya sanayi ile birlikte ihracat sıralanmasında ilk üçte yer alan tekstil sektörü, Avrupa’nın en büyük tekstil üreticisi konumundadır. Yapılan çalışma

kapsamında incelenecek sektörün alt havza ölçeğinde yaygın olma özelliğinin yanı sıra ürettiği atıksu miktarının yüksek olması ve atıksuyun tehlikeli madde içerme potansiyelinin yüksek olması göz önünde tutulmuştur. Bu kapsamda incelenecek sektör C kodlu imalat kısmında bulunan ve 13.30 NACE kodu ile ifade edilen “Tekstil Ürünlerinin Bitirilmesi” alt sektörü olarak belirlenmiştir.

Sektör seçimi adımının alt başlıklarında seçilmiş olan sektör ve alt sektöre ait bilgiler bulunmaktadır.

#### **4.3.1 Tekstil sanayi hakkında genel bilgiler**

Öncelikli madde üreten ya da kullanan sektörlerin belirlenebilmesi için öncelikle, mevcut tüm ekonomik faaliyetlerin, uluslararası ölçekte kabul gören ve bütünleşik bir yaklaşımla sınıflandırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda mevcut tüm ekonomik faaliyetlerin sınıflandırılması amacıyla *Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes* (Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflaması, NACE Rev. 2) kullanılabilmektedir (OSİB, 2013; Mikkelsen, ve diğerleri, 2010). NACE, hiyerarşik bir yapı olup, başlangıç ilkeleri ve açıklayıcı notlardan oluşmaktadır. NACE'nin yapısı, NACE tüzüğünde aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır

- Alfabetik bir kodla tanımlanan başlıklardan oluşan birinci seviye (kısımlar),
- İki basamaklı bir sayısal kodla tanımlanan başlıklardan oluşan ikinci seviye (bölümler),
- Üç basamaklı bir sayısal kodla tanımlanan başlıklardan oluşan üçüncü seviye (gruplar),
- Dört basamaklı sayısal bir kodla tanımlanan başlıklardan oluşan dördüncü seviye (sınıflar),
- Altı basamaklı sayısal bir kodla tanımlanan başlıklardan oluşan beşinci seviye (faaliyetler).

NACE Rev. 2’de mevcut ekonomik faaliyetler, 21 kısım, 88 bölüm, 272 grup ve 615 sınıf altında kategorize edilmiştir. Ekonomik faaliyetler NACE tarafından en genel olarak kısımlar şeklinde sınıflandırılmıştır. NACE’de yer alan kısımlar ve tanımları Çizelge 4.3 ile verilmiştir.

**Çizelge 4.3 : NACE’de yer alan tanımlar.**

Kod	Tanım
A	Tarım, ormancılık ve balıkçılık
B	Madencilik ve taş ocakçılığı
C	İmalat
D	Elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme üretimi ve dağıtımı
E	Su temini; kanalizasyon, atık yönetimi ve iyileştirme faaliyetleri
F	İnşaat
G	Toptan ve perakende ticaret; motorlu kara taşıtlarının ve motosikletlerin onarımı
H	Ulaştırma ve depolama
I	Konaklama ve yiyecek hizmeti faaliyetleri
J	Bilgi ve iletişim
K	Finans ve sigorta faaliyetleri
L	Gayrimenkul faaliyetleri
M	Mesleki, bilimsel ve teknik faaliyetler
N	İdari ve destek hizmet faaliyetleri
O	Kamu yönetimi ve savunma; zorunlu sosyal güvenlik
P	Eğitim
Q	İnsan sağlığı ve sosyal hizmet faaliyetleri
R	Kültür, sanat, eğlence, dinlence ve spor
S	Diğer hizmet faaliyetleri
T	Hanehalklarının işverenler olarak faaliyetleri; hanehalkları tarafından kendi kullanımlarına yönelik olarak ayırım yapılmamış mal ve hizmet üretim faaliyetleri
U	Uluslararası örgütler ve temsilciliklerinin faaliyetleri

Özellikle C kodlu imalat kısmında yer alan faaliyetler hem ürettikleri atıksu miktarı, hem de söz konusu atıksularda öncelikli madde bulunma potansiyeli açısından, diğer kısımlarda yer alan faaliyetlere göre çok daha önemlidir. Söz konusu kısım maddelerin, malzemelerin veya bileşenlerin fiziksel ve/veya kimyasal işlemler sonucunda yapısının değiştirilerek yeni ürünlere dönüşümünü kapsamaktadır.

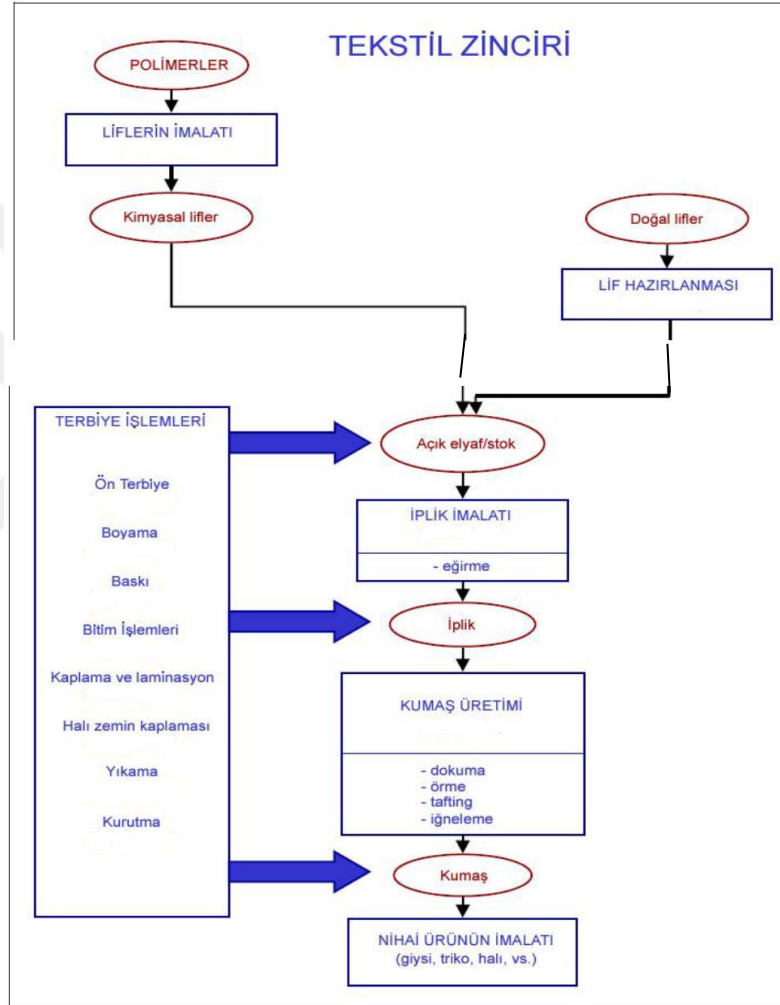
Dönüştürülen maddeler, malzemeler, veya bileşenler diğer imalat faaliyetlerinin ürünleri de dahil tarım, ormancılık, balıkçılık, madencilik veya taş ocağı ürünleri gibi ham maddelerdir. Malların esaslı değişimi, yenilenmesi veya yeniden yapılandırılması genellikle imalat olarak kabul edilmektedir. İlgili kısımda yer alan faaliyetlerden oluşabilecek kirlilik genel olarak noktasal kaynaklardan meydana gelmektedir. Bu kısımda yer alan ekonomik faaliyetler 23 bölüm altında sınıflandırılmış olup, “13 Tekstil Ürünlerinin İmalatı” bu bölümlerden bir tanesidir.

Türkiye’de tekstil sektörü hazır giyim ve deri ürünleri ile birlikte değerlendirildiğinde, imalat sanayi içinde istihdamda, üretimde ve ihracatta ilk sıralarda bulunmaktadır. Bu sektörler özellikle 1980’li yıllardan itibaren dışa açık ekonomik büyüme modeli içinde ihracat odaklı gelişerek dünya ticaretinde önemli bir üretici ve tedarikçi konumuna ulaşmıştır (BSTB Sanayi Genel Müdürlüğü, 2015).

Tekstil sanayi, imalat sanayi içerisinde yer alan en uzun ve kompleks endüstriyel zincirlerden birisi olup, ham maddelerden (kimyasal lifler) yarı işlenmiş ürünlerin (iplik, dokuma ve örme kumaşlar ile bunların terbiye işlemleri) ve nihai ürünlerin (halılar, ev tekstilleri, giyim ve endüstriyel kullanıma sahip tekstiller) üretimini kapsamaktadır. Bu zincirin temel adımları aşağıdaki diyagramda şematik olarak Şekil 4.3 ile gösterilmiştir (EC, 2003).

Tekstil sanayinde kullanılan lifler doğal ve kimyasallar lifler olmak üzere iki genel kategoriye ayrılmaktadır. Kimyasal lifler, hem petrokimyasal esaslı saf sentetik materyalleri hem de odundan elde edilen rejenere selülozik materyalleri kapsamaktadır. Kimyasal liflerin imalatında çeşitli polimerler kullanılmaktadır. Kimyasal lifler imalat sonrası iplik üretiminde doğrudan kullanılırken, doğal lifler hazırlık işlemlerine tabi tutulmaktadır. Yünlerin, yıkamaya gönderilmeden önce açılması ve tozlarından arındırılması, yünden daha temiz olan pamuk ve ketenin ise kuru başlangıç işlemlerinden (ayırma ve temizleme işlemi-hallaç) geçirilmesi gerekmektedir. İpek üretimi için ise, ipek böceği buhar ile öldürülmekte ve filament kozadan direkt olarak sağılmaktadır. İpek zamkının ve diğer organik safsızlıkların uzaklaştırılması için, filamentlere ön terbiye işlemi uygulanmaktadır. Kesikli liflerin tekstil sanayi için uygun iplikler haline dönüştürülmesi işlemi ise iplik üretimi olarak tanımlanmaktadır. Bu aşamada üretilen kesikli ve filament iplikler ise kumaş üretiminde ham madde olarak kullanılmaktadır. Üretilen kumaşlar da giysi, halı, triko gibi nihai ürünlere dönüştürülmektedir. Şemada görülen tekstil terbiyesinin ise

standart sıralı işlemler olarak tanımlanması mümkün değildir. Bunlar, daha ziyade nihai kullanıcının gereksinimlerine bağlı olarak, tekstil ürünlerinin üretilmesi sırasında uygulanabilen temel işlemlerin kombinasyonlarıdır. Bu işlemler üretim zincirinin farklı basamaklarında yapılabilmekte ve kumaş, iplik veya açık elyaf halindeki tekstil materyallerine uygulanabilmektedirler. İçerdiği temel prosesler ise, ağartma, boyama (iplik, kumaş ve hazır giyim ürünlerinde), baskı, kaplama/emdirme ve çeşitli fonksiyonel bitim işlemi maddelerinin uygulanmasıdır. (EC, 2003).



**Şekil 4.3 :** Tekstil zinciri.

NACE Rev. 2'ye göre ise, "13 Tekstil Ürünlerinin İmalatı" bölümü tekstilin dokunması da dahil tekstil elyafının hazırlanması ve bükülmesi; tekstil ve giyim eşyalarının aprenmesi, boyanması vb. bitirme işlemleri ile tekstil ürünlerinin imalatını (ev tekstil ürünleri, battaniyeler, halılar, kilimler, kordon, halat, ip vb.) kapsamakta olup aşağıdaki gruplardan oluşmaktadır:

- 13.1 Tekstil elyafının hazırlanması ve bükülmesi

- 13.2 Dokuma
- 13.3 Tekstil ürünlerinin bitirilmesi
- 13.9 Diğer tekstil ürünlerinin imalatı

Sektörde boya-terbiye işletmelerini içine alan “Tekstil Ürünlerinin Bitirilmesi” grubu enerji ve atık maliyetlerinin daha fazla yer aldığı bilgi yoğun bir sektör olarak tedarik zincirinin başında yer alan diğer alt sektörlerden biraz farklılaşmaktadır (BSTB Sanayi Genel Müdürlüğü, 2015). Söz konusu grup, öncelikli maddeler açısından yüzeysel sularda risk oluşturma potansiyeli bakımından önem taşımakta olup, proseslerinde çok sayıda kimyasal madde ve yüksek miktarda su (Çizelge 4.4) kullanılmaktadır.

**Çizelge 4.4 : Sanayi grubu ve kullanım durumuna göre tüketilen su miktarı (x10.000m<sup>3</sup>/yıl) (Tanık & diğ., 2008).**

İmalat Sanayi	Toplam	Proses Suyu	Kazan Suyu	Soğutma Suyu	Evsel Su	Diğer	Yeniden Kullanılan Su
Gıda ürünleri ve içecek	13.204	7.879	643	2.700	979	1.003	3.452
Tütün ürünleri	284	64	78	8	91	43	8
<b>Tekstil ürünleri</b>	<b>9.196</b>	<b>7.330</b>	<b>523</b>	<b>235</b>	<b>740</b>	<b>368</b>	<b>425</b>
Giyim eşyası	1.891	1.340	108	-	370	73	36
Derinin işleri, bavul, çanta vb.	166	110	3	3	46	4	5
Ağaç-mantar ürünleri (Mob.hariç)	225	108	63	10	38	6	13
Kağıt ve kağıt ürünleri	1.783	1.394	105	122	135	27	374
Basım ve yayım	119	13	2	1	96	7	55
Kok kömürü, rafine edilmiş petrol ürünleri	2.269	488	946	642	51	142	320
Kimyasal madde ürünleri	8.563	3.239	1.188	3.061	587	488	124
Plastik-kauçuk ürünleri	640	82	62	84	284	128	14
Metalik olmayan diğer mineral maddeler	3.346	2.361	85	168	528	204	404
Metal sanayi	75.458	4.022	795	67.543	2.249	849	35.733
Metal eşya sanayi	388	154	1	16	183	34	6
Makine ve teçhizat	2.359	1.982	16	24	241	96	19
Büro, muhasebe, bilgi işlem makineleri	3	-	-	-	3	-	-
Elektrikli makine cihazları	274	59	3	9	179	24	15
Radio, TV haberleşme cihazları	194	130	12	2	40	10	1
Tıbbi, hassas ve optik aletler, saat	17	2	-	-	12	3	1
Taşıt araçları ve karoseri	537	245	23	46	156	67	5
Diğer ulaşım araçları	171	41	21	3	51	55	20
Mobilya imalatı	416	212	2	1	179	22	1
Ülke Toplamı	121.503	31.255	4.679	74.678	7.238	3.653	41.031

#### 4.3.2 Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörü

Tekstil sanayindeki aktiviteler sonucu oluşan başlıca çevresel sorunlar suya ve havaya olan emisyonlar ve enerji tüketimidir. Bunlar arasında su en önemli endişe faktörüdür.



Tekstil endüstrisi su kullanımının ve atıksu oluşumunun değişken ve yüksek düzeylerde olduğu bir sektördür. Tekstil sanayi suyu, kirlerin uzaklaştırılmasında, boyarmaddelerin ve apre maddelerinin aplikasyonunda ve buhar eldesinde temel unsur olarak kullanılmaktadır (EC, 2003). Diğer bir deyişle sanayide, atıksu kaynaklanan başlıca prosesler tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörüne ait olup, söz konusu prosesler aşağıda verilmiştir (Lacasse & Baumann, 2004).

- Ön işlemler (yıkama, haşıl sökme, ağartma, merserizasyon)
- Boyama (sürekli, yarı-sürekli, kesikli)
- Baskı
- Bitirme

Ön işlemler ile boyama, baskı ve bitirme işlemlerine girişim yapacak olan doğal safsızlıklar ve prosesler sonucu oluşan kimyasallar giderilir. Yapılan işlemler kumaş ve elyaf tipine göre değişkenlik göstermektedir (Lacasse & Baumann, 2004). Yıkama ve haşıl giderme adımında, nişasta ve dekstrin gibi maddelerin kullanılarak kumaşı geçici olarak sağlamlaştıran haşılama operasyonundan gelen haşıl maddeleri giderilmektedir. İleri prosesler için temiz kumaş hazırlamak amacı ile çeşitli kimyasallar (sodyum hidroksit, klor, silikatlar, sodyum bisülfid ve deterjanlar), nişastanın hidrolizi için ise asitler ve enzimler kullanılır. Yukarıda da belirtildiği gibi, kullanılacak kimyasal, suyun sıcaklığı ve temas süreleri işlem uygulanan elyafın cinsine göre değişkenlik göstermektedir. Haşıl maddeleri boyanın elyafa nüfus etmesini engellediğinden ve boyanın renginin değişmesine sebep olduğundan boyama prosesleri öncesinde haşıl maddelerinin giderilmesi önemlidir. Ağartma prosesi, yıkama ve haşıl sökme ile giderilemeyen renk verici maddeleri gidermek için uygulanmaktadır. Hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit, sodyum klorür ve SO<sub>2</sub> gazı gibi maddeler doğal renklendiricileri gidermek için kullanılmaktadır. Merserizasyon işleminin amacı ise pamuk elyafının parlaklığını düzenleme olup, bu işlem ile pamuklu lifler daha pürüzsüz bir görünüm kazanmaktadır. Ayrıca yapılan işlem ile pamuklu elyaf daha kuvvetli bir hale gelirken, boyamada afinitesi artmaktadır (Sanal, 2010).

Renklendirme, bir renklendirici yoluyla rengin bir tekstil malzemesine ilave edildiği yöntemdir. Renklendirici kromoforik grup içeren bir kimyasal madde olup, ışık ile etkileşime girerek renk izlenimi vermektedir. Sektörde renklendirme işlemleri boyama ve baskı olarak alt gruplara ayrılmaktadır. Boyama işlemi kesikli, yarı kesikli ve

sürekli olmak üzere üç tiptir. Kesikli boyamada belli miktardaki tekstil materyali boyama makinesi içerisinde boya ve diğer yardımcı maddeler ile dakikadan saat mertebesine kadar değişen bir periyotta dengeye getirilmektedir. İşlem sonunda boya banyosu boşaltılmaktadır (Lacasse & Baumann, 2004). Dolgu tekniği (padding) ile boyama sürekli (veya yarı sürekli) boyama tipinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tekstil malzemeleri boyama sistemine sürekli olarak beslenmekte olup, boya foulard boyama tekniği yardımı ile kumaşlara emdirilmektedir. Foulard boyama prosesi boyanın uygulanması, kimyasallarla veya ısı ve yıkma ile boyanın sabitlenmesi adımlarını içermektedir. Sürekli ve yarı-sürekli boyama proseslerinde boyama adımı aynı ve sürekli iken, boya sabitleme ve yıkama adımları yarı-sürekli sistemlerde kesikli olarak yapılmaktadır (Lacasse & Baumann, 2004).

Tekstil materyalini renklendirme metotlarından bir diğeri ise baskıdır. Baskı, boyama işlemi ile karşılaştırıldığında farklı tekniklerin ve makinelerin kullanılmaktadır, ancak boya ve lif arasındaki fiziksel ve kimyasal işlemler benzerdir. Baskı işlemi için gerçekleşen basamaklar aşağıda sıralanmıştır (Lacasse & Baumann, 2004).

- Kalıp şeklinin hazırlanması,
- Baskı hamurunun hazırlanması,
- Baskı hamurunun malzemeye uygulanması,
- Malzemedeki rengin sabitlenmesi,
- Baskı yapılmış malzemenin yıkanması ve kurutulması (opsiyonel işlem),

Baskı teknikleri standart olarak, kabartma (rölyef) baskı, gravür baskı, şablon baskı, yüzey baskı ve anlık (ink-jet) baskı olarak sınıflandırılmaktadır (Lacasse & Baumann, 2004).

Bitirme işlemlerinde, tekstil malzemesine arzu edilen son kullanım özellikleri (görsel efektler, su geçirmezlik ve tutuşmazlık vb.) verilmektedir. Bitirme teknikleri; mekanik/fiziksel ve kimyasal olarak sınıflandırılmaktadır. Kimyasallar, mekanik işlemlerde malzemeyi iyileştirmek ve dayanıklılığını arttırmak için kullanılmaktadır. Yapılan mekanik işlemler; sertleştirme, kumlama, zımparalama, kesme, sıkma, buharlama ve çekmezleştirme olarak sıralanabilir. Kimyasal işlemler, koton, yün ve ipek tipindeki doğal liflere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kimyasal işlemlerde, buruşmazlık, su geçirmezlik gibi özelliklerin kazandırılacağı tekstil

malzemesi, inorganik tuzlar ve diğer kalıntı kirleticilerden arındırılmalıdır. Bu tip işlemlerde çoğunlukla ticari sulu çözelti kullanımı yaygındır. Bu çözeltiler, %80 oranında dolgu teknikleri ile uygulanmaktadır. Bu teknikte kuru kumaş, öncelikle gerekli tüm bileşenleri içeren kaplama banyosundan, daha sonra silindirler arasından geçirilmektedir (Lacasse & Baumann, 2004).

Sektörde bir ton tekstil kumaşı için su kullanımı 20-231 m<sup>3</sup> gibi geniş bir aralıkta değişmektedir (Orhon, ve diğerleri, 2003). Tekstil sektöründe ıslak proseslere ait rölatif atıksu oluşum yüzdeleri ise Çizelge 4.5 ile verilmektedir.

**Çizelge 4.5 : Rölatif atıksu oluşumu- dağılım yüzdesi (Töre, 2009).**

Islak Prosesler	Yün	Pamuk	Halı
Haşıl giderme	-	9	-
Yıkama	-	9	-
Merserizasyon	-	4	-
Ağartma	2	9	-
Boyama	40	58	100
Baskı	<1	11	-
Apre	<1	<1	-
Dolgu	40	-	-
Çekmezlik	16	-	-
Sırt kaplama	-	-	<1
Toplam deşarj	100	100	100

#### 4.4 Sektörden Kaynaklı Tehlikeli Maddelerin Tespiti

Tekstil endüstrisi atıksuyu kolay bozunabilir, zor bozunabilir ve bozunamayan kimyasallar olmak üzere çeşitli bileşikler içermektedir (Lacasse & Baumann, 2004). Tekstil atıksularının karakterizasyonunda terbiye edilen lif cinsi, uygulanan prosesler ve proseslerde kullanılan kimyasallar etkilidir. Tekstil işletmelerinde kullanılan boya, yardımcı kimyasallar, uygulanan prosesler ve elyaf farklılık gösterdiğinden üretim değişiklikleri belirgindir (Van Veldhuisen, 1994).

Tekstil fabrikalarından kaynaklanan atıksularda naftalenden kroma, klorobenzenden nikel, tetrakloroetilen, kadmiyum, pestisitler ve kurşuna uzanabilen pek çok farklı toksik kirletici bulunabilmektedir (Van Veldhuisen, 1994). Tekstil sanayine ait faaliyetlerden kaynaklanan toplam emisyon yükünün büyük bir kısmı, ham materyal terbiye fabrikasına girmeden önce üzerinde bulunun maddelerden (doğal liflerdeki kirlilikler ve polimer olmayan maddeler, preparasyon maddeleri, harman yağları, haşıl maddeleri vs.) kaynaklanmaktadır. Bütün bu maddeler genellikle boya ve baskı öncesi yapılan ön terbiye işlemleri sırasında liflerden uzaklaştırılmaktadırlar. Harman yağları, örgü yağları ve preparasyon maddeleri gibi yardımcı maddelerin yaş işlemler ile uzaklaştırılması, sadece madeni yağlar gibi biyolojik olarak zor parçalanan organik maddelerin değil, aynı zamanda poliaromatik hidrokarbonlar, APEO ve biyositler gibi tehlikeli bileşiklerin de atık sulara boşalmasına neden olmaktadır. Birkaç istisnai durum (örneğin, termosol boyama, pigment boyama, vs.) hariç, boyama işleminden kaynaklanan emisyonların büyük bir kısmı suya geçen emisyonlardır (EC, 2003). Genel olarak tekstil atıksularında ana kaynağı boyama işlemleri olan çinko, bakır, krom, kurşun ve nikel gibi metallerin konsantrasyonları 1 mg/l değerinin altındadır (UNEP, 1994). Suyu kirleten maddeler: boyaların kendilerinden (örneğin, sulu ortam zehirliliği, metaller, renk), boya formülasyonlarında bulunan yardımcı maddelerden (örneğin, dispergatörler, köpük kesici maddeler vs.), boyama işleminde kullanılan temel kimyasallardan ve yardımcı maddelerden (örneğin, alkali, tuzlar, indirgen ve yükseltgen maddeler, vs.) ve liflerde bulunan yabancı madde artıklarından (örneğin, yündeki pestisit artıkları, sentetik liflerdeki preparasyon ve avivaj maddeleri) kaynaklanabilmektedir. Baskı işlemlerindeki tipik emisyon kaynakları, baskı patı artıklarını, yıkama ve temizleme işlemlerinden gelen atıksuları ve kurutma ve fiksajdan gelen uçucu organik bileşikleridir (EC, 2003). Çeşitli yıkama proseslerinde deterjan olarak alkol etoksilat esaslı, alkil fenoletoksilat esaslı veya çözücü destekli deterjanlar; boyama işlemlerinde kullanılan azo ya da metal içeren boyalar ve çeşitli terbiye kimyasalları sudaki tehlikeli maddeler açısından önem taşımaktadır. Tekstil terbiyesi işlemi gerçekleştiren tesislerde uygulanan prosesler sonucu oluşan atıksuda en yaygın bakır, krom, çinko, nikel ve AOX parametreleri bulunmaktadır (OSİB, 2013). Çizelge 4.6 ile çeşitli tekstil işlemlerinden kaynaklanan atıksulardaki muhtemel kirletici parametreler özetlenmektedir (LCPC, 2010).

**Çizelge 4.6 : Tekstil işlemlerinden kaynaklanan atıksulardaki kirleticiler.**

Madde	İplik Boyama			Kumaş Boyama ve Terbiye		Örgü Kumaş Boyama ve Terbiye		Baskı
	Pamuklu	Yünlü	Sentetik	Pamuklu	Yünlü	Yün	Selülozik	
Sabun	X	-	-	X	X	X	X	-
Anyonik Yüzeysel Aktif Maddeler	X	X	X	X	X	X	X	-
İyonik Olmayan Yüzeysel Aktif Madde	X	X	X	X	X	X	X	-
Sodyum Karbonat	-	X	-	X	X	X	-	-
Sodyum Klorür	X	X	X	X	X	X	X	-
Sodyum Sülfat	X	X	X	X	X	X	X	-
Katı ve Sıvı Yağlar	X	-	X	X	-	-	X	-
Bitkisel Safsızlıklar	X	-	-	X	-	-	-	-
Nişasta	-	-	-	X	-	-	-	-
Karboksimetilselüloz	-	-	-	X	-	-	-	-
Metil Selüloz	-	-	-	X	-	-	-	-
Vinil Polialkol	-	-	-	X	-	-	-	-
Poliakrilamidler	-	-	-	X	-	-	-	-
Polyester	-	-	-	X	-	-	-	-
Islatıcı Madde	X	-	-	X	-	-	X	-
Yumuşatıcılar	X	-	X	X	-	-	X	-
Azotlu Bileşikler	X	-	-	X	X	X	X	X
AOX	X	X	X	X	X	X	X	-
Sodyum Hipoklorit	X	-	X	X	-	-	X	-
Sodyum Klorit	X	-	X	X	-	-	X	-
Optik Ağartma Maddeleri	X	X	X	X	X	X	X	-
Sülfidler	X	X	X	X	X	X	X	-
Bisülfidler	X	X	X	X	X	X	X	-
Boyalar	X	X	X	X	X	X	X	X
Pigmentler	-	-	-	-	-	-	-	X
Bakır	X	-	-	X	-	-	X	-

**Çizelge 4.6 (devam):** Tekstil işlemlerinden kaynaklanan atıksulardaki kirleticiler.

Madde	İplik Boyama			Kumaş Boyama ve Terbiye		Örgü Kumaş Boyama ve Terbiye		Baskı
	Pamuklu	Yünlü	Sentetik	Pamuklu	Yünlü	Yün	Selülozik	
Krom	X	X	-	X	X	X	X	X
Formaldehit	X	-	-	X	-	-	X	-
Asetik Asit	X	X	X	X	X	X	X	-
Naftol	X	-	-	-	-	-	-	-
Aromatik Aminler	X	-	-	X	-	-	-	-
Formik asit	-	X	X	X	X	X	X	-
Nikel	-	X	-	-	-	-	-	-
Kobalt	-	X	-	-	-	-	-	-
Fosfatlar	-	-	X	X	X	-	X	-
Fenoller	X	X	X	X	X	-	-	-
Sülfürler	X	-	-	X	-	-	X	-
Trikloroetilen	-	-	-	-	X	X	-	-
Perkloroetilen	-	-	-	-	X	X	-	-
Titanyumdioksit	-	-	-	-	-	-	-	X
Demir	-	-	-	-	-	-	-	X
Alüminyum	-	-	-	-	-	-	-	X

Çalışma kapsamında oluşturulmuş metodolojiye göre, sektörden kaynaklı tehlikeli maddelerin (öncelikli maddeleri ve belirli kirleticileri içerecek şekilde) tespiti için mevcut yönetmeliklerce belirlenmiş sektörlere ait deşarj standartları kullanılmalıdır. Türkiye’de mevcut durumda mevzuata aktarılmamış halde olan sektörel envanter bulunmamaktadır. Ancak, tez çalışmaları kapsamında, tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörü özelinde yapılmış güncel ve uygulamaya konulabilir proje sonuçlarına (OSİB, 2013; 2014) ait veriler temin edilmiştir. Bu bölümün ilerleyen kısımlarında temin edilen bu verilere ait detaylı bilgilendirme bulunmaktadır.

Sektörlere özgü kirleticilerin belirlenmesi çalışmaları kapsamında, önceliklendirme ve eleme yöntemleri uygulanarak Aday Spesifik Kirleticiler Listesi’ne giren maddelerin

ve Su Çerçeve Direktifi'nde bulunan öncelikli maddelerin üretimi ve/veya kullanımını içeren herhangi bir prosesi barındıran sektörlerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bölüm 4.3.1 ile açıklandığı üzere tehlikeli madde üreten ya da kullanan sektörlerin belirlenebilmesi için mevcut tüm ekonomik faaliyetler, uluslararası ölçekte kabul gören ve bütünlük bir yaklaşımla sınıflandırılması uygun bulunmuştur. Bu amaçla, Avrupa Topluluğu'nda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflaması olan NACE Rev. 2 kullanılmıştır. Ekonomik faaliyetler, öncelikle noktasal atıksu deşarjlarının olup olmadığına ve tehlikeli maddeler açısından yüzeysel sularda risk oluşturup oluşturmadıklarına göre değerlendirilmiştir. Diğer aşamada, NACE Rev. 2 sınıflandırması baz alınarak her bir sektör ya da alt sektöre özgü aday kirleticiler aşağıda sıralanan veri kaynakları kullanılarak belirlenmiştir.

- Literatür ve mevzuat bilgileri: Literatür çalışmaları kapsamında da başta IPPC Referans Dokümanları olmak üzere bilimsel çalışmalar, başka ülkelerde tehlikeli maddelerle ilgili olarak yapılmış çalışmalarla elde edilen bilgiler ele alınmıştır.
- Pilot ve yerinde incelenen diğer tesisler: Projeler kapsamında, pilot havzalarda yapılan değerlendirmeler sonucu öne çıkan sektör ve alt sektörlerde faaliyet gösteren tesislere ziyaretler yapılmıştır. Yerinde yapılan tesis ziyaretlerinde havzalardaki noktasal kirleticilerin üretim prosesleri, atıksu miktar ve karakterizasyonuna ilişkin bilgiler temin edilmiş, buna göre sektörler ve kirletici üretim faaliyetleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesine katkı sağlanmıştır. Söz konusu ziyaretlerde mümkün olduğu ölçüde, tesiste kullanılan kimyasalların listesine ve her bir kimyasalın malzeme güvenlik bilgi formuna ulaşılmaya çalışılmıştır.
- İzleme çalışmaları: Projeler kapsamında yüzeysel sularda, kıyı ve geçiş sularında ve sedimanda tehlikeli madde kirliliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç ile gerçekleştirilen izleme faaliyetleri alıcı ortamlardan ve söz konusu maddelerin kaynaklanabileceği sektörlerden numuneler alınarak gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışmaları kapsamında, belirlenen kirleticiler projelere göre farklı periyotlarda izlenmiştir. Sektörlere özgü aday kirleticilerin belirlenmesi çalışmalarında analiz çalışmaları kapsamındaki pilot tesislerde yapılan analiz sonuçları incelenmiştir. Başka bir deyişle projeler kapsamında yerinde incelenerek pilot tesis olarak seçilen

tesislerin üretim prosesleri, atıksu miktar ve karakterizasyonuna ilişkin temin edilen bilgilerin analiz sonuçları ile birlikte değerlendirilmesi sağlanmıştır.

- Türk Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) Kapasite Raporları: Temin edilen raporlar ile tesislerin kullandıkları ham madde bilgilerine göre sektörlere özgü kirleticilerin belirlenmesi çalışmalarına katkı sağlanmıştır.

Sektörlere özgü kirleticilerin tespiti çalışması, Aday Spesifik Kirletici ve Öncelikli Maddeler Listeleri esas alınarak NACE kodları bazında gerçekleştirilmiştir. Yapılan tez çalışması kapsamında yukarıda sözü edilen iki proje çıktılarının birlikte değerlendirilmesi ile oluşturulan “13.30 Tekstil Ürünlerinin Bitirilmesi” alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddeler temin edilmiştir. Listenin öncelikli maddeler ile sınırlı olmasının nedeni tehlikeli maddelerin değerlendirilmesi adımı belirlenen kapsamdır. Söz konusu öncelikli maddeler listesi Çizelge 4.7 ile verilmektedir (SYGM, 2015). Maddelerin kaynaklandığı proses bilgileri ise EK B ile verilmektedir.

**Çizelge 4.7 : 13.30 Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddeler.**

No	Öncelikli Madde	CAS No
1	4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol	140-66-9
2	Nonilfenol	25154-52-3
3	Pentaklorofenol (PCP)	87-86-5
3	Triklorobenzenler	12002-48-1
3(a)	1,2,3-Triklorobenzen (1,2,3-TCB)	87-61-6
3(b)	1,2,4-Triklorobenzen (1,2,4-TCB)	120-82-1
3(c)	1,3,5-Triklorobenzen (1,3,5-TCB)	108-70-3
4	Bromlu difenileterler	n.a.
4(a)	Decabromodifenileter	1163-19-5
4(b)	Hekzabromodifenileter	36483-60-0
4(c)	Heptabromodifenileter	68928-80-3
4(d)	Octabromodifenileter	32536-52-0
4(e)	Pentabromodifenileter	32534-81-9
4(f)	Tetrabromodifenileter	93703-48-1



**Çizelge4.8 (devam) : 13.30 Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddeler.**

No	Öncelikli Madde	CAS No
5	Hekzabromosiklododekanlar (HBCDD)	n.a.
5(a)	1,2,5,6,9,10-HBCDD	3194-55-6
5(b)	1,3,5,7,9,11-HBCDD	25637-99-4
5(c)	$\alpha$ -HBCDD	134237-50-6
5(d)	$\beta$ -HBCDD	134237-51-7
5(e)	$\gamma$ -HBCDD	134237-52-8
6	Perflorooktansülfonik asit ve türevleri (PFOS)	1763-23-1
6(a)	Amonyum PFOS	29081-56-9
6(b)	Didecildimamonyum PFOS	251099-16-8
6(c)	Dietanolamonyum PFOS	70225-14-8
6(d)	Lityum PFOS	29457-72-5
6(e)	Potasyum PFOS	2795-39-3
6(f)	Tetraetilamonyum PFOS	56773-42-3
7	Diklorometan	75-09-2
8	Kurşun ve bileşikleri	7439-92-1
9	Nikel ve bileşikleri	7440-02-0
10	Tributikalay bileşikleri	n.a.
11	Tributikalay-katyonu	36643-28-4
12	Antrasen	120-12-7
13	Naftalin	91-20-3
14	C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafinler-SCCP)	85535-84-8

#### 4.5 Envanterin Değerlendirilmesi

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetim Genel Müdürlüğü'nden Susurluk Havzası'nda bulunan, Nilüfer Çayı ve kollarına deşarj yapan ve 13.30 NACE kodlu alt sektörde faaliyet göstermekte olan tesis bilgileri temin edilmiştir. Temin edilen bilgiler ve çalışma için gerekli çeşitli kaynaklardan derlenen veriler Çizelge 4.8 ile

verilmektedir. Temin edilen verilere göre tesisler, OSB içerisinde veya tekil tesis olarak faaliyet göstermektedirler.

**Çizelge 4.8** : Nilüfer Çayı'na deşarj eden tesis bilgileri (SYGM, 2015; HKEP, 2010).

Tesis Adı	Atıksu Miktarı/AAT Kapasitesi (m <sup>3</sup> /gün)	Arıtma Türü ve Teknolojisi
Bursa OSB AAT	36.000/80.000*	Fiziksel + Kimyasal + Biyolojik (Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur)**
Demirtaş OSB AAT	60.000***/70.000**	Fiziksel + Kimyasal + Biyolojik (Standart Aktif Çamur)**
Yeşil Çevre AAT	51.000/100.000****	Fiziksel + Biyolojik (Standart Aktif Çamur)**
Tekil Tesis 1	9.000/11.000**	Kimyasal + Biyolojik Standart Aktif Çamur**
Tekil Tesis 2	390/450**	Fiziksel + Biyolojik Standart Aktif Çamur**

\* Bursa OSB'den temin edilmiştir.

\*\*Susurluk Havzası-Havza Koruma Eylem Planları-Ek4'ten alınmıştır .

\*\*\* <http://www.dosab.org.tr/Detay/65/Tuketim-Bilgileri> den 2015 yılı ortalama değeri alınmıştır.

\*\*\*\*<http://gusab.org.tr/aritma/> ve <http://www.yesilcevre.com.tr/icerik/105/yesil-cevre-genel-muduru-mehmet-aydin-aritma-tesisi-olarak-turkiyede-tekiz.html>

Bursa OSB'de tekstil başta olmak üzere, otomotiv yan sanayi, metal, makine, gıda ve kimya gibi çok farklı sektörlerde üretim yapan firmalar bulunmaktadır. OSB'ye ait atıksu miktarı yaklaşık 40.000 m<sup>3</sup>/gün iken, tesis kapasitesi 80.000 m<sup>3</sup>/gün'dür. Otomatik kontrol sistemleri ile donatılan ve bilgisayar aracılığı ile kontrol edilen AAT fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve biyolojik arıtma ünitelerinden oluşmaktadır.

Demirtaş OSB, ağırlıklı olarak tekstil boyahanesi, tekstil dokuma, makine imalatı ve kaplama tesislerini içermektedir. OSB verilerine göre 2015 yılı değerlerine göre ortalama atıksu miktarı 60.000 m<sup>3</sup>/gün iken, tesis kapasitesi 70.000 m<sup>3</sup>/gün'dür. Tesis fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma ünitelerini içermektedir.

Yeşil Çevre AAT, Kestel ve Gürsu ilçe belediyelerinin kentsel atıksuları ile bu bölgedeki Gürsu OSB, Kestel OSB ve Kestel Sanayi Bölgesi, Barakfaki Sanayi Bölgesi ve İsabey Mahallesi çevresinde bulunan sanayi tesislerinden kaynaklanan endüstriyel atıksuların arıtıldığı tesislerdir. Ortak AAT'ye ait atıksu miktarı yaklaşık 51.000 m<sup>3</sup>/gün iken, tesis kapasitesi 100.000 m<sup>3</sup>/gün olarak belirtilmektedir. Tesiste fiziksel ve biyolojik atıksu arıtımı (klasik aktif çamur sistemi) söz konusudur.

Yukarıda verilen tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörüne ilişkin tekil tesislerin ve OSB'lerin toplam atıksu miktarı 160.000 m<sup>3</sup>/gün civarında iken, tesislere ilişkin

kapasite bilgilerine dayanarak atıksu miktarının 250.000 m<sup>3</sup>/gün'ün üzerine çıkabileceği söylenebilir. Atıksuyun yaklaşık %90'ının OSB'lerden kaynaklandığı görülmektedir. Tekil tesislerin atıksuyunun tamamı seçilen alt sektörü temsil etmekte iken, Bursa OSB, Demirtaş OSB ve Yeşil Çevre AAT'lerinin sırası ile toplam atıksu miktarlarının %70, %90 ve %70 oranındaki miktarları tekstil sektöründen kaynaklanmaktadır. AAT'lerde tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörden kaynaklı debi miktarı dışında, öncelikli maddelerin entegre kirlilik önleme ve kontrol teknikleri belirlenirken, tesislerin ve OSB'lerin sahip oldukları mevcut arıtma teknolojileri de değerlendirilmektedir.

Nilüfer Çayı Alt Havzası için 13.30 NACE kodlu alt sektörünün oluşturduğu baskının alıcı ortam üzerindeki etkisini inceleyebilmek adına T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetim Genel Müdürlüğü'nden Nilüfer Barajı memba ve Nilüfer Çayı-Göbelye (mansap) noktalarında olmak üzere, TMKK projesi (OSİB, 2013) kapsamında yapılan analiz sonuçları temin edilmiştir (SYGM, 2015). Şekil 4.4 ile ise çalışma kapsamında değerlendirilen baskıların ve izleme noktalarının mekânsal gösterimi verilmektedir.



**Şekil 4.4 :** Nilüfer Çayı üzerindeki 13.30 NACE kodlu baskılar ve izleme noktaları.

İlgili alt sektör ile izlenen öncelikli maddeler kesiştirilerek Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10 ile verilen analiz sonuçları düzenlenmiştir.

**Çizelge 4.9 : Nilüfer Barajı memba noktası analiz sonuçları.**

Öncelikli Madde	1.izleme	2.izleme	3.izleme	4.izleme	MAK-ÇKS (µg/L)
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	
Nonilfenol	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	2
4-tert-Oktilfenol	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	-
Pentaklorofenol	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	1
Kurşun	<0,2	1,2	<0,2	0,98	14
Nikel	60	5	2,9	3,3	34
Tributil kalay bileşikleri	-	-	T.E.	T.E.	0,0015
Naftalen	60	T.E.	T.E.	T.E.	130
Antrasen	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0,1
Diklorometan	T.E.	64	T.E.	<1,9	-
Hekzabromosiklododekan (HBCDD)	T.E.	<0,00001	<0,01	<0,01	0,5
Perflorooktan sülfonik asit and türevleri (PFOS)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	36
Tetrabromdifenil eter	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0,14
Pentabromdifenil eter	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	-
Hekzabromdifenil eter	-	T.E.	T.E.	T.E.	-
Heptabromdifenil eter	-	T.E.	T.E.	T.E.	-
Triklorobenzen	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	-
C10-13 Kloroalkanlar	T.E.	T.E.	<0,4	<0,4	1,4
pH	8,29	8,64	7,83	8,39	-
Sıcaklık	16,8	6	15,7	16,5	-

T.E.: Tespit edilmedi.

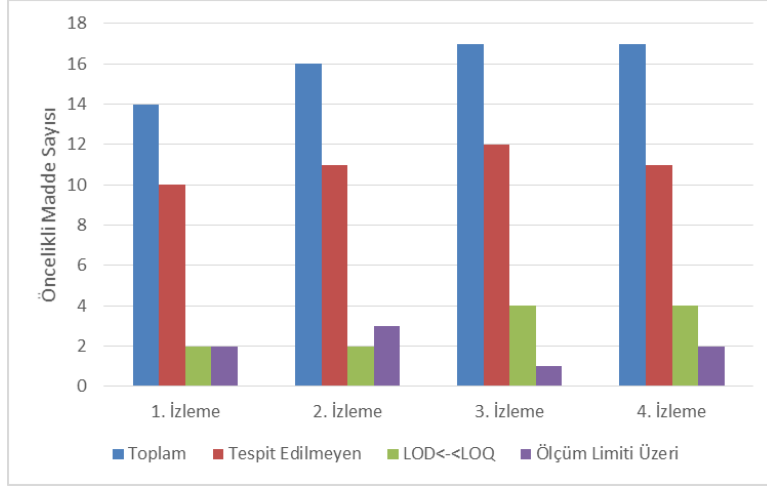
**Çizelge 4.10 : Nilüfer Çayı-Göbelye noktası analiz sonuçları.**

Öncelikli Madde	1.izleme	2.izleme	3.izleme	4.izleme	MAK-ÇKS (µg/L)
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	
Nonilfenol	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	2
4-tert-Oktilfenol	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	-
Pentaklorofenol	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	1
Kurşun	<0,2	3,7	2,7	2,6	14
Nikel	4	65	15,8	30,3	34
Tributil kalay bileşikleri	-	-	T.E.	T.E.	0,0015
Naftalen	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	130
Antrasen	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0,1
Diklorometan	T.E.	T.E.	<1,9	<1,9	-
Hekzabromosiklododekan (HBCDD)	T.E.	<0,00001	<0,02	0,02	0,5
Perflorooktan sülfonik asit and türevleri (PFOS)	<0,05	0,083	<0,05	0,062	36
Tetrabromdifenil eter	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0,14
Pentabromdifenil eter	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	-
Hekzabromdifenil eter	-	T.E.	T.E.	T.E.	-
Heptabromdifenil eter	-	T.E.	T.E.	T.E.	-
Triklorobenzen	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	-
C10-13 Kloroalkanlar	T.E.	1.1	<0,4	<0,8	1,4
pH	7,88	7,84	7,25	7,8	-
Sıcaklık	19,6	13	15,9	25	-

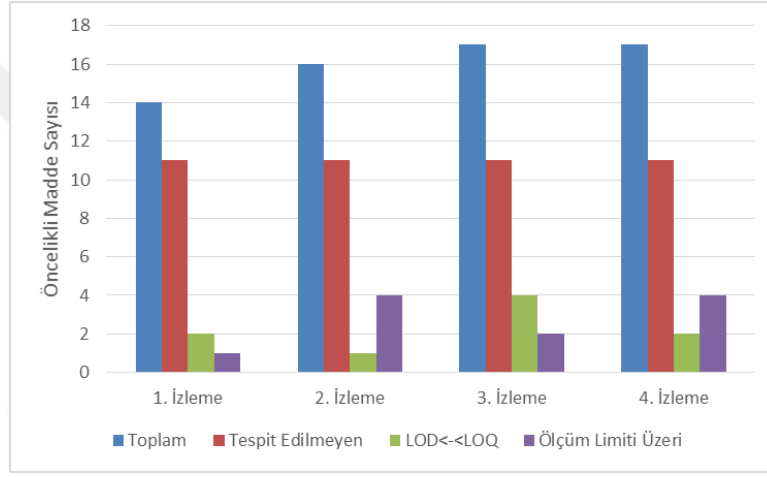
T.E.: Tespit edilmedi.

Çalışmanın bu adımında endüstriyel baskıların deşarjlarına ait analiz sonuçları olmadığından yukarıda verilen Nilüfer Çayı'na ait analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Nilüfer Çayı memba ve mansap noktasında yapılan analiz sonuçları Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 ile görüldüğü üzere toplam ölçülen, tespit edilmeyen, tespit ve ölçüm limiti (LOD ve LOQ) arasında kalan ve ölçüm limiti üzerinden sonuç veren öncelikli maddeler olarak sınıflandırılmıştır.



**Şekil 4.5 :** Nilüfer Barajı memba analizleri.



**Şekil 4.6 :** Nilüfer Çayı – Göbelye mansap analizleri.

Şekil 4.5 ile verildiği gibi Nilüfer Barajı memba analiz sonuçlarına göre, ölçüm limiti üzerinde olan madde sayısı izleme dönemine göre değişkenlik göstermektedir. 1.izleme döneminde nikel ve naftalin parametrelerinin ölçüm limiti üzerinde olduğu görülmektedir. Kurşun ve PFOS parametreleri ise tespit (LOD) ve ölçüm (LOQ) limitinin arasındadır. 2.izleme döneminde kurşun, nikel ve diklorometan parametreleri ölçüm limiti üzerinde sonuç vermekte iken HBCDD ve PFOS parametreleri tespit ve ölçüm limitinin arasındadır. 3.izleme dönemin ölçüm limiti üzerinde olan tek parametre nikel olup kurşun, HBCDD, PFOS ve C10-13 kloroalkanların tespit ve ölçüm limiti arasında olduğu tespit edilmiştir. 4. izleme döneminde ise 2.izleme döneminden farklı olarak diklorometan ve C10-13 kloroalkanlar tespit ve ölçüm limiti arasında bulunmaktadır. Nikel ve kurşun parametreleri ise, ölçüm limiti üzerinde sonuç vermiştir. Diklorometan parametresine ek olarak HBCDD ve PFOS tespit ve

ölçüm limiti arasında sonuç veren diğer parametrelerdir. Tespit edilemeyen parametre sayısı döneme göre 10-12 aralığında değişmektedir.

Şekil 4.6 ile verildiği gibi Nilüfer Barajı mansabı analiz sonuçlarına göre, ölçüm limiti üzerinde olan madde sayısı izleme dönemine göre değişkenlik göstermektedir. 1.izleme döneminde sadece nikel parametresinin ölçüm limiti üzerinde, kurşun ve HBCDD parametrelerinin ise tespit ve ölçüm limiti arasında olduğu görülmektedir. 2.izleme döneminde kurşun, nikel, PFOS ve C10-13 kloroalkanlar ölçüm limiti üzerinde sonuç vermekte iken sadece HBCDD parametresi tespit ve ölçüm limitinin arasındadır. 3.izleme döneminde ölçüm limiti üzerinde olan parametreler kurşun ve nikel olup, diklorometan, HBCDD, PFOS ve C10-13 kloroalkanların tespit ve ölçüm limiti arasında olduğu saptanmıştır. 4. izleme döneminde ise kurşun, nikel, HBDD ve PFOS parametreleri olmak üzere toplam 4 parametre ölçüm limiti üzerinden sonuç vermiştir. Diklorometan ve C10-13 kloroalkanlar ise tespit ve ölçüm limiti arasında sonuç veren parametrelerdir. Tüm dönemlerde tespit edilemeyen parametre sayısı 11'dir.

Ayrıca, ilgili analiz sonuçları SÇD (EC, 2000) ve ÇKS direktifi (EC, 2008) ile belirlenen çevresel kalite standartları ile karşılaştırılmıştır. Analizler yeterli sayıda olmadığından kronik etkiden korunma amaçlı belirlenen YO-ÇKS üzerinden değerlendirme yapılamamıştır. Akut etkiden koruma amaçlı belirlenen MAK-ÇKS değeri değerlendirildiğinde ise söz konusu standardı aşan tek bir parametrenin (nikel) olduğu görülmüştür. Söz konusu standart her iki analiz noktasında da sadece bir dönemde aşılmıştır. Nilüfer Barajı memba analiz sonuçları envanter açısından incelenmiştir. Tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin tekniklerin değerlendirilmesinde sektörlerden kaynaklı deşarjların sonrasında bulunan Nilüfer Çayı Göbelye noktası analizleri esas alınmıştır.

## 4.6 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Belirlenmesi

### 4.6.1 Tehlikeli maddeler için temiz üretim teknikleri

#### 4.6.1.1 Ham madde ikamesi

##### Bromlu difenileterler

İkame yöntemi bromlu difenil eter emisyonunu azaltmak için en etkin yöntemdir. Tekstil endüstrisinde alev geciktirici olarak kullanılan bromlu difenil eterlerin yerine fosfor bazlı alev gecikticilerden Pyromescent veya karışık fosforlu halojenli alev geciktiricilerden Pyrozoyl 6P önerilmektedir. Önerilen bu maddelerin birim maliyetleri sırasıyla 5,5 ve 6,5 €/kg'dır. Alternatiflerin maliyetleri değerlendirilirken mevcut durumda kullanılan dekaBDE (2,5-3 €/kg) ve pentaBDE (6 €/kg) maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır (Mathan, ve diğerleri, 2012).

##### HBCDD

Hekzabromosiklododekanlar yerine kullanılabilen alev geciktiriciler; dekabromodifenil eter, klorlu parafinler, bromlu epoksitler, dekabromodifeniletan ve etilenbis (tetrabromoftalamit) olarak verilmektedir (Posner, Survey and technical assessment of alternatives to TBBPA and HBCDD, 2006). Halojen olmayan alternatifler Posner (2006) tarafından listelenirken, Posner ve diğerleri (2010) alternatifleri; resorcinol bis (bifenil fosfat), bis fenol A bis(bifenil fosfat), polimerik bifenil fosfat, difenil kresil fosfat, trifenil fosfat veya 1-metiletiliden, di 4-1 fenilentetrafenil difosfat olarak sıralamaktadır.

Şişme tipi sistemler de tekstil arka kaplamalarında HBCDD kullanımına alternatif olarak verilmektedir (Posner, Survey and technical assessment of alternatives to TBBPA and HBCDD, 2006). Bu konuda dayanıklılık ve etkinlik açısından şüpheler vardır. Ayrıca aynı kaynak, reaktif fosfor bileşenleri, halojen içermeyen alternatif olarak amonyum polifosfat ve di- amonyum fosfat alternatiflerini tekstil arka kaplama için önermektedir.

##### Nonilfenol ve nonilfenol etoksilatlar

Alkilfenol etoksilatlardan nonilfenol etoksilatların yerine alkol etoksilatların kullanımı önerilmek olup maliyet açısından karşılaştırma yapıldığında alkol etoksilatların %20 oranında daha pahalı olduğu söylenebilmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012).



## Oktilfenol ve oktilfenol etoksilatlar

Yağlı alkol etoksilatları tipik ikame seçenekleri olup, daha zorlu uygulamalar için Guerbet alkol gibi dallı alkol bileşikleri önerilmektedir. Sözü edilen ikame maddelerinden yağlı etoksilatların maliyetleri oktilfenol etoksilatların %10-20 fazlası iken, dallı alkol bileşiklerinin maliyeti oktilfenol etoksilatların iki katına kadar çıkabilmektedir. Oktilfenol etoksilatların diğer alternatifleri ise, 4-tert-pentilfenol veya dodesilfenoldür.

Son yapılan çalışmalar dikkate alındığında OECD SIDS programı, yağlı alkollerin sudaki canlılara toksik etki yaptığını ancak biyobirikim ve endokrin bozucu özellik göstermediğinde oktilfenoller gibi kalıcı olmadıklarını belirtmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012).

### **4.6.1.2 Yeni teknoloji**

Bu örnek çalışmada, yeni teknoloji uygulamaları sektörde kullanılan su miktarını azaltmaya yönelik olup, su kalitesi ile ilgili bir değerlendirme içermediğinden entegre kirlilik önleme ve kontrol teknikleri kapsamında değerlendirilmemiştir.

### **4.6.1.3 Geri kazanım**

Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklı atıksuyun geri kazanımı membran sistemler ile mümkündür.

Membran sistemlerden biri olan nanofiltrasyon ünitesine giren atıksuda %70-100 aralığında nonilfenol giderimi sağlanırken, nanofiltrasyon ünitesini takiben ters osmoz çıkışı toplam giderim veriminin %98'in üzerine çıktığı görülmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). İlgili alt sektörden kaynaklı, fenoller grubu olarak değerlendirilebilecek öncelikli maddelerden 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenolün (4-tert-oktilfenol) ve pentaklorofenolün membran distilasyon yöntemi ile giderim verimi sırası ile %54 ve %98 olarak verilmiştir (Wijekoon, ve diğerleri, 2014). Kısa zincirli klorlu parafinlerin, öncelikli maddenin filtrede tutulma oranının %75-99 aralığında olduğu varsayılmaktadır (Mathan, ve diğerleri, 2012). Membran filtrasyon yöntemi ile ağır metal giderim veriminin ise, %30 ile %70 aralığında değişmesi beklenmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012).

- Ters osmoz ve ultrafiltrasyon üniteleri içeren bir tesisin ilk yatırım maliyetleri 0,5-1,3 €/m<sup>3</sup> (300m<sup>3</sup>/gün kapasitenin altında), 1,3-2,7 €/m<sup>3</sup>(300-600 m<sup>3</sup>/gün

kapasite arasında) ve 2,7-8,0 €/m<sup>3</sup> (600 m<sup>3</sup>/gün kapasite üzerinde) aralığında değişmektedir (Ranganathan, Karunagaran, & Sharma, 2007).

- Ters osmoz ünitesi içeren ve %60 oranında su geri kazanımın sağlanması için kurulmuş bir tesiste 2500 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli bir tesis için 2 milyon € bina inşaatı, 7,4 milyon € teknik ekipman ve 0,7 milyon € planlama ve teknik araştırmalar olmak üzere toplam ilk yatırım maliyeti 10.1 milyon € olarak verilmektedir. Birim atıksu başına %6,88 fazi oranı ile ilk yatırım maliyeti ise 1,46 €/m<sup>3</sup>'tür (Schönberger & Schafer, 2003).
- Nanofiltrasyon ve ters osmoz ünitelerinden oluşan ve ayrık akımlara uygulanan geri kazanım alternatifinin 10m<sup>3</sup>/saat'lik kapasite için ilk yatırım maliyeti 1 milyon € olarak verilmiştir. Birim atıksu başına ilk yatırım maliyeti ise 1,30 €/m<sup>3</sup>'tür (Schönberger & Schafer, 2003).
- Ayrık akımlardan pigment patı içeren atıksuların arıtılmasına yönelik olarak sunulan alternatifin ilk yatırım maliyeti 2,5 m<sup>3</sup>/sa kapasitesindeki bir tesis için 180.000 € olarak belirtilmektedir (Schönberger & Schafer, 2003).
- Tekstil endüstrisinin haşıl sökme prosesinden kaynaklanan atıksularındaki (ayrık akım) öncelikli maddelerin, oksidasyon maddesi olarak moleküler oksijen kullanılarak oksidasyon prosesi ile giderimi alternatifinin ilk yatırım maliyeti 4-5 m<sup>3</sup>/sa kapasitesindeki bir tesis için 2.300.000 € olarak belirtilmektedir (Schönberger & Schafer, 2003).
- Koagülasyon, flokülasyon, çöktürme ve filtrasyon ünitelerini içeren 20m<sup>3</sup>/sa kapasiteli bir sistemin, lif giderimi için elek, reaktör, çamur konteyneri, filtre-pres, basınçlı hava, borular ve kontrol enstrümanlarını içeren tesisin ilk yatırım maliyeti 200.000-300.000 € aralığında değişmektedir. (Schönberger & Schafer, 2003).

#### İşletme maliyetleri;

- Ters osmoz ve ultrafiltrasyon üniteleri içeren bir tesisin işletme ve bakım maliyetleri yaklaşık olarak 1€/m<sup>3</sup>'tür (Ranganathan, Karunagaran, & Sharma, 2007).
- Ters osmoz ünitesi içeren bir tesiste personel, bakım ve işletme giderlerinin toplamı yaklaşık olarak 0,8 €/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur (Schönberger & Schafer, 2003).

- Nanofiltrasyon ve ters osmoz ünitelerinden oluşan ve ayrık akımlara uygulanan geri kazanım alternatifinin işletme maliyeti: 3,2 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir (Schönberger & Schafer, 2003).
- Ayrık akımlardan pigment patı içeren atıksuların arıtılmasına yönelik olarak sunulan alternatifin konsantrenin uzaklaştırılmasını da içeren işletme maliyeti ise yaklaşık olarak 4 €/m<sup>3</sup>'tür (Schönberger & Schafer, 2003).

Entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinden temiz üretim başlığı altında geri kazanım yapan tesislerin su niceliği açısından geri kazanıma duyarlı olmasının gerekliliğinin yanı sıra mevcut durumda kullandıklarını suyun birim maliyetini de dikkate alarak değerlendirme yapması gereklidir.

#### **4.6.2 Tehlikeli maddeler için arıtma teknolojileri (boru sonu teknolojiler)**

Öncelikli maddelerin arıtımına yönelik olarak yapılan çalışmalarda fiziksel ve biyolojik arıtma teknolojilerinin ana önlem olarak uygulanması gerektiği belirtilmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Öncelikli maddelerin daha verimli bir şekilde arıtılması için ise ileri arıtma tekniklerinin uygulanması gerekmektedir.

Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddeler içerisinde konvansiyonel arıtma teknolojisi ile giderimin araştırıldığı kirleticiler bromlu difenil eterler, HBCDD, nonilfenoller ve naftalindir.

Bromlu difenil eterler madde grubunun konvansiyonel sistemlerde incelendiği çalışmalara göre giderim veriminin %45 ile %100 aralığında değiştiği görülmektedir (Xiang, Zhao, Meng, & Chen, 2013; Deng, Chen, Li, Li, & Li, 2016; Cristale & Lacorte, 2015; Siegel, 2013). Ayrıca %60 giderim veriminin tespit edildiği bir çalışmada söz konusu bileşikler giderme konusunda çökeltme prosesinin ana mekanizma olması sebebi ile tespit edilen değer düşük olduğu belirtilmiştir (Deng, Chen, Li, Li, & Li, 2016). HBCDD öncelikli maddesi için mekanik, kimyasal ve biyolojik arıtma teknolojilerinin birlikte kullanımı ile %70-90 aralığında gideriminin sağlandığı belirtilmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Konvansiyonel atıksu arıtma yönteminin nonilfenol gideriminde de etkili olduğu kanıtlanmıştır. Belirtilen yöntem ile nonilfenollerin %75 oranında çamura geçmesi sağlanmaktadır (Mathan, ve diğerleri, 2012). Yüksek molekül yoğunluklu naftalin biyobozunur değildir ve bu sebeple biyolojik yöntemlerle giderimi için çok zaman gereklidir. Yapılan çalışmalarda değişik pH ve konsantrasyonlarda yapılan denemeler ile havalandırma yöntemi ile

naftalin gideriminin ancak %37 oranına ulaşıldığı görülmektedir. (Derikvand, Borghei, Hassani, Mirbagheri, & Javid, 2013)

Oksidasyon teknikleri içerisinde endokrin bozucu maddelerin de bulunduğu birçok tehlikeli maddenin gideriminde kullanılabilir. Çalışma kapsamında değerlendirilen alt sektörden kaynaklanan nonilfenoller endokrin bozucu özellik göstermektedir ve kimyasal oksidasyon ile giderim veriminin %90 olduğu belirtilmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Oksidasyon tekniği ile gideriminin araştırıldığı bir diğer öncelikli madde ise naftalindir. Söz konusu teknik ile naftalin giderimi düşük olarak nitelendirilebilir, Derikvand ve diğerlerinin (2013) yaptığı çalışmaya göre bu oran %55'dir. Ancak yine aynı çalışma ile ozonlama ve anaerobik proseslerin birlikte kullanımı ile poliaromatik hidrokarbon gideriminin yaklaşık %80 oranına çıkabileceği belirtilmektedir.

Mevcut durumda tekstil atıksuyunu arıtan tekil tesisler ve OSB'lerde yaygın olarak kullanılan koagülasyon, flokülasyon ve çökeltme prosesi filtrasyon ile tamamlandığında daha da verimli bir alternatif haline dönüşmektedir. Özellikle atıksudaki ağır metallerin uzaklaştırılması için oldukça etkili olabilmektedir (Adeleye, ve diğerleri, 2016). Koagülasyon ve flokülasyon uygulamasının kurşun ve nikel giderimi üzerindeki verimleri de sırasıyla %95 ve %98'dir (Johnson, Girinathannair, Ohlinger, Ritchie, & Kirby, 2008; Liu, ve diğerleri, 2013). Tribütil kalay bileşikleri için koagülasyon, flokülasyon ve kum filtrasyonu yöntemlerinin birlikte uygulanması ile yaklaşık %90 oranında giderim sağlanmaktadır (Mathan, ve diğerleri, 2012).

Öncelikli maddelerin giderimde kullanılan diğer bir yöntem olan aktif karbon adsorpsiyonunda toz aktif karbon ile tribütil kalay bileşiklerinin giderimi sağlanabilmektedir. Tam ölçekli bir tesisin ilk kısmında koagülasyon ve filtrasyon üniteleri ile partiküler tribütil kalay bileşiklerinin giderimi sağlanırken, çözülmüş tribütil kalay bileşiklerinin giderimi aktif karbon ile sağlanmaktadır. Bu sistem ile tribütil kalay bileşiklerinin maksimum giderim verimi %99,8'e ulaşabilmektedir. Klorofenol bileşiklerinin aktif karbon ile giderim verimi %60-80 aralığında değişmektedir (Rashed, 2013). Nonilfenol öncelikli maddesinin aktif karbon ile giderim verimi %50-99 aralığında değişmektedir. Söz konusu arıtma tekniğinin oktilfenol, PFOS, C10-13 Kloroalkanların ve antrasen gideriminde de etkili olduğu bilinmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012; Saad, Khiari, Elaloui, & Moussaoui, 2013; Rasheed, Farooq, Rafique, Nasreen, & Aqeel Ashraf, 2016). Yapılan başka bir

çalışmada diklorometan, 1,2,4-triklorobenzen ve 1,2,3-triklorobenzen maddelerinin aktif karbon adsorpsiyonu ile giderim verimleri sırasıyla %98,3, %99,2 ve %90,5 olarak verilmektedir (Rashed, 2013). 1,2,4-triklorobenzen gideriminin incelendiği bir diğer çalışmada ise giderim veriminin maksimum %81,70'e ulaştığı belirtilmektedir (Zhao, He, Zhang, & Ma, 2011).

- HBCDD gideriminin değerlendirildiği fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerin uygulandığı tesisin işletme maliyeti 0,33 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir (Mathan, ve diğerleri, 2012).
- Bir tekstil firmasına ait konvansiyonel parametrelerin arttığı bir arıtma tesisinin daha düşük F/M oranı ile işletilmesine bağlı olarak ek havalandırma ihtiyacının maliyeti 0,30 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir. Söz konusu koşulların sağlanması için daha büyük hacimli havalandırma tanklarına ihtiyaç olacağından, bu durumun tesisin ilk yatırım maliyetlerine artış olarak yansıtacağı belirtilmiştir (Schönberger & Schafer, 2003).
- Tekstil endüstrisinin haşıl sökme prosesinden kaynaklanan atıksularındaki (ayrık akım) öncelikli maddelerin, oksidasyon maddesi olarak moleküler oksijen kullanılarak oksidasyon prosesi ile gideriminde; kimyasal dozlamayı, bakımı, personel giderlerini ve elektrik tüketimini içeren işletme maliyeti yaklaşık olarak 3€/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir (Schönberger & Schafer, 2003).
- Ozonlama yönteminin incelendiği başka bir örnekte reaktif oksidasyon ürünlerini elimine etmek için kum filtresi gibi ek bir adımın olması gerektiği belirtilmektedir. Önerilen bu ekleme ile sistemin enerji tüketimi tesisinin büyüklüğüne göre %10-20 civarında artmakta olup, 0,1-0,2 kWh/m<sup>3</sup> aralığında, ozonlama yönteminde kullanılan oksijenin üretimi ve taşınması dahil enerji ihtiyacı ise 0,3-0,5 kWh/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. Söz konusu projeye göre 4.000 m<sup>3</sup>/gün'den daha düşük kapasiteli tesislerde sistemin maliyeti yaklaşık olarak 0,30 €/m<sup>3</sup> iken, yüksek kapasiteli (>30.000 m<sup>3</sup>/gün) arıtma tesislerinde birim maliyet yaklaşık olarak 0,10 €/m<sup>3</sup> değerine düştüğü belirtilmiştir (Abegglen, 2009).
- Koagülasyon, flokülasyon, çöktürme ve filtrasyon ünitelerini içeren sistemin işletme maliyetleri ise 0,25-1,50 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir (Schönberger & Schafer, 2003).

- Adsorpsiyon yönteminde kullanılan partiküler aktif karbonun üretimi ve taşınması dahil enerji ihtiyacı ise 0,4-0,7 kWh/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. Söz konusu projeye göre 4.000 m<sup>3</sup>/gün'den daha düşük kapasiteli tesislerde sistemin maliyeti yaklaşık olarak 0,40 €/m<sup>3</sup> iken, yüksek kapasiteli (>30.000 m<sup>3</sup>/gün) arıtma tesislerinde birim maliyet yaklaşık olarak 0,16 €/m<sup>3</sup> değerine düşmektedir (Schönberger & Schafer, 2003). Başka bir çalışmaya göre ise, sistemin kömür yatağı haricinde ilk yatırım maliyetlerinin düşük olduğu söylenebilmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). İşletme maliyetleri de diğer kaynağı destekler nitelikte kullanılan kömür tipi ve dozajına göre değişkenlik göstermekte olup, 0,1-1.0 €/m<sup>3</sup> aralığında değiştiği belirtilmektedir (Mathan, ve diğerleri, 2012). Tribütil kalay bileşiklerinin koagülasyon, flokülasyon, çökeltme ve aktif karbon adsorpsiyonu ile arıtılmasındaki işletme maliyeti ise 2,5 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir (Mathan, ve diğerleri, 2012).
- Yapılan genel bir değerlendirmeye göre ise, mikrokirleticileri arıtmaya yönelik olarak yapılacak olan değişiklikler arıtma tesisinin maliyetinde %5 ile %25 aralığında değişen bir artışa yol açmaktadır. Düşük kapasiteli tesislerdeki artışın daha yüksek yüzdelerde olabileceği de öngörülmekte olup bu oranın düşük kapasitede %15-25, yüksek kapasiteli tesislerde ise %5-10 aralığında olması beklenmektedir (Schärer, Sieber, & Müller, 2013).

#### **4.7 Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tekniklerinin Skorlanması**

Yapılan karşılaştırma uygun seçeneklerin teknik, ekonomik ve çevresel açıdan değerlendirilmesini içermektedir. Değerlendirme bileşenleri tez kapsamında oluşturulmuş metodolojiye göre teknik fizibilite, teknik etkinlik, maliyet (ilk yatırım ve işletme maliyetleri) ve ikincil çevresel etkidir.

Bu uygulamada değerlendirilen teknikler genel olarak boru sonu teknolojilere yöneliktir. Ancak membran sistemler atıksu geri kazanımına yönelik olarak kullanıldığında, temiz üretim teknikleri başlığı altında da değerlendirilmelidir.

Teknik fizibilite değerlendirilmesinde Bölüm 4.6 ile verilen bilgiler kullanılmıştır. Ayrıca, söz konusu çalışma mevcut durumda uygulanabilir yöntemlere odaklanmıştır. Alternatiflerin teknik etkinlik bileşeni ise söz konusu entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin giderim verimlerine yönelik olarak eklenmiştir. Maliyet bileşeni değerlendirmesinde ilk yatırım ve işletme maliyetleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Teknik etkinlik ve maliyet değerlendirmesi için yine Bölüm 4.6 ile verilen bilgiler kullanılmıştır.

Söz konusu değerlendirmedeki son bileşen ise ikincil çevresel etkilerdir. Öncelikli maddeler için uygulanan entegre kirlilik önleme ve kontrol yöntemlerinin sebep olduğu ikincil etkilerin çevresel açıdan değerlendirilmesi de Bölüm 2.4 ile verilen bilgiler ışığında yapılmıştır.

Yapılan değerlendirmede esas alınan bileşenler ve bileşenlere ait detaylar Bölüm 3. ile verilmektedir.

Tehlikeli maddeler ile entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda elde edilen skorlar Çizelge 4.11 ile verilmiştir.

**Çizelge 4.11** : Entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerine ait skorlar.

Öncelikli Madde	EKÖK Tekniği	Teknik Fizibilite Skoru	Teknik Etkinlik Skoru	İlk Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti Skoru	İkincil Çevresel Etki	TOPLAM SKOR	RELATİF SKOR (1)
4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol	Membran Distilasyon	3	1	1	1	3	9	0,60
Nonilfenol	Nanofiltrasyon	3	2	1	1	3	10	0,67
Nonilfenol	Nanofiltrasyon/Ters Osmoz	3	3	1	1	3	11	0,73
Nonilfenol	Konvansiyonel Arıtma	3	2	3	2	2	12	0,80
Nonilfenol	Kimyasal Oksidasyon	3	3	2	2	2	12	0,80
Nonilfenol	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	2	2	2	3	12	0,80
Pentaklorofenol (PCP)	Membran Distilasyon	3	3	1	1	3	11	0,73
Pentaklorofenol (PCP)	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	2	2	2	3	12	0,80
1,2,3-Triklorobenzen (1,2,3-TCB)	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	3	2	2	3	13	0,87
1,2,4-Triklorobenzen (1,2,4-TCB)	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	3	2	2	3	13	0,87
Bromlu difenileterler	Konvansiyonel Arıtma	3	2	3	2	2	12	0,80
Hekzabromosiklododekanlar (HBCDD)	Mekanik, kimyasal ve biyolojik arıtma	3	3	3	2	2	13	0,87
Perflorooktansülfonik asit ve türevleri (PFOS)	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	3	2	2	3	13	0,87
Diklorometan	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	3	2	2	3	13	0,87
Kurşun ve bileşikleri	Membran Filtrasyon	3	1	1	1	3	9	0,60
Kurşun ve bileşikleri	Koagülasyon ve Flokülasyon	3	3	3	2	3	14	0,93
Nikel ve bileşikleri	Membran Filtrasyon	3	1	1	1	3	9	0,60
Nikel ve bileşikleri	Koagülasyon ve Flokülasyon	3	3	3	2	3	14	0,93
Tributilkalay bileşikleri	Koagülasyon-Flokülasyon ve Kum Filtresi	3	3	2	2	3	13	0,87
Tributilkalay bileşikleri	Koagülasyon-Flokülasyon ve Kum Filtresi + Aktif Karbon	3	3	1	1	3	11	0,73
Antrasen	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	3	2	2	3	13	0,87

**Çizelge 4.11 (devam) : Entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerine ait skorlar.**

Öncelikli Madde	EKÖK Tekniği	Teknik Fizibilite Skoru	Teknik Etkinlik Skoru	İlk Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti Skoru	İkincil Çevresel Etki	TOPLAM SKOR	RELATİF SKOR (1)
Naftalin	Konvansiyonel Arıtma	3	1	3	2	2	11	0,73
Naftalin	Kimyasal Oksidasyon	3	1	2	2	2	10	0,67
C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafınler (SCCP))	Membran Filtrasyon	3	3	1	1	3	11	0,73
C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafınler (SCCP))	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	2	2	2	3	12	0,80

(1) Relatif skorlar toplam skorun maksimum skor olabilecek 15'e bölünmesi ile bulunmuştur.

#### 4.8 Maliyet Tahmin Yaklaşımı

Yapılan değerlendirmede 13.30 NACE kodlu “Tekstil Ürünlerinin Bitirilmesi” alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddeler ile Nilüfer Çayı Göbelye noktası analiz sonuçlarının birlikte irdelenmesi gerekmektedir.

Literatürde entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin değerlendirilmesi için noktasal kaynaklardan numune alınmış veya izlenmesi mevzuatlarla zorunlu hale getirilmiş analizler değerlendirilmiştir. Mevcut durumda Türkiye’de araştırma ve mevzuat hazırlık çalışmaları amaçlı tehlikeli madde izleme çalışmaları başlamıştır. Noktasal kaynaklardan alınmış numunelerin ÇKS'lere göre belirlenmiş deşarj standartları ile karşılaştırılması sonucunda ilgili alt sektörden kaynaklanan tehlikeli maddeleri önceliklendirmek en uygun yaklaşımdır. Yapılan tez çalışmasında mevcut verilere dayanarak alıcı ortam analizleri ve çevresel kalite standartları üzerinden yorumlama yapılmıştır. Yapılan çalışmanın ilgili alt havzadaki bir pilot tesis üzerinden yürütülmesi ise hem maliyetli olacağından, hem de öncelikli maddeler için belirlenmiş deşarj standartları olmadığından tercih edilmemiştir.

Analiz sonuçlarına ilişkin olarak yapılan değerlendirmede analiz sayısı yeterli sayıda olmadığından kronik etkiden korunma amaçlı belirlenen YO-ÇKS üzerinden değerlendirme yapılamamıştır. Akut etkiden koruma amaçlı belirlenen MAK-ÇKS değeri değerlendirildiğinde ise söz konusu standardı aşan tek bir parametrenin (nikel) olduğu görülmüştür.



Bu sebeple, yapılan çalışmada öncelikli maddeleri önem sırasına koyabilmek adına mansap ölçümlerinde en az iki dönem analiz sonuçlarının ölçüm limiti üzerinde olması koşulu aranmıştır. Çevresel kalite standartlarının belirlenmesi çalışmalarında söz konusu tehlikeli maddeye ait ölçüm limitlerinin de dikkate alınması, belirlenen bu koşulu destekler nitelikte olduğu düşünülmektedir. Söz konusu koşulu sağlayan parametreler aşağıda verilmiştir.

- Kurşun ve bileşikleri
- Nikel ve bileşikleri
- Hekzabromosiklododekanlar (HBCDDs)
- Perflorooktan sülfonik asit ve türevleri (PFOS)
- C10-13 Kloroalkanlar

Yukarıda verilen öncelikli maddelerin kaynaklandığı tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörüne ilişkin tekil tesislerin ve OSB'lerin toplam atıksu miktarı 160.000 m<sup>3</sup>/gün civarında iken, tesislere ilişkin kapasite bilgilerine dayanarak atıksu miktarının 250.000 m<sup>3</sup>/gün'ün üzerine çıkabileceği söylenebilir. Atıksuyun yaklaşık %90'ının OSB'lerden kaynaklandığı görülmektedir.

İlgili kirleticilere göre düzenlenmiş özet skorlama tablo Çizelge 4.12 ile verilmiştir.

**Çizelge 4.12 :** Tez çalışması kapsamında önceliklendirilmiş kirleticilere ait skorlar.

Öncelikli Madde	EKÖK Tekniği	Teknik Fizibilite Skoru	Teknik Etkinlik Skoru	İlk Yatırım Maliyeti	İşletme Maliyeti Skoru	İkincil Çevresel Etki	RELATİF SKOR
Hekzabromosiklododekanlar (HBCDD)	Mekanik, kimyasal ve biyolojik arıtma	3	3	3	2	2	0,87
Perflorooktansülfonik asit ve türevleri (PFOS)	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	3	2	2	3	0,87
Kurşun ve bileşikleri	Membran Filtrasyon	3	1	1	1	3	0,60
Kurşun ve bileşikleri	Koagülasyon ve Flokülasyon	3	3	3	2	3	0,93
Nikel ve bileşikleri	Membran Filtrasyon	3	1	1	1	3	0,60
Nikel ve bileşikleri	Koagülasyon ve Flokülasyon	3	3	3	2	3	0,93
C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafinler (SCCP))	Membran Filtrasyon	3	3	1	1	3	0,73
C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafinler (SCCP))	Aktif Karbon Adsorpsiyonu	3	2	2	2	3	0,80

Çizelge 4.12 ile verildiği gibi hekzabromosiklododekanlar (HBCDD), perflorooktansülfonik asit ve türevleri (PFOS) öncelikli maddeleri için tek bir entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniği incelenmiştir. Hekzabromosiklododekanlar (HBCDD) giderimi optimum işletme koşullarının sağlanması ile mevcut durumda tesislerde bulunan mekanik, kimyasal ve biyolojik arıtma ile artırılmaktadır.

Perflorooktansülfonik asit ve türevleri (PFOS) ve diklorometan öncelikli maddelerinin kontrolü için ise aktif karbon adsorpsiyonu teknolojisi önerilmektedir. Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan ağır metaller (nikel ve bileşikleri, kurşun ve bileşikleri) için ise; yapılan literatür araştırmasına göre membran filtrasyon ve koagülasyon-flokülasyon yöntemleri skorlandırılmıştır. Yapılan skorlamaya göre; kurşun ve nikel ağır metalleri için koagülasyon ve flokülasyon tekniğinin daha optimum olacağı görülmektedir. Hem giderim verimlerinin düşük oluşu hem de yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetleri sebebi ile membran filtrasyon yöntemi, koagülasyon ve flokülasyon yöntemine göre oldukça düşük skor almıştır. İlgili alt sektörden kaynaklanan diğer öncelikli madde ise; C10-13-kloroalkanlardır. Bu öncelikli madde için de membran filtrasyon ve aktif karbon adsorpsiyonu yöntemleri incelenmiştir. C10-13-kloroalkanların membran filtrasyonla giderim verimi yüksek olduğundan ve aktif karbon adsorpsiyonu ile membran filtrasyon yönteminin maliyet bileşenlerinin çok farklı olmaması sebebi ile iki boru sonu teknolojisine ait skor çok farklı çıkmamıştır. Diğer öncelikli maddelerde olduğu gibi toplam skor üzerinden yapılan değerlendirmede aktif karbon adsorpsiyonu yönteminin daha yüksek skor aldığı görülmektedir. Diğer öncelikli maddelerin kontrolü için de aktif karbon adsorpsiyonunun seçilmiş olması ve yüksek skor göz önünde bulundurularak, C10-13-kloroalkanların kontrolü için de aktif karbon adsorpsiyonu teknolojisi seçilmiştir. Söz konusu teknolojinin teknik etkinlik skorunun 2 olması, diğer bir deyişle aktif karbon adsorpsiyonu yöntemi ile C10-13-kloroalkanlar giderim veriminin %75 ile %85 aralığında olması, analiz sonuçlarının deşarj standartları üzerinden değerlendirilmesi halinde daha dikkatle irdelenmesi gereken bir bileşendir.

Özetle, tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan önceliklendirilmiş tehlikeli maddeleri kontrol teknikleri olarak mevcut olan biyolojik arıtmalara ek olarak kimyasal arıtma ve aktif karbon adsorpsiyonu teknolojisinin uygulanması önerilmektedir.

Bölüm 4.5 ile verilen Nilüfer Çayı'na deşarj eden 13.30 NACE kodlu tesisler veya 13.30 NACE kodlu tesis bulduran OSB'lerin arıtma teknolojilerine göre ihtiyaç analizi yapılmıştır. Söz konusu analiz Çizelge 4.13 ile özetlenmektedir.

**Çizelge 4.13 :** 13.30 alt sektöründeki tekil kaynakların ihtiyaç analizi.

Tekil Kaynak	Biyolojik Arıtma	Kimyasal Arıtma	Aktif Karbon Adsorpsiyonu
Bursa OSB AAT	Var	Var	Yok
Demirtaş OSB AAT	Var	Var	Yok
Yeşil Çevre AAT	Var	Yok	Yok
Tekil Tesis-1	Var	Var	Yok
Tekil Tesis-2	Var	Yok	Yok

Çizelge 4.13 ile verilen bilgilere göre, seçilen sektörden kaynaklı önceliklendirilmiş tehlikeli maddelerin kontrolü için Yeşil Çevre AAT ve Tekil Tesis-2 için kimyasal arıtma ihtiyacı bulunmaktadır. Ayrıca envanterde yer alan 3 adet OSB ve 2 adet tekil tesiste aktif karbon adsorpsiyonu mevcut değildir.

Yapılan ihtiyaç analizinin sonunda çalışma kapsamında kimyasal arıtma ve aktif karbon adsorpsiyonuna yönelik olarak maliyet tahmini yapılmasına karar verilmiştir. Bu bölümün devamında kimyasal arıtma ve aktif karbon adsorpsiyonuna ait maliyetler sunulmuştur.

Nilüfer Çayı Alt Havzası 13.30 NACE kodlu tekil tesisler veya aynı NACE kodlu tesis barındıran OSB'ler içerisinde, Yeşil Çevre AAT ve bir adet tekil tesiste yapılması öngörülen kimyasal arıtma için, mikser, kimyasal tankları, dozaj pompaları, kimyasal hazırlama üniteleri gibi ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ekipmanlar yanında tesiste yapılacak borulama, nakliye-montaj ve inşaat maliyetlerinin de değerlendirilmesi ile maliyet tahmin edilmiştir. Kimyasal arıtma için maliyet tahmini yapılırken, tekil kaynakların AAT'lerinin kapasiteleri dikkate alınmıştır. Toplam kapasite yaklaşık olarak 100.000 m<sup>3</sup>/gün'dür. Söz konusu kapasite için tahmini maliyet 2.200.000 € olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.14 ile kimyasal arıtma ilk yatırım maliyetleri tekil kaynaklar bazında verilmiştir.

**Çizelge 4.14 :** Tekil kaynaklar bazında kimyasal arıtma ilk yatırım maliyetleri.

Tekil Kaynak	AAT Kapasitesi (m <sup>3</sup> /gün)	İlk Yatırım Maliyeti (€)
Yeşil Çevre AAT	100.000	2.150.000
Tekil Tesis-2 AAT	450	50.000

OSB ve tekil tesislerde tez çalışması kapsamında önceliklendirilen tehlikeli maddelerin giderimine yönelik olarak aktif karbon teknolojisine ihtiyaç olduğu

belirlenmiştir. Söz konusu teknolojinin maliyetleri belirlenmeden önce üç OSB ve iki tekil tesisten kaynaklı atıksuyun ne kadarının aktif karbon adsorpsiyonundan geçirileceğine karar verilmesi gerekmektedir. Bölüm 3. ile belirtildiği gibi tehlikeli maddelere ait AAT çıkış konsantrasyonu ve deşarj standardı mevcut ise, AAT’de yapılacak paçallama denemeleri ile daha az debinin yeni önerilen teknolojiye dahil olması sağlanabilir. Eğer analiz sonuçları alıcı ortama ait ise, söz konusu değerlendirmenin yapılması için ilgili alıcı ortama yapılan tüm baskılar (debi ve tehlikeli maddelere ait konsantrasyonlar) ve alıcı ortamın akış debisi bilinmelidir. Burada da analiz sonuçlarının her bir baskı kaynağı için mevcut ve yeterli olması gerekmektedir. Özetle yapılan karşılaştırmada deşarj standardı da ÇKS değeri de kullanılsa, noktasal baskıların deşarj konsantrasyonlarına ihtiyaç vardır. Yapılan tez çalışmasında bu deşarjlara ilişkin veri bulunmadığından OSB’lerin ve tekil tesislerin atıksu debileri ile ilgili kabuller yapılmıştır. Bölüm 3. ile örnek verildiği gibi tehlikeli madde çıkış konsantrasyonunun deşarj standardının 1,5 katı olduğu ve önerilen teknik ile belirlenen tehlikeli madde için %95 oranında giderim veriminin sağlandığında debinin %50’sinin paçallanması kabulü yapılmıştır. Bu kapsamda OSB ve tekil tesisler için önerilen debi oranları aşağıda verilmektedir. OSB’ler için yapılan kabulde toplam atıksu miktarları içerisindeki tekstil atıksu yüzdeleri dikkate alınmıştır.

- Bursa OSB için %35
- Demirtaş OSB için %45
- Yeşil Çevre AAT için %35
- Tekil tesis 1 için %50
- Tekil tesis 2 için %50

Yapılan bu kabul ile mevcut AAT’lerin kapasitesi dikkate alınarak noktasal deşarjlara ait debi miktarlarının OSB’ler için yaklaşık 95.000, tekil tesisler için ise, 6.000 m<sup>3</sup>/gün olduğu hesaplanmıştır.

Aktif karbon adsorpsiyonunda kullanılan aktif karbonun türü ve temas süresine bağlı olarak maliyet değişkenlik göstermektedir. Tez çalışması kapsamında yapılan maliyet tahmininde literatür çalışmalarına dayanarak granüler aktif karbon kullanımının uygun olacağı öngörülmüştür. Söz konusu filtrenin temas süresi ise yine literatür çalışmaları baz alınarak 20 dakika olarak kabul edilmiştir.

Aktif karbon adsorpsiyonu teknolojisi; su besi depoları, aktif karbon filtre sistemi, otomasyon panosu, mekanik, elektrik montaj ve montaj malzemeleri gibi maliyet bileşenlerinden oluşmaktadır. Ayrıca maliyet tahmininde her türlü inşaat işleri, kumanda panolarına kadar gerekli enerjinin getirilmesi, devreye alma için gerekli tüm sarf malzemeleri gibi kalemlerin ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir. Tez çalışması kapsamında aktif karbon adsorpsiyonu ile arıtılacak, Nilüfer Çayı Alt Havzası'nda bulunan 13.30 NACE kodlu tesisler ve 13.30 NACE kodlu tesis bulunduran OSB'lere ait atıksu miktarı yaklaşık olarak 100.000 m<sup>3</sup>/gün'dür. Çizelge 4.15 ile aktif karbon adsorpsiyonu ilk yatırım maliyetleri tekil kaynaklar bazında verilmiştir.

**Çizelge 4.15 :** Tekil kaynaklar bazında aktif karbon adsorpsiyonu ilk yatırım maliyetleri.

Tekil Kaynak	AAT Kapasitesi (m <sup>3</sup> /gün)	Aktif Karbon Adsorpsiyonu Uygulanacak Debi %si	İlk Yatırım Maliyeti (€)
Bursa OSB AAT	80.000	%35	4.000.000
Demirtaş OSB AAT	70.000	%45	4.500.000
Yeşil Çevre AAT	100.000	%35	5.000.000
Tekil Tesis-1 AAT	11.000	%50	1.200.000
Tekil Tesis-2 AAT	450	%50	65.000

Yapılan maliyet tahmininin bir diğer bileşeni ise tekniklere ait işletme maliyetleridir. Koagülasyon ve flokülasyon uygulamalarında kullanılan kimyasal madde miktarı ve cinsine bağlı olarak işletme maliyetleri 0,25-1,50 €/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir (Schönberger & Schafer, 2003).

Aktif karbon adsorpsiyonu teknolojisinde ise işletme maliyetleri 0,1-1,0 €/m<sup>3</sup> aralığında değişmekte olup, sistem kapasitesinin artması ile birim işletme maliyetleri düşmektedir. 4.000 m<sup>3</sup>/gün'den daha düşük kapasiteli tesislerde sistemin maliyeti yaklaşık olarak 0,40 €/m<sup>3</sup> iken, yüksek kapasiteli (>30.000 m<sup>3</sup>/gün) arıtma tesislerinde birim maliyetin yaklaşık olarak 0,16 €/m<sup>3</sup> değerine düştüğü belirtilmektedir (Abegglen, 2009).

Aktif karbon adsorpsiyonu kullanımındaki işletme maliyetleri biyolojik arıtma üniteleri maliyetini içerirken, koagülasyon ve flokülasyon üniteleri işletme maliyetlerini içermemektedir. Verilen işletme maliyetleri tüm arıtma sistemi için belirlenirken bu husus dikkate alınmıştır. Koagülasyon, flokülasyon, çökelme ve aktif karbon adsorpsiyonu ile arıtılmasındaki işletme maliyeti Mathan ve diğerlerinin (2012) yaptığı çalışmada 2,5 €/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir.

Çizelge 4.16 ile havza bazındaki tekil kaynakların işletme maliyetleri tahminleri verilmiştir. İşletme maliyetleri hesaplanırken, tesislerin mevcut durumdaki atıksu miktarları dikkate alınmıştır. Çizelgede hem kimyasal arıtma hem de aktif karbon adsorpsiyonu olmayan tesisler için sadece toplam işletme maliyeti verilmiştir.

**Çizelge 4.16 : Tekil kaynakların işletme maliyetleri tahminleri.**

Tekil Kaynak	Atıksu Miktarı (m <sup>3</sup> /gün)	AAT Kapasitesi (m <sup>3</sup> /gün)	İşletme Maliyetleri (€/m <sup>3</sup> )		
			Mevcut <sup>(1)</sup>	Ek <sup>(2)</sup>	Toplam <sup>(3)</sup>
Bursa OSB AAT	36.000	80.000	0,5	0,4-0,6	0,9-1,1
Demirtaş OSB AAT	60.000	70.000	0,25	0,35-0,55	0,6-0,8
Yeşil Çevre AAT	51.000	100.000	-	-	0,6-0,8
Tekil Tesis-1 AAT	9.000	11.000	1,0	0,5-1,0	1,5-2,0
Tekil Tesis-2 AAT	390	450	-	-	2,5-3,0

(1) Kimyasal arıtmanın mevcut olduğu duruma göre işletme maliyet

(2) İlave yatırım olan aktif karbon adsorpsiyonunun işletme maliyeti

(3) Mevcut ve ek maliyetlerin toplamı. Hem kimyasal arıtma hem de aktif karbon adsorpsiyonu olmayan tesisler için sadece toplam işletme maliyeti verilmiştir.

Tez kapsamında yapılan örnek çalışma ile Nilüfer Çayı Alt Havzası'ndaki 13.30 NACE kodlu alt sektörden kaynaklı tehlikeli madde kontrolüne ilişkin maliyet tahmini yapılmıştır. Alt havzada yapılan sektör seçimine göre yüzeysel su kaynağı üzerindeki tekil baskı kaynakları üç ortak AAT ve iki tekil AAT'dir. Maliyet tahmini ilk yatırım ve işletme maliyetlerini içermektedir. Maliyet tahminine ilişkin özet bilgiler Şekil 4.7 ile verilmektedir.



**Şekil 4.7 :** Nilüfer Çayı Alt Havzası'ndaki 13.30 NACE kodlu alt sektörden kaynaklı tehlikeli madde kontrolüne ilişkin maliyet tahmini özeti.

Şekil 4.7 incelendiğinde, kapasiteleri geniş bir aralıkta değişen tekil kaynaklar için kimyasal arıtma ve aktif karbon sistemi veya sadece aktif karbon sistemi ilk yatırım maliyetleri 115.000-7.150.000 €, işletme maliyetleri ise, 0,6-3,0 €/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. Aktif karbon sistemi için 30.000 m<sup>3</sup>/gün'lük debi miktarı işletme maliyetleri açısından bir kırılim göstermektedir. Bu sebeple Bursa OSB AAT için öngörülen işletme maliyeti diğer iki ortak AAT'ye göre daha yüksektir. İşletme maliyetleri tespit edilirken, örnek çalışmada önceliklendirilen tehlikeli maddelerin giderimi için kimyasal arıtma gereksinimi ve tekil kaynakların mevcut durumda kimyasal arıtmaya sahip olması göz önünde bulundurulmuştur. Diğer bir deyişle kimyasal arıtma için ilk yatırım ihtiyacı duymayan tesislerde, kimyasal arıtmadan kaynaklanan işletme maliyetleri de tahmine dâhil edilmiştir. Tez çalışması kapsamında yapılan maliyet tahminleri AAT kapasiteleri üzerinden değerlendirilmiştir. Mevcut atıksu miktarlarına göre yapılacak olan tahminin tesislerin gelecekteki ilk yatırım maliyetlerini yansıtmayacağı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında Nilüfer Çayı Alt Havzası'ndaki 13.30 NACE kodlu alt sektörden kaynaklı tehlikeli madde kontrolüne ilişkin toplam ilk yatırım maliyeti yaklaşık olarak 17.000.000 € olarak tahmin edilmiştir.

İlk yatırım ve işletme maliyetleri işletme süreci üzerinden birlikte değerlendirilerek toplam maliyetin bugünkü değere taşınmasına “Net Bugünkü Değer (NBD) Analizi” denir. Bu analiz maliyetleri tüm işletme süreci boyunca ele alması bakımından sağlıklı bir karşılaştırma verisi oluşturmakta olduğundan yapılan tez çalışması kapsamında belirlenen maliyetler için net bugünkü değer analizi yapılmıştır. Analiz çerçevesinde yapılan kabuller aşağıda verilmektedir.

- Debi sabit
- 10 yıllık işletme süresi ( ilk yıl inşaat)
- Faiz oranı (%10)
- Ortalama birim işletme maliyeti 1 €/m<sup>3</sup>

Yapılan analize ait özet bilgiler Çizelge 4.17 ile verilmektedir. Genel toplam kolonunda bulunan değerlerin %10 faiz oranı ile bugünkü değere taşınması ile söz konusu yatırımların net bugünkü değerinin yaklaşık 200 milyon € olduğu görülmektedir. Yapılan bu analiz ile sürdürülebilir bir tehlikeli madde yönetimi için işletme maliyetlerinin temin edilmesinin çok daha önemli olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.17** NBD analizi.

Günlük Debi	Yıllık Debi	İlk Yatırım (€)	Br işletme maliyeti (€/m <sup>3</sup> )	İşletme (€/yıl)	Genel Toplam
		17.000.000			17.000.000
100.000	36.500.000		1,0	36.500.000	36.500.000
100.000	36.500.000		1,0	36.500.000	36.500.000
100.000	36.500.000		1,0	36.500.000	36.500.000
100.000	36.500.000		1,0	36.500.000	36.500.000
100.000	36.500.000		1,0	36.500.000	36.500.000
100.000	36.500.000		1,0	36.500.000	36.500.000
100.000	36.500.000		1,0	36.500.000	36.500.000
100.000	36.500.000		1,0	36.500.000	36.500.000
100.000	36.500.000		1,0	36.500.000	36.500.000

Mevcut durumda tekil kaynaklar içerisinde kimyasal arıtma üniteleri mevcut olan OSB ve tekil tesislerin ilgili parametreleri arıtmak için işletme koşullarını iyileştirmesi (örneğin kimyasal dozajı değişimi) gereklidir. Bu konuda mevcut arıtma tesislerinin çıkış konsantrasyonları ölçülerek, deşarj standartları ile karşılaştırılmalıdır.



Analiz verileri, kirliliğin önemli boyutlara ulaştığı Nilüfer Çayı Alt Havzası'nın ÇKS'ler açısından değerlendirildiğinde iyi durumda gözükmesinin sebebinin yapılan izlemelerin az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında seçilmiş sektör, sanayi adı altında değerlendirilebilmektedir. Sanayi kuruluşları çevresel yatırımlar için bölgesel kalkınma ajanslarından teşvik alabilmektedir. Ancak, alınan teşvik ve fonlarda karşılaşılan sorunlar mevcuttur. Uygulamalarda kurumlar arası koordinasyon eksikliği, yatırımcıların teşvik ve krediler konusunda yaygın ve aktif olarak bilgilendirilmesi eksikliği, teşvik prosedürlerinin karmaşıklığı, anlaşılabilirliği, prosedürlerin sık değişimi bu sorunlara örnek olarak verilebilir. Sanayi sektörü için, tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin çalışmaların mevzuata aktarılması ile teşvik ve fonlar özelinde çeşitli öneriler sunulabilir. Üretimde kullanılan tehlikeli maddeler yerini ikame maddelerin alması için vergi indirimleri, hibe kredileri, arıtma tesisi kurulumu, iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için teşvikler verilmesi bunlardan sadece bir kaçıdır.

Sistemlerin ilk yatırım maliyetleri teşvikler veya öz kaynaklar ile karşılanabilir olarak gözükse de yüksek işletme maliyetleri tesisler için sorun teşkil edecektir. Tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin arıtma teknolojilerinin yaygınlaşması ile birim maliyetlerin (ilk yatırım ve işletme maliyeti) azalması beklenmektedir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevcut durumda yürürlükte olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen deşarj standartlarının teknolojik bazlı olması, parametreler ve bu parametrelere ait limit değerlerin günümüz sektörel üretimi sonucunda oluşan atıksu kompozisyonunu yansıtmaması, mevcut deşarj standartlarının alıcı ortamı korumada yetersiz kalması, uygulamada yaşanan zorluklar ve birtakım idari değişiklikler (644 ve 645 sayılı Kanun Hükmünde Kararname) sonucunda sorumlu ve sorumlulukların değişmesi nedeniyle kapsamlı bir şekilde revizyon ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda; söz konusu revizyon çalışmaları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütölmektedir. Bu kapsamda hazırlanan taslak yönetmeliğe ilişkin Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın da içerisinde yer aldığı birçok kurum/kuruluşun görüşleri alınmış olup, son halinin verilmesini müteakip Resmi Gazete'de yayımlanması öngörölmektedir (Koç Orhon, 2015). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne ek olarak Yerüstü Su Kalitesinin Kontrolü Yönetmeliği ile noktasal ve yayılı kirletici kaynaklar sonucunda yerüstü sularında bulunabilecek tehlikeli maddelerin araştırılması konusunda bir anlamda ölkemizde ilk olarak nitelendirilebilecek çalışmaların önünün açıldığı belirtilmektedir (Koç Orhon, 2015). Başta bu iki yönetmelik olmak üzere mevzuata aktarılacak yeni sınırlamalar ve gelişmeler ile tehlikeli maddeleri önleme ve kontrolüne ilişkin olarak doğacak zorunluluklar bu konularda yapılacak yatırımları kaçınılmaz kılmaktadır.

Yapılacak yatırımlar için düzenleyici etki analizi (DEA) kavramı adı altında yapılacak değişikliklerin sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerinin incelenmiştir.

Türkiye'de tehlikeli maddelere yönelik olarak yapılmış çalışmalar ile belirlenen standartların mevzuata yansması sonucunda havza yönetimi konusunda karar verici kurum-kuruluşlar ile endüstriler, su kütleleri üzerindeki baskıların önlenmesi-kontrolü için yapılacak olan uygulamaların maliyetlerinin tespitine ihtiyaç duyacaktır. Yapılan bu çalışmada bu hususa değinilmiş olup, tehlikeli maddelerin kontrolünün maliyetinin tahminine ilişkin bir yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışmada T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütölen projelerin (OSİB,

2013; OSİB, 2014) çıktılarında faydalanarak mevcut durum ortaya konulmuştur. Bu projelerin çıktılarının kapsamının daraltılması üzerine kurgulanan yaklaşım Nilüfer Çayı Alt Havzası ve 13.30 NACE kodlu tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörüne uyarlanmıştır. Yapılan çalışma ile geçişin mali boyutunu irdelemenin yanı sıra ilgili sektöre ait öncelikli maddelerin arıtma yöntemleri ve temiz üretim teknolojileri hakkında rehber bir doküman hazırlanmıştır.

Tez çalışması için önemli kavramlar başlığı altında ulusal ve uluslararası mevzuat, öncelikli maddeler ve belirli kirleticiler, baskı ve etki analizi kavramı hakkında bilgi verilmiştir. Bunlara ek olarak tezin amacına yönelik olarak entegre kirlilik önleme ve kontrol teknikleri, maliyet kavramı ve entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin karşılaştırılması sistematigi hakkında literatür verileri aktarılmıştır. Bu bölümde verilen literatür bilgileri geliştirilen metodolojinin uygulandığı bölümdeki bilgiler ile desteklenmektedir.

Ülkemizde T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüş iki büyük proje kapsamında (OSİB, 2013; 2014) tehlikeli maddelerin ve bu maddelere ait sektörlerin tanımlanması, gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ise, havza seçimi, tehlikeli maddelerin değerlendirilmesi ve sektör seçimi ile söz konusu projelerin kapsamının daraltılması üzerine kurgulanmıştır. Çalışmanın envanter (seçilen sektöre/sektörlere ait tekil kaynakların belirlenmesi, çalışma alanına ait analiz sonuçları vb.) değerlendirilmesi bölümünde mevcut durum ortaya konulmuştur. Çalışma, entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerinin belirlenerek karşılaştırılması adımlarını içermektedir. Tekniklerin karşılaştırması adımı bir skorlama sistematigi kullanılmıştır. Skorlama sistemi değerlendirme bileşenleri teknik fizibilite, teknik etkinlik, maliyet (ilk yatırım ve işletme maliyetleri) ve ikincil çevresel etkidir. Çalışma kapsamında değerlendirilen teknikler sadece boru sonu teknolojilere yönelik olup, karşılaştırma kriterlerine ait veri mevcut olduğunda temiz üretim tekniklerine de uygulanabilir bir metodolojidir. Skorlama yapıldıktan sonra maliyet tahmini için tanımlanan tehlikeli maddeleri kontrol etmek adına kısa vadede yatırım yapılması gereken teknikler önceliklendirilmiştir. Söz konusu entegre kirlilik önleme ve kontrol teknikleri içerisinde yer alan ileri arıtma tekniklerinin tehlikeli maddelerin deşarjının azaltılmasını sağlamakla birlikte, maliyeti arttırıcı yönde etkisinin bulunması kaçınılmaz olup, çalışmada seçilen alternatiflere yönelik maliyet tahmini yapılmıştır.

Yapılan bu çalışma ile kimyasal arıtma ve aktif karbon teknolojisi olarak seçilen tehlikeli maddelerin kontrolüne ilişkin boru sonu teknolojilerin ilk yatırım maliyeti Nilüfer Çayı Alt Havzası ve 13.30 NACE kodlu “Tekstil Ürünlerinin Bitirilmesi” alt sektörü özelinde 17.000.000 € olarak tahmin edilmiştir. Çalışma kapsamında değerlendirilmiş tüm tekil kaynakların biyolojik arıtması bulunmaktadır. Bu yüzden tahmin edilen ilk yatırım maliyetinin mevcut durumda işleyen tesislerin iyileştirilmesine yönelik olduğu unutulmamalıdır. Kimyasal arıtma ve aktif karbon teknolojilerinin uygulandığı tekil kaynakların işletme maliyetleri ise, atıksu miktarına bağlı olarak 0,6-3 €/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. İşletme maliyetleri OSB’ler ve tekil tesisler özelinde değerlendirildiğinde ise, OSB’lere ve tekil tesislere ait birim atıksu arıtma maliyetleri sırası ile 0,6-1,1 €/m<sup>3</sup> ve 1,5-3 €/m<sup>3</sup> aralığındadır.

Çalışma kapsamında tahmin edilmiş maliyetler sadece endüstrilere ait arıtma tesislerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerini içermektedir. Tehlikeli maddelerin deşarjına yönelik olarak belirlenecek standartlar ile bu kapsam dışında çeşitli maliyet oluşturuıcı bileşenler etkili olacaktır. Belirlenen standartlara uyulup uyulmadığı konusunda denetleyici rolde olan kurumlar için denetim maliyetleri, bu standartlara uymakla yükümlü olan endüstrilerin ise kendi bünyelerindeki laboratuvarları geliştirme ihtiyacına yönelik maliyet bu bileşenlere örnek olarak verilebilir.

Çalışma kapsamında tanımlanan tehlikeli maddeleri kontrol etmek adına kısa vadede yatırım yapılması gereken tekniklerin önceliklendirmesinin esas çalışma alanına ait analiz sonuçlarına dayanmaktadır. Mevcut durumda kirlenmenin önemli seviyelere ulaştığı Nilüfer Çayı’nda izlenen tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörü kaynaklı öncelikli maddelerden ÇKS’yi aşan parametrenin sadece nikel olmasının, analiz sayısının az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple incelenmiş olan analiz sonuçlarının sayısının artırılması ile yapılan değerlendirmenin tez kapsamında oluşturulmuş metodolojiye göre tekrarlanması önerilmektedir. Ölçüm sonuçlarının artması ile veri güvenilirliği artmakta iken, standart ile karşılaştırmanın yapılması da daha anlamlı olmaktadır. Ölçüm sonuçlarının artması ile çalışma kapsamında uygulanan önceliklendirme koşulunun da çevresel kalite standardını istikrarlı bir şekilde aşan tehlikeli maddelere veya ÇKS’lere bağlı deşarj standartlarının oluşturulması ve tesis AAT çıkışlarına ait analiz sonuçlarının mevcut olması ile tesis deşarj konsantrasyonlarının sağlanamadığı tehlikeli maddelere yönelik olarak revize edilmesi önerilmektedir.

14 Aralık 2014 tarihinde 28142 numaralı Resmi Gazete ile yürürlüğe girmiş olan Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği'nin amacı, tekstil sektörü faaliyetlerinin çevreye olabilecek olumsuz etkilerinin en aza indirilmesine, çevreyle uyumlu yönetiminin sağlanması için üretim sırasında suya, havaya ve toprağa verilecek her türlü emisyon, deşarj ve atıkların kontrolü ile hammadde ve enerjinin etkin kullanımına ve temiz üretim teknolojilerinin kullanımına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir. Tebliğe ait son değişiklikler 10 Mart 2015 tarihindedir. Yürürlükte olan bu tebliğin gerekliliklerinin yerine getirilmesi için kontrollerin ve takiplerin yapılması, entegre kirlilik önleme ve kontrol tekniklerine ait envanterin oluşturulması, yapılacak önleme ve kontrol faaliyetlerinin maliyetlerinin daha hassas olmasını sağlayacaktır. Bu noktada tebliğ kapsamında tesislerin her beş yılda bir hazırlayacakları temiz üretim planları ve bu planlara bağlı olarak her yıl hazırlayarak İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğüne sunacakları gelişme raporu büyük önem arz etmektedir. Mevzuat uygulamaları ile zorunlu hale gelmiş temiz üretim uygulamaları literatüre göre de temiz üretim denetimleri ile desteklenmektedir (LCPC, 2010). Temiz üretim denetimi; tesisin proses ve operasyonlarını tanımlamak için tasarlanmış, atık-kirlilik azaltımına ve operasyonel verimliliği geliştirmeye yönelik sistematik inceleme olarak tanımlanabilmektedir. Tesisler mevzuata uygunluk ve kendi üretim verimleri için temiz üretim denetim sistemi oluşturmalıdır.

Tez kapsamındaki maliyet tahmini oluşturulmuş metodolojiye uygun olarak çeşitli kabuller içermekte olup, bir pilot ve gerçek tesis özelinde çalışma yapıldığında tesise ait tüm kütle akışların detaylı bir şekilde tanımlanması diğer bir deyişle yaşam döngüsü analizi gereklidir. Ayrıca arıtma tesisi giriş ve çıkış atıksularına ait analizlerin yapılarak mevcut arıtma teknolojisinin sektörden kaynaklı öncelikli maddeleri arıtma verimleri ortaya konulmalıdır. Sektörlere ait sağlıklı veri temini mümkün olduğunda maliyet-etkinlik analizlerinin de yapılması önerilmektedir.

Endüstrilerde mevcut en iyi tekniklerin uygulanması ile hammadde, su ve enerji sorunlarının en aza indirgenmesi beklenmektedir. Bu konuda sanayiciyi özendirici tedbirlerin alınması ve çeşitli teşvik uygulamalarına yer verilmesi, tesis-içi kontrollerin hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesini sağlayabilecektir. Bu bağlamda sanayilerle ilgili kamu kurum ve kuruluşları arasında eşgüdüm sağlanması gerekmektedir. Özellikle başta tez çalışması kapsamındaki tekstil sektörü olmak üzere su kullanımına dayalı sektörlerde tesis içi kontrollere özel önem verilmelidir. Tesis içi

kontrollerle azaltılan atıksu üretimi, boru sonu teknolojilerin kapasitesinin ve buna bağlı olarak tesisin tehlikeli maddeleri önleme ve kontrol tekniklerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azalmasına katkı sağlayacaktır. Günümüzde boru sonu teknolojiler yerine geri kazanım odaklı AAT revizyonları da yapılmaktadır. Geri kazanım yapılacak tesislerde mevcut durumda kullanılan suyun birim fiyatını da dikkate alarak bir maliyet tahmini yapılması gereklidir.







## KAYNAKLAR

- 2000/60/EC. (2000). *Su Çerçeve Direktifi*. EC.
- (2015, Kasım 15). USGS: [http://toxics.usgs.gov/definitions/water\\_solubility.html](http://toxics.usgs.gov/definitions/water_solubility.html) adresinden alındı
- 76/464/EEC. (1976). *Bazı Tehlikeli Maddelerin Su Ortamlarına Deşarjının Neden Olduğu Kirlilik Direktifi*.
- Abegglen, C. (2009, October). Eliminating micropollutants: wastewater treatment methods. *Eawag News*. Eawag.
- Adeleye, A., Conway, J., Garner, K., Huang, Y., Su, Y., & Keller, A. (2016). Engineered nanomaterials for water treatment and remediation: Costs, benefits, and applicability. *Chemical Engineering Journal*, 640-662.
- Akkaya, & diğ. (2006). Akkaya, C.; Efeoğlu, A.; Yeşil, N.; Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye'de Uygulanabilirliği. *TMMOB Su Politikaları Kongresi* (s. 195-204). Ankara: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği-İnşaat Mühendisleri Odası.
- Aytuğ, H. (2014). Sürdürülebilir Su Kullanımı Açısından Avrupa Birliği Çevre Politikalarına Türkiye'nin Uyumunu. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*.
- BSTB Sanayi Genel Müdürlüğü. (2015). *Türkiye Tekstil, Hazırgiyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2015-2018)*. Ankara: T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
- BTSO. (2013). *Tekstil ve Hazır Giyim Sektör Raporu ve Yerel Tekstil Stratejisi*. Bursa: Bursa Ticaret ve Sanayi Odası.
- Çevre Kanunu. (1983). Çevre Kanunu, Kanun Numarası: 2872 (18132 Sayılı 11 Ağustos 1983 tarihli Resmi Gazete).
- Choubert, J., & Coquery, M. (2011). Removal of Priority and Emerging Substances by Municipal Treatment Plants Presentation. *7th EWA Brussels Conference*.
- Çiçek, N. (2010). *Su Çerçeve Direktifi ve Büyük Menderes Nehir Havzası Yönetim Planı Örneğinde AB ve Türkiye Yaklaşımı Yüksek Lisans Tezi*. Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Clarke, B., Porter, N., Symons, R., Marriott, P., Stevenson, G., & Blackbeard, J. (2010). Investigating the distribution of polybrominated diphenyl ethers through an Australian wastewater treatment plant. *Science of the Total Environment*, 1604-1611.
- COM 875 Final. (2011). *Report From The Commission To The European Parliament and The Council On The Outcome Of The Review Of Annex X To Directive 2000/60/EC Of The European Parliament and of The Council on Priority Substances in The Field of Water Policy*.
- COM 876 Final. (2011). *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy*.

- Cristale, J., & Lacorte, S. (2015). PBDEs versus NBFR in wastewater treatment plants: occurrence and partitioning in water and sludge. *Environmental Science*, 533-546.
- Crook, J., Ammerman, D., Okun, D., & Matthews, R. (1992). *Guideline for Water Reuse*. Cambridge, Massachusetts, USA: Camp Dresser and McKee Inc.
- ÇŞB. (2011). *Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları - II Temiz Üretim*. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- ÇŞB. (2011). *Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği (28142 numaralı 14 Aralık 2011 tarihli Resmi Gazete)*. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- ÇŞB. (2013). *Susurluk Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu-Kış Dönemi / Evsel ve Endüstriyel Kirlilik İzleme Programı*. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Deng, C., Chen, Y., Li, J., Li, Y., & Li, H. (2016). Environmental pollution of polybrominated diphenyl ethers from industrial plants in China: a preliminary investigation. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Derikvand, E., Borghei, M., Hassani, A., Mirbagheri, S., & Javid, A. (2013). Comparison of Ozonation and Aeration Methods in Removal of Naphthalene from Aqueous Solution. *Asian Journal of Chemistry*, 9135-9137.
- DTU, D., MU, U., Ugent, B., AR, F., ENVICAT, B., UL, S., . . . modelEAU, C. (2010). *Source Control Options for Reducing Emissions of Priority Pollutant (ScorePP)*.
- EC. (1975). *İçme Suyu için Kullanılacak Yüzey Sularının Kalitesi Direktifi-75/440/EEC*. European Commission.
- EC. (1976). *76/464/EC Suda Tehlikeli Maddeler Direktifi*. European Commission.
- EC. (1978). *Balık Yaşamının Geliştirilmesi ve Korunması İçin Tatlı Suların Kalitesi Direktifi-78/659/EEC*. European Commission.
- EC. (1979). *İçme Suyu Temini Amaçlı Yerüstü Suyunun Ölçüm Metotları ve Örnek Alma ve Analiz Frekansları Direktifi-79/869/EEC*. European Commission.
- EC. (1979). *Kabuklu Deniz Ürünlerinin Yaşadığı Suların Kalitesi Direktifi-79/923/EEC*. European Commission.
- EC. (1980). *Bazı Tehlikeli Maddelerin Sebep Olduğu Yeraltı Suyu Kirliliğinin Önlenmesi-80/68/EEC*. European Commission.
- EC. (2000). *Su Çerçeve Direktifi*. European Commission.
- EC. (2000). *Water framework directive (2000/60/EC)*. European Communities.
- EC. (2003). *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry*. European Commission.
- EC. (2006). *Directive 2006/11/EC on Pollution Caused by Dangerous Substances Discharged into the Aquatic of the Community*. European Commission.
- EC. (2008). *2008/105/EC Çevresel Kalite Standartları Direktifi*. European Commission.
- EC. (2008). *Council Directive on Integrated Pollution Prevention Control-2008/1/EC*. European Commission.
- EC. (2009). *Kimyasal Analiz ve Su Statüsünün İzlenmesi için Teknik Özellikler Direktifi-2009/30/EC*. European Commission.
- EC. (2013). *Directive 2013/39/EU of The European Parliament and of The Council of 12 August 2013 Amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC As Regards Priority Substances in the field of Water Policy*. European Commission.

- EC. (2014). *COM (2014) 910 Final*. European Commission.
- EC. (2015). *COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2015/495 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council*. European Commission.
- EC. (2016, Şubat 20). *European Commission*. WFD Guidance Documents: [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts\\_figures/guidance\\_docs\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts_figures/guidance_docs_en.htm) adresinden alındı
- EC. (2016, Ocak 17). *European Commission Sustainable Development*. European Commission: <http://ec.europa.eu/environment/eussd/> adresinden alındı
- EEC. (1982). *Klor Alkali Elektroliz Endüstrisinin Cıva Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi-82/176/EEC*. European Economic Communities.
- EEC. (1983). *Kadmiyum Deşarjlarının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi (83/513/EEC)*. European Economic Communities.
- EEC. (1984). *Hezoklorosikloheksan Deşarjının Limit Değerleri Ve Kalite Hedefleri Direktifi-84/491/EEC*. European Economic Communities.
- EEC. (1984). *Klor Alkali Elektroliz Endüstrisi Haricindeki Sektörlerden Kaynaklanan Cıva Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi-84/156/EEC*. European Economic Communities.
- EEC. (1986). *76/464/EEC Sayılı Direktifin Ekinde Yer Alan Liste I'de Belirtilen Bazı Tehlikeli Maddelerin Deşarjının Limit Değerleri ve Kalite Hedefleri Direktifi-86/280/EEC*. European Economic Communities.
- EPA. (1972). *Temiz Su Kanunu*. Environmental Protection Agency.
- European Commission. (2013 йил 07-Ағустос). *WFD Guidance Documents*. Retrieved 2013 йил 02-Еylül from [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts\\_figures/guidance\\_docs\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts_figures/guidance_docs_en.htm)
- European Communities. (2003). *COMMON IMPLEMENTATION STRATEGY FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (2000/60/EC) Guidance Document No 3 Analysis of Pressures and Impacts*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- EXTOXNET. (2015, Kasım 15). The EXtension TOXicology NETwork: <http://extoxnet.orst.edu/pips/glossary.htm> adresinden alındı
- Fayrap, A., & Balı, A. (2009). Dünya ve Türkiye Ölçeğinde Akış Güvenliğinin Değerlendirilmesi. *Alinteri*, 27-33.
- Gockel, C., & Mongillo, T. (2013). *Potential Effects of PBDEs on Puget Sound and Southern Resident Killer Whales A Report on the Technical Workgroups and Policy Forum*. EPA and NOAA.
- HKEP. (2010). *Havza Koruma Eylem Planları*.
- Johnson, P., Girinathannair, P., Ohlinger, K., Ritchie, L., & Kirby, J. (2008). Enhanced Removal of Heavy Metals in Primary Treatment Using Coagulation and Flocculation. *Water Environment Research*, 472-479.
- Kalemci, F. (2015). *Su Yönetiminde Kullanılan Ekonomik Araçlar: Atıksu Deşarj İzni Borsasının Türkiye İçin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi Uzmanlık Tezi*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Kaynak, A. (2002). *Bursa Şehir Merkezinden Kaynaklanan Atıksular, Arıtılmaları ve Nilüfer Çayı'na Etkileri*. Bursa: Uludağ Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- (2006). *Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (26047 sayılı 8 Ocak 2006 tarihli Resmi Gazete)*. Ankara: Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı.

- Koç Orhon, A. (2015). *Yerüstü Sularında Bulunan Tehlikeli Maddelere İlişkin Çevresel Kalite Standartlarının Geliştirilmesine Yönelik Metodoloji Uzmanlık Tezi*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- L. C. de Cerreño, A., Panero, M., & Boehme, S. (2002). *Pollution Prevention and Management Strategies for Mercury in the New York/New Jersey Harbor*. New York : New York Academy of Sciences.
- Lacasse, K., & Baumann, W. (2004). *Textile Chemicals Environmental Data and Facts*. Berlin: Springer.
- LCPC. (2010). *Cleaner Production Guide for Textile Industries*. Beirut: Lebanese Cleaner Production Center.
- Lecloux, A. (2010). *Assessment of the Feasibility of Strategies for Limiting Releases of Priority Pollutants-ScorePP Project*. Belgium.
- Liu, Z., Liu, F., Wu, S., Wang, X., Lei, & Y. (2013). Removal of phosphorus and nickel from an automobile wastewater by coagulation/flocculation combined with magnetite. *International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering* , (s. 881-884).
- Mathan, C., Marscheider-Weidemann, F., Menger-Krug, E. A., Dudutyte, Z., Heidemeier, J., Krupanek, J., . . . Zielonka, U. (2012). *Control of Hazardous Substances in the Baltic Sea Region (COHIBA)-Cost Effective Management Options to Reduce Discharges, Emissions and Losses of Hazardous Substances Final Report*. Federal Environment Agency of Germany (UBA), Fraunhofer Institute for Systems and Innovation.
- Mikkelsen, P., Ledin, A., Rasmussen, B., Grieger, K., Holten Lützhøft, H., Eriksson, E., . . . Sörme, L. J. (2010). *Source Control Options for Reducing Emissions of Priority Pollutant (ScorePP) Project*. Trouve, J.; Vanrolleghem, P.
- Moroğlu, M. (2007). *Avrupa Birliği Su Çerçeve Yönergesi ve Yönergenin Türkiye’de Uygulanması: Büyükçekmece Havzası Örneği Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mülga ÇOB. (2010). *Türkiye’de Temiz (Sürdürülebilir) Üretim Uygulamalarının Yaygınlaştırılması için Çerçeve Koşulların ve Ar-Ge İhtiyacının Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporu*. Ankara: Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Ölmez, G. (2014). *Yerüstü Su Kaynaklarında Su Kalitesinin İyileştirilmesi İçin Çevresel Hedeflerin Belirlenmesi Uzmanlık Tezi*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Orhon, D., Kabdaşlı, I., Germirli-Babuna, F., Sözen, S., Dulkadiroğlu, H., Doğruel, S., . . . İnsel, G. (2003). Wastewater Reuse for the Minimization of Fresh Water Demand in Coastal Areas-Selected Case from the Textile Finishing Industry. *Journal of Environment Science and Health*, 1641-1657.
- OSİB. (2013). *Tehlikeli Madde Kirliliğinin Kontrolüne İlişkin Proje, io Çevre Çözümleri Araştırma Geliştirme Ltd. Şti*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- OSİB. (2014). *Ülkemiz Kıyı ve Geçiş Sularında Tehlikeli Maddelerin Tespiti ve Ekolojik Kıyı Dinamiği Projesi - TÜBİTAK MAM*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- OSİB. (2015, Aralık 22). *Arazi İzleme Sistemi*. <http://aris.cob.gov.tr/index.php?q=node/36> adresinden alındı
- OSİB. (2016). *Nilüfer Çayı Alt Havzası Su Kalitesi Eylem Planı*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

- Paune, F., Caixach, J., Espadaler, I., Om, J., & Rivera, J. (1998). Assessment on the removal of organic chemicals from raw and drinking water at a Llobregat River water works plant using GAC. *Water Research*, 3313-3324.
- Pilke, A., Nakari, T., Schultz, E., Munne, P., Brorström-Lundén, E., Andersson, H., . . . Durkin, M. (2012). *Control of Hazardous Substances in the Baltic Sea Region-COHIBA Final Summary Report*.
- Posner, S. (2006). *Survey and technical assessment of alternatives to TBBPA and HBCDD*. Swedish Chemicals Agency (KemI).
- Posner, S., Roos, S., & Olsson, E. (2010). *Exploration of Management Options for HBCD Swerea IVF Project Report*.
- Priac, A., Morin-Crini, N., Druart, C., Gavaille, S. B., Lagarrigue, C., Torri, G., . . . Crini, G. (2014). Alkylphenol and alkylphenol polyethoxylates in water and wastewater: A review of options for their elimination. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Ranganathan, K., Karunagaran, K., & Sharma, D. (2007). Recycling of wastewaters of textile dyeing industries using advanced treatment technology and cost analysis-Case studies. *Resources, Conservation and Recycling*, 306-318.
- Rashed, M. (2013). Adsorption Technique for the Removal of Organic Pollutants from Water and Wastewater. *Organic Pollutants - Monitoring, Risk and Treatment* (s. 167-194). içinde
- Rasheed, A., Farooq, F., Rafique, U., Nasreen, S., & Aqeel Ashraf, M. (2016). Analysis of sorption efficiency of activated carbon for removal of anthracene and pyrene for wastewater treatment. *Desalination & Water Treatment*, 145.
- Saad, M., Khiari, R., Elaloui, E., & Moussaoui, Y. (2013). Adsorption of anthracene using activated carbon and *Posidonia oceanica*. *Arabian Journal of Chemistry*, 109-113.
- Sanal, İ. (2010). *Tekstil Endüstrisi Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Mikrobiyolojik Karakterizasyonu Yüksek Lisans Tezi*. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Schärer, M., Sieber, U., & Müller, S. (2013). Micropollutants in municipal waste water - from science to policy. *Micropol & Ecohazard 2013* (s. 214-215). Zurich: IWA.
- Scholes, L., Revitt, M., Gasperi, J., & Donner, E. (2008). *Priority Pollutant Behaviour in Stormwater Best Management Practices (BMPs)-ScorePP Project*. London: Middlesex University.
- Schönberger, H., & Schafer, T. (2003). *Best Available Techniques in Textile Industry*. Berlin: Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt).
- Seriki, K., Wickman, T., Jamrot, A., Pettersson, M., Eriksson, E., Holten Lützhøft, H., & Raggatt, L. (2010). *Multi-criteria Evaluation of Emission Control Strategies (ECSs) in Case Cities*.
- Siegel, K. (2013). *Fate of polybrominated diphenyl ethers during wastewater treatment process producing reclaimed water*. University of South Florida.
- SKKY. (2004). *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (25867 Sayılı 31 Aralık 2004 tarihli Resmi Gazete)*.
- Soares, A., Guieysse, B., Jefferson, B., Cartmell, E., & Lester, J. (2008). Nonylphenol in the environment: a critical review on occurrence, fate, toxicity and treatment in wastewaters. *Environment International*, 1033-1049.
- (1995). *Su Ürünleri Yönetmeliği (22223 Sayılı 10 Mart 1995 tarihli Resmi Gazete)*.

- Summak, Ş. (2009). *Bursa Nilfer Çayı Suyunun Genotoksik Etkilerinin Balık Mikronukleus Testi İle Değerlendirilmesi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı.
- SYGM. (2015). *Tez Çalışması Kapsamında Temin Edilmiş Veriler*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2012, Ekim 17). *Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik (28444 sayılı 17 Ekim 2012 tarihli Resmi Gazete)*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2012). *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (28483 numaralı 30 Kasım 2012 tarihli Resmi Gazete)*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2014). *Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik (28910 numaralı 11 Şubat 2014 tarihli Resmi Gazete)*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Tanık, & diğ. (2008). *Tanık, A.; Alpaslan, N.; Dölgen, D. Türkiye'de Su Yönetimi: Sorunlar ve Öneriler*. İstanbul: Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği.
- Tanık, A., Öztürk, İ., & Cüceloğlu, G. (2015). *Aritılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri (El Kitabı)*. Ankara: Türkiye Belediyeler Birliği.
- Taşlı, R. (2012). *Mikrokirleticilerin Atıksu Arıtma Tesislerindeki Akıbeti ve Yüzeysel Sulara Azaltılması için Alınacak Önlemler*.
- (2005). *Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (26005 sayılı 26 Kasım 2005 tarihli Resmi Gazete)*. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Töre, G. (2009). *Tekstil Sektörü - Su Sorunu ve Su İhtiyacı. 5.Dünya Su Forumu*. İstanbul.
- UNEP. (1994). *The textile industry and the environment*. Technical Report.
- Van Veldhuisen, D. R. (1994). *Technical and Economic Aspects of Measures to Reduce Water Pollution from The Textile Finishing Industry*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- WDD. (2013). *Water Development Department*. Retrieved 2013 yıl 02-09 from WATER FRAMEWORK DIRECTIVE CIS CD ROM - 2005 VERSION: <http://www.waterframeworkdirective.wdd.moa.gov.cy/guidance.html>
- Wickman, T., Pettersson, M., & Jamtrot, A. (2010). *Emission Control Strategies for Selected Priority Pollutants in Stockholm, Sweden*. Stockholm, Sweden: Environment and Health Administration.
- Wijekoon, K., Hai, F., Kang, J., Price, W., Cath, T., & Nghiem, L. (2014). *Rejection and fate of trace organic compounds (TrOCs) during membrane distillation*. *Journal of Membrane Science*, 636-642.
- Xiang, N., Zhao, X., Meng, X., & Chen, L. (2013). *Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in a conventional wastewater treatment plant (WWTP) from Shanghai, the Yangtze River Delta: Implication for input source and mass loading*. *Science of the Total Environment*, 391-396.
- Zhao, Y., He, P., Zhang, Y., & Ma, S. (2011). *Removal of trichlorobenzene using 'oxygen-enriched' highly active absorbent*. *Environmental Technology*, 27-35.

## **EKLER**

**EK A:** Tekstil Ürünlerinin Bitirilmesi Alt Sektöründen Kaynaklanan Öncelikli Maddelerin Arıtımına Yönelik Derleme (Scholes, Revitt, Gasperi, & Donner, 2008)

**EK B:** Tekstil Ürünlerinin Bitirilmesi Alt Sektörüne Ait Öncelikli Maddeler ve Öncelikli Maddelerin Kaynaklandığı Prosesler







**EK A****Çizelge A. 1 : Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin adsorplanma seviyeleri.**

Öncelikli madde	CAS No	Koc değerleri aralığı (L/g)	Veri sayısı	Ortalama Koc (L/g)	Standart Sapma Koc (L/g)	Tahmin edilen adsorpsiyon seviyesi
4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol	140-66-9	2.512-18.500	5	9573	7988	Orta
Nonilfenol	25154-52-3	5.012-31.622	6	15216	12595	Orta/Yüksek
Pentaklorofenol (PCP)	87-86-5	300-19.675	35	3353	3907	Orta
Triklorobenzenler	12002-48-1	631-7943	12	2951	2191	Orta
1,2,4-Triklorobenzen (1,2,4-TCB)	120-82-1	780-27.000	21	5356	6853	Orta
Bromlu difenileterler	n.a.	147.000-556.801	4	329245	185085	Yüksek
Diklorometan	75-09-2	9-48	6	25,6	14,7	Düşük
Kurşun ve bileşikleri	7439-92-1	-	-	-	-	Yüksek
Nikel ve bileşikleri	7440-02-0	-	-	-	-	Orta
Tributilkalay bileşikleri	n.a.	316-1.584.893	5	Çok değişken	Çok değişken	Çok değişken
Tributilkalay-katyon	36643-28-4	316-1.584.893	5	Çok değişken	Çok değişken	Çok değişken
Antrasen	120-12-7	13.100-130.000	11	36582	34630	Orta/Yüksek
Naftalin	91-20-3	440-2.000	6	1239	647	Orta
C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafinler (SCCP))	85535-84-8	91.200-239.883	5	180874	59584	Yüksek

\*Koc aralığı sınıflandırma: Düşük <100; Düşük/Orta (L/M) 100-1,000; Orta (M) 1,000-10,000; Orta/Yüksek 10,000-100,000; Yüksek >100,000.

**Çizelge A. 2 : Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin çökeltme seviyeleri.**

Öncelikli madde	CAS No	Sudaki çözünürlük aralığı (mg/L)	Veri sayısı	Ortalama sudaki çözünürlük (mg/l)	Standart sapma-sudaki çözünürlük (L/g)	Tahmin edilen çökeltme seviyesi
4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol	140-66-9	5-12,6	2	8,8	5,4	Yüksek
Nonilfenol	25154-52-3	6,35	1	6,35	-	Yüksek
Pentaklorofenol (PCP)	87-86-5	14-80	2	47	46,7	Yüksek
Triklorobenzenler	12002-48-1	30	1	30	-	Yüksek
1,2,4-Triklorobenzen (1,2,4-TCB)	120-82-1	49	1	49	-	Yüksek
Bromlu difenileterler	n.a.	0,0000009	1	0,0000009	-	Yüksek
Diklorometan	75-09-2	13.000-28.488	2	20774	10952	Düşük/Orta
Kurşun ve bileşikleri	7439-92-1	çözünmez-597.000	-	-	-	Orta/Yüksek
Nikel ve bileşikleri	7440-02-0	1,5-1.310.000	-	-	-	Orta
Tributilkalay bileşikleri	n.a.	0,0073	1	0,0073	-	Yüksek
Tributilkalay-katyon	36643-28-4	-	-	-	-	-
Antrasen	120-12-7	0,0434	1	0,0434	-	Yüksek
Naftalin	91-20-3	31	1	31	-	Yüksek
C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafinler (SCCP))	85535-84-8	0,15-0,47	2	0,31	0,23	Yüksek

\*Sudaki çözünürlük (mg/l) sınıflandırma: Düşük >100,000; Düşük/Orta (L/M) 10,000-100,000; Orta (M) 1,000-10,000; Orta-Yüksek (M/H) 100-1,000; Yüksek <100

**Çizelge A. 3 :** Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin adsorplanma ve çökelme seviyeleri.

Öncelikli madde	CAS No	Adsorplanma eğilimi	Çökelme eğilimi	Giderim potansiyeli
4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol	140-66-9	Orta	Yüksek	Orta/Yüksek
Nonilfenol	25154-52-3	Orta/Yüksek	Yüksek	Yüksek
Pentaklorofenol (PCP)	87-86-5	Orta	Yüksek	Orta/Yüksek
Triklorobenzenler	12002-48-1	Orta	Yüksek	Orta/Yüksek
1,2,4-Triklorobenzen (1,2,4-TCB)	120-82-1	Orta	Yüksek	Orta/Yüksek
Bromlu difenileterler	n.a.	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Diklorometan	75-09-2	Düşük	Düşük/Orta	Düşük
Kurşun ve bileşikleri	7439-92-1	Yüksek	Orta/Yüksek	Yüksek
Nikel ve bileşikleri	7440-02-0	Orta	Orta	Orta
Tributilkalay bileşikleri	n.a.	-	Yüksek	-
Tributilkalay-katyon	36643-28-4	-	-	-
Antrasen	120-12-7	Orta/Yüksek	Yüksek	Yüksek
Naftalin	91-20-3	Orta	Yüksek	Orta/Yüksek
C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafinler (SCCP))	85535-84-8	Yüksek	Yüksek	Yüksek

**Çizelge A. 4 :** Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektöründen kaynaklanan öncelikli maddelerin bozunma ile giderim potansiyelleri.

Öncelikli maddeler	CAS No	Aerobik bozunma				Anaerobik bozunma				Giderim Potansiyeli		
		Biyobozunma yarı ömür aralığı (gün)	Veri sayısı	Ortalama biyobozunma yarı ömrü (gün)	Standart sapma biyobozunma yarı ömrü (gün)	Biyobozunma yarı ömür aralığı (gün)	Veri sayısı	Ortalama biyobozunma yarı ömrü (gün)	Standart sapma biyobozunma yarı ömrü (gün)	Aerobik	Anaerobik	Bütünü
4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol	140-66-9	5	1	5						Yüksek	-	-
Nonilfenol	25154-52-3	5-20	8	11	5,66	46-63	2	54,5	12	Yüksek	Orta/Yüksek	Orta/Yüksek
Pentaklorofenol (PCP)	87-86-5	10-48	8	24	13,23	17,5-80	3	43,8	32,4	Yüksek	Orta/Yüksek	Orta/Yüksek
Triklorobenzenler	12002-48-1		10	723	513	17-776	4	333	324	Düşük	Düşük	Düşük
1,2,4-Triklorobenzen (1,2,4-TCB)	120-82-1	2,1-150	5	52	57,6	110-200	2	155	64	Orta/Yüksek	Düşük/Orta	Orta
Bromlu difenileterler	n.a.	150-600	3	300	260					Düşük	-	Düşük
Diklorometan	75-09-2	1-704	6	333	306	11-108	5	50,8	52,3	Düşük	Orta/Yüksek	Orta
Kurşun ve bileşikleri	7439-92-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Düşük	Düşük
Nikel ve bileşikleri	7440-02-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Düşük	Düşük
Tributilkalay bileşikleri	n.a.	6-183	12	92	62,7	46-1095	4	650	438	Orta	Düşük	Düşük/Orta
Tributilkalay-katyon	36643-28-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antrasen	120-12-7	3,3-210	17	80	62,9	-	-	-	-	Orta/Yüksek	-	Düşük/Orta
Naftalin	91-20-3	1-31	21	12	10,26	96	1	96		Yüksek	Orta	Orta/Yüksek
C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafinler (SCCP))	85535-84-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Yarı ömür (gün) aralığı sınıflandırma: Düşük >180 gün; Düşük/Orta = 130-180 gün; Orta = 80-130 gün; Orta/Yüksek = 30-80 gün; Yüksek <30

**EK B****Çizelge B. 1 : . Tekstil ürünlerinin bitirilmesi alt sektörüne ait öncelikli maddeler ve öncelikli maddelerin kaynaklandığı prosesler.**

Öncelikli Madde	CAS No	Kullanım Alanı	Kaynak
4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol	140-66-9	Oktilfenoller tekstil endüstrisinde baskı amacı ile kullanılmaktadırlar (örneğin; tişört baskısı).	COHIBA Project Cost Effective Management Options to Reduce Discharges, Emissions and Losses of Hazardous Substances Final Report, 2012
Nonilfenol	25154-52-3	Tekstil ve deri endüstrisinde yardımcı madde olarak kullanılmaktadır.	COHIBA Project Cost Effective Management Options to Reduce Discharges, Emissions and Losses of Hazardous Substances Final Report, 2012
Pentaklorofenol (PCP)	87-86-5	Tekstil ürünlerinde antimikrobiyal koruyucu olarak kullanılmaktadır.	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov">http://toxnet.nlm.nih.gov</a>
Triklorobenzenler	12002-48-1	Boya taşıyıcı olarak kullanılmaktadır.	<a href="http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/156">http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/156</a>
1,2,3-Triklorobenzen (1,2,3-TCB)	87-61-6	Boyama prosesinden boya taşıyıcı ve çözücü olarak kullanılmaktadır.	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov">http://toxnet.nlm.nih.gov</a>
1,2,4-Triklorobenzen (1,2,4-TCB)	120-82-1	Boya ve ara maddeler gibi kimyasal ürünlerde solvent olarak kullanılmaktadır.	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov">http://toxnet.nlm.nih.gov</a>
1,3,5-Triklorobenzen (1,3,5-TCB)	108-70-3	Boya ve tekstil ürünlerinin üretiminde (az miktarda) kullanılmaktadır.	<a href="http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp199-c1.pdf">http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp199-c1.pdf</a>
Bromlu difenileterler	n.a.		
Dekabromodifenileter	1163-19-5		
Hekzabromodifenileter	36483-60-0		
Heptabromodifenileter	68928-80-3		
Oktabromodifenileter	32536-52-0		
Pentabromodifenileter	32534-81-9		
Tetrabromodifenileter	93703-48-1		
Hekzabromosiklododekanlar (HBCDD) - Öncelikli	n.a.		
1,2,5,6,9,10-HBCDD	3194-55-6		
1,3,5,7,9,11-HBCDD	25637-99-4		
α-HBCDD	134237-50-6		
β-HBCDD	134237-51-7		
γ-HBCDD	134237-52-8		
		Tekstillerde ve plastiklerde alevlenmeyi geciktirici olarak kullanılmaktadır.	COHIBA Project Cost Effective Management Options to Reduce Discharges, Emissions and Losses of Hazardous Substances Final Report, 2012
			ScorePP Assessment of the Feasibility of Strategies for Limiting Releases of Priority Pollutants, 2010
			COHIBA Project Cost Effective Management Options to Reduce Discharges, Emissions and Losses of Hazardous Substances Final Report, 2012
			<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov">http://toxnet.nlm.nih.gov</a>

Öncelikli Madde	CAS No	Kullanım Alanı	Kaynak
Perflorooktansülfonik asit ve türevleri (PFOS)	1763-23-1		<a href="https://www.federalregister.gov/articles/2015/09/23/2015-24178/significant-new-use-rule-for-hexabromocyclododecane-and-1256910-hexabromocyclododecane#h-30">https://www.federalregister.gov/articles/2015/09/23/2015-24178/significant-new-use-rule-for-hexabromocyclododecane-and-1256910-hexabromocyclododecane#h-30</a>
Amonyum PFOS	29081-56-9		
Didecildimatilamonyum PFOS	251099-16-8	Emprenye tekstillerde ve döşemelerde kullanılmaktadır.	<a href="https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/Stockholm_Convention/POPs/DC_Perfluorooctane%20Sulfonate%20Report.PDF">https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/Stockholm_Convention/POPs/DC_Perfluorooctane%20Sulfonate%20Report.PDF</a>
Dietanolamonyum PFOS	70225-14-8		
Lityum PFOS	29457-72-5		
Potasyum PFOS	2795-39-3		
Tetraetilamonyum PFOS	56773-42-3		
Diklorometan	75-09-2	Taşıyıcı solvent olarak kullanılmaktadır.	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov">http://toxnet.nlm.nih.gov</a>
Kurşun ve bileşikleri	7439-92-1	Boyama, kurşun tuzlarının hazırlanması, boyar maddelerde kullanılan pigmentler, renk sabitleştiriciler ve oksidanlar kurşun ve bileşiklerinin kaynaklarıdır.	<a href="https://oecotextiles.wordpress.com/tag/heavy-metals/">https://oecotextiles.wordpress.com/tag/heavy-metals/</a>
Nikel ve bileşikleri	7440-02-0	Nikel bileşikleri renk sabitleştirici olarak kullanılmaktadır.	Inhalation Toxicology, Second Edition (2005), Harry Salem, Sidney A. Katz
Tributikalay bileşikleri	n.a.		COHIBA Project Cost Effective Management Options to Reduce Discharges, Emissions and Losses of Hazardous Substances Final Report, 2012
Tributikalay-katyon	36643-28-4	Tekstil ve tekstil polimerlerinde anti-koku ve anti-mantar özellikleri için kullanılmaktadırlar.	<a href="http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/factsheet_organotins_food.pdf">http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/factsheet_organotins_food.pdf</a>
Antrasen	120-12-7	Antrasen yağları sentetik boyarmaddeler için ara maddedir, ayrıca antrasen boyar maddelerin üretiminde kullanılmaktadır.	<a href="http://storage.ugal.com/3855/reach-201012-list-46.pdf">http://storage.ugal.com/3855/reach-201012-list-46.pdf</a>
Naftalin	91-20-3	Tekstil kimyasallarının yapısında bulunmaktadır.	<a href="http://toxnet.nlm.nih.gov">http://toxnet.nlm.nih.gov</a>
C10-13-Kloroalkanlar (Kısa zincirli klorlu parafinler (SCCP))	85535-84-8	PVC, lastik ve tekstil ürünlerinde alevlenmeyi geciktirici ve yumuşatıcı madde olarak kullanılmaktadır	COHIBA Project Cost Effective Management Options to Reduce Discharges, Emissions and Losses of Hazardous Substances Final Report, 2012

## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Ceren EROPAK  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 24/06/1990 - Şişli/İSTANBUL  
**E-posta** : cereneropak@yahoo.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Temmuz 2012'den itibaren io Çevre Çözümleri Ar&Ge Ltd. Şti.'de proje uzmanı olarak çalışmaktadır.
- 2012 dönemi İTÜ Çevre Mühendisliği Bölüm 2.'liği

### TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

### DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Karahan Özgün, Ö., Başak, B., **Eropak, C.**, Abat, S., Kırım, G., Girgin, E., Hanedar, A., Güneş, E., Çitil, E., Görgün, E., Yangın Gömeç, Ç., Germirli Babuna, F., Övez, S., Tanık, A., Öztürk, İ., Kınacı, C., Karaaslan, Y., Güçver, S.M., Şiltu, E., Koç Orhon, A. **Prioritization Methodology of Dangerous Substances for Water Quality Monitoring with Scarce Data**, *Clean Technologies and Environmental Policy*