

# Bölüm 11

## TR21 Trakya Bölgesi'nde Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişikliğinin Su Kalitesine Etkisi

Asude HANEDAR<sup>1</sup>, Bahadır ALTÜRK<sup>2</sup>, Fatih KONUKCU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniv., Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ  
[ahanedar@nku.edu.tr](mailto:ahanedar@nku.edu.tr)

<sup>2</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ  
[balturk@nku.edu.tr](mailto:balturk@nku.edu.tr)

<sup>3</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ  
[fkonukcu@nku.edu.tr](mailto:fkonukcu@nku.edu.tr)

### 1. Giriş

Arazi kullanım/arazi örtüsü doğal ve antropojenik (insan kaynaklı) etmenler sebebiyle sürekli değişime uğramakta ve bu değişime atmosferdeki belirsizliklerin eklenmesiyle bölgesel ölçekte çevresel, kültürel ve sosyoekonomik birçok olumsuzluk ortaya çıkmaktadır. Özellikle şehirleşme ve sanayileşmenin artması havzaların su bütçesinde değişimlere ve havzalara gelen kirlilik yüklerinin artmasına sebebiyet vermektedir.

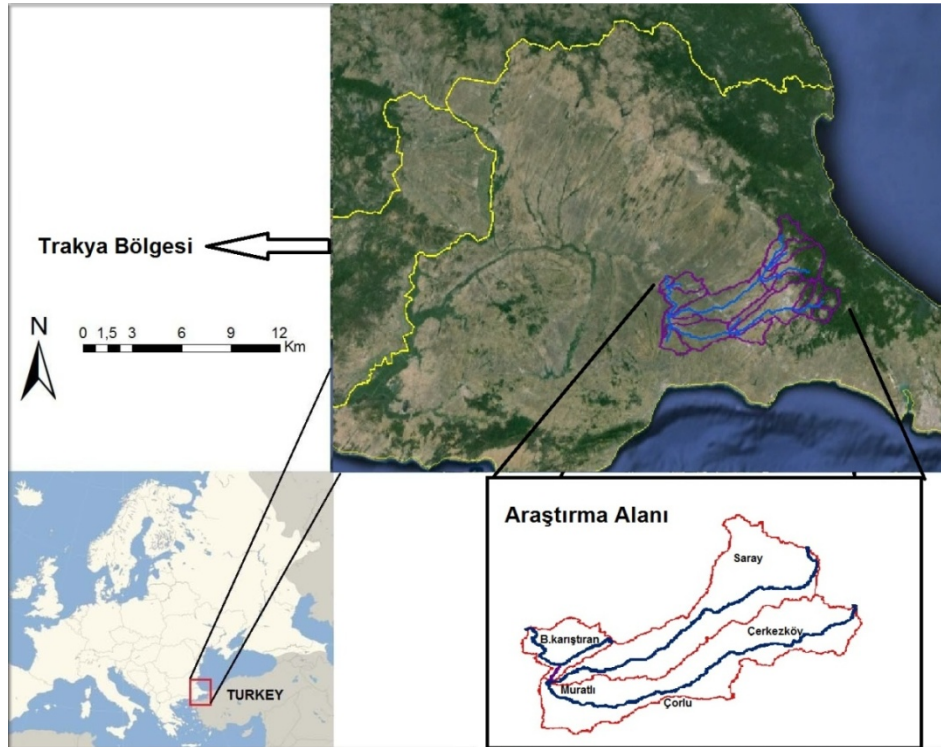
Türkiye bulunduğu coğrafya nedeniyle ekonomik anlamda farklı gelişme eksenlerine sahip bir ülkedir. Trakya Bölgesi'nde bulunan TR21 (Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ) Bölgesi Avrupa'ya yakın olması sebebiyle sosyoekonomik anlamda ulusal yatırımların merkezinde olan bölgelerden bir tanesidir. Ancak 1990'lı yıllardan itibaren Trakya Bölgesi'nin İstanbul'a yakın doğu bölgesinde bulunan Saray, Çorlu, Çerkezköy, Muratlı ve Lüleburgaz ilçelerinde artan dağınık ve plansız sanayi alanları ve beraberinde gelen iç göç dalgası şehirleşmeyi hızla arttırmıştır. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin en fazla yaşandığı bu bölge göç, nüfus artışı, sanayileşme ve şehirleşme dinamiklerinin geçmişte olduğu gibi gelecekte de ivme kazanarak artacağı bir sıcak nokta (hot spot) konumunda yer almaktadır (Altürk, 2017).

Çalışma kapsamında TR21 bölgesinde bulunan ve Ergene nehrinin kaynağını ve en önemli iki kolunu oluşturan Çorlu ve Ergene Dereleri'ne ait havza sınırları çalışma alanı olarak belirlenmiş ve bu drenaj alanlarından ilgili su kütlesine gelen kirlilik yüklerinin mevcut durumu ve gelecekte oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü değişimi senaryoları altındaki değişimleri hesaplanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanında sanayi ve tarım alanının yoğunlaştığı ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği modellenmesi yapılan Ergene nehrinin kaynağını ve en önemli iki kolunu oluşturan Çorlu ve Ergene Dereleri'ne ait havza sınırları çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çorlu ve Ergene Dereleri'ne ait havzaların konumu Şekil 1'de, fiziksel özelliklerine ait bilgiler Çizelge 1'de sunulmaktadır.



Şekil 1. Araştırma bölgesinin konumu.

Çizelge 1. Araştırma alanının fiziksel özellikleri.

Havza alanı (km <sup>2</sup> )	1504.92
Havza çevre uzunluğu (km)	342.22
Havza maksimum yüksekliği m (h <sub>max</sub> )	490
Havza minimum yüksekliği m (h <sub>min</sub> )	50
Havza Koordinatları	27°44'-28°15' doğu boylamı
Havza Koordinatları	41°11'-41°47' kuzey enlemi

## **2.2 Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişikliğinin Modellenmesi**

Araştırma kapsamında geleceğe yönelik arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin belirlenmesinde CLUE-S (Arazi Kullanım Dönüşümünün Küçük Bölgesel Alanlardaki Etkileri) modeli kullanılmıştır. Değişikliği mekansal olarak ele alan bu modelde, “mekansal olmayan talep” ve “mekansal değer atama” süreci sonucun ortaya konmasındaki iki alt bölümü oluşturmaktadır. 2050 yılı için geleceğe yönelik arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği 3 farklı senaryo ile ele alınmıştır.

### ***Senaryo 1: Referans Senaryo***

Verimli tarım alanlarının, orman alanlarının ve sulak alanların ulusal yasalarla korunmasına rağmen, 1990 ve 2014 yılları arasında çalışma alanında bu koruma kuralları etkili bir şekilde uygulanmamıştır. Araştırma bölgesinde geçmişten günümüze devam eden mekansal taleplerin gelecekte de aynı eğilimde devam edeceği varsayılarak senaryo oluşturulmuştur. Senaryoda; kentsel alanlar artacağı, sanayi bölgelerinde hiçbir değişiklik olmayacağı ve tarım arazilerinin azalacağı öngörülmektedir.

### ***Senaryo 2: Ekonomik Gelişme Odaklı Senaryo***

Bu senaryoda, bölgesel ekonomik gelişmeler ve planlamalar çerçevesinde araştırma alanında bulunan Organize Sanayi Bölgeleri'nin 2030 yılına kadar dolacağı ve 2030-2050 yılları arasında yeni sanayi alanlarına izin verileceği öngörülmektedir. Mevcut sanayi alanlarının dolması ve yeni sanayi tesislerinin bölgeye gelmesiyle birlikte artacak nüfus artışı ve iç göç hesapları yapılarak kentsel alanlar hesaplanmıştır.

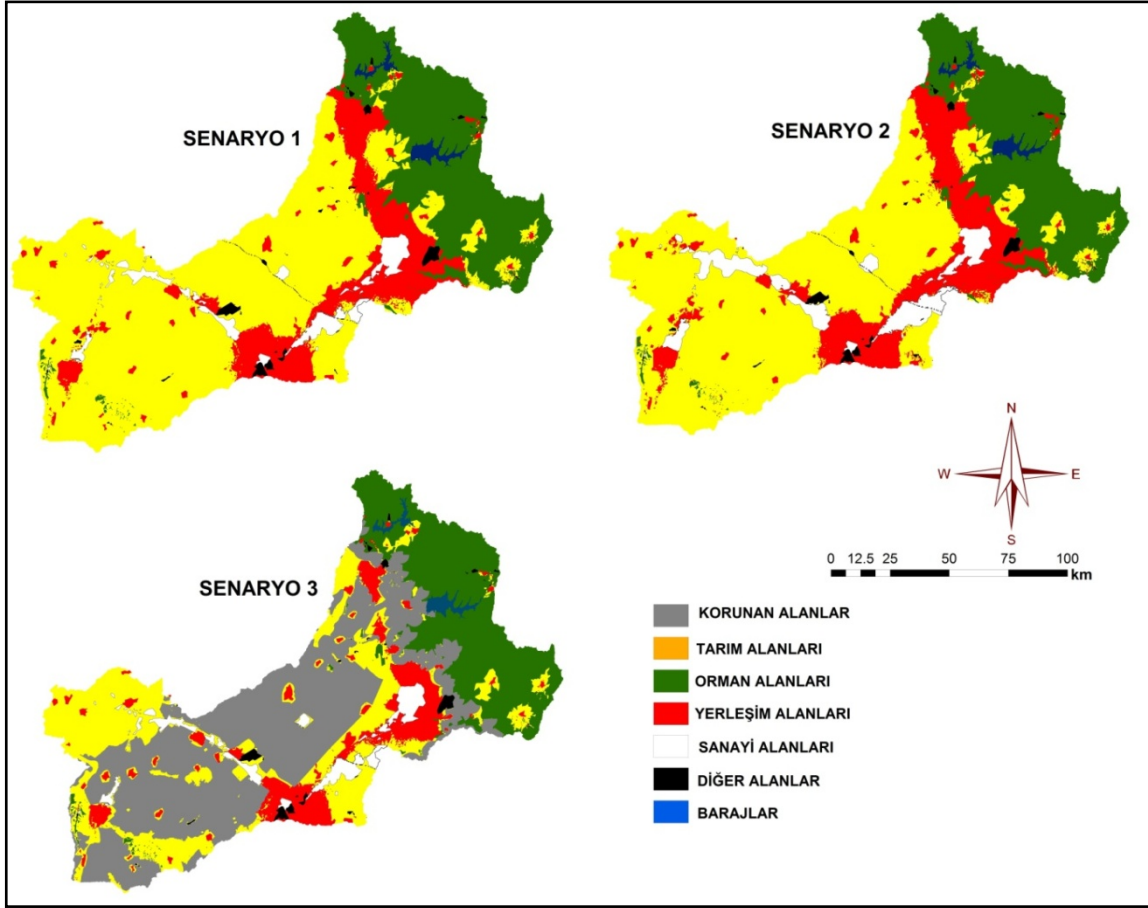
### ***Senaryo 3: Ekosistem Hizmetlerinin Korunması Odaklı Senaryo***

Araştırma bölgesi, ekosistem hizmeti sağlayan verimli tarım alanlarına, zengin yeraltı suyu besleme alanlarına ve ormanlara sahiptir. 1990'dan günümüze ekolojik değeri yüksek bu alanlar kentleşme sanayileşme baskısı altındadır. 2017 yılından itibaren bölgenin bazı tarım arazileri Büyük Ova Koruma Alanı kapsamında koruma altına alınmıştır. Buna ilave olarak, senaryo kapsamında yeraltı suyu besleme alanlarına ve vahşi yaşam habitatına sahip orman arazilerine 1 km genişliğinde koruma bandı oluşturulmuştur. Bu senaryoda koruma bandında ve korunan tarım arazilerinde yapay bölgelerin genişlemesine izin verilmemektedir.

Bu 3 senaryoya bağlı olarak 2050 yılı için elde edilen arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları Şekil 2'de gösterilmektedir.

2050 yılı için elde edilen sonuçlara göre;

Senaryo 1'de, tarım arazilerinin 2014 yılına göre 19596 ha azalacağı, yerleşim alanlarının, 19596 ha alanı tarım arazilerinde ve 155 ha alanı orman arazilerinde olmak üzere 19752 ha artacağı hesaplanmıştır. Bu senaryoda sanayi ve diğer alanlarda bir değişiklik beklenmemektedir.



**Şekil 2.** 2050 yılı için arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği simülasyon sonuçları.

Senaryo 2'de, 2014 yılı arazi kullanımı/arazi örtüsü ile kıyaslandığında tarım arazilerinin 27678 ha azalacağı, kentsel ve sanayi alanlarının sırasıyla 23680 ha ve 4153 ha artacağı belirlenmiştir.

Senaryo 3'de, 2014 yılında arazi kullanım/arazi örtüsü ile kıyaslandığında, tarım arazilerinin 9767 ha azalacağı, kentsel alanların 9922 ha artacağı hesaplanmıştır. Sanayi ve diğer alanlarda ise 1. senaryoda olduğu gibi, bir değişiklik beklenmemektedir.

Sonuçları birlikte değerlendirdiğimizde, koruma kurallarının uygulanmadığı senaryo 1 ve senaryo 2'de kentleşmenin hız kazanacağı ve bu alanların tarım arazilerinde azalmaya sebep olacağı ve orman alanlarına baskı yapacağı belirlenmiştir. Koruma kurallarının uygulandığı senaryo 3'de ise kentleşmenin diğer iki senaryoya göre daha az olacağı ve uygulanan koruma bandı sayesinde yeraltı suyu besleme alanlarına ve orman alanlarına olan sanayi ve şehirleşme baskısının diğer iki senaryodan daha az olacağı sonucuna varılmıştır.

### 3. Kirlilik Yükleri-Baskı Analizi

Çalışma alanında sanayi ve tarım alanının yoğunlaştığı ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği modellenmesi yapılan yukarıda özellikleri verilen kesitte drenaj alanı olarak

belirlenmiş ve bu drenaj alanından su kütlesine gelen kirlilik yüklerinin mevcut durumu ve gelecekte oluşturulan senaryolar altındaki değişimleri hesaplanmıştır. Su kütlesine gelen yükler hesaplanmıştır.

### 3.1. Noktasal Kirlilik Yükü Hesapları

Bu başlık altında hesaba katılan kirleticiler, alıcı ortama, sabit ve bilinen bir noktadan deşarj olan kirleticilerdir. Çalışma alanındaki noktasal kirleticiler; kentsel atıksu arıtma tesislerinden deşarj edilen arıtılmış kentsel atık sular, Organize Sanayi Bölgelerinin ve tekil endüstrilerin atıksu arıtma tesislerinde ilgili S.K.K.Y. limitlerine uygun biçimde arıtılmış endüstriyel atık sulardır. Bu kaynaklardan gelen toplam kirlilik yükü genel olarak kentsel ve endüstriyel yüklerin toplamından oluşmaktadır (SYGM, 2015).

#### 3.1.1. Kentsel Kirlilik Yükleri

Kentsel kirlilik yüklerin hesaplanmasında genel olarak nüfus başına atıksu oluşumu ve kirlilik yükleri hesaplanmaktadır. Ancak çalışma alanında oluşan tüm evsel/kentsel kirleticiler kanalizasyon şebekesine bağlı olup arıtılarak Ergene Nehri'nde çeşitli noktalardan deşarj edilmektedir. Aşağıdaki çizelgede Tekirdağ Su ve Kanalizasyon İdaresi'nden (TESKİ) alınan bilgiler doğrultusunda çalışma alanında bulunan atıksu arıtma tesisleri yer almaktadır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Çalışma alanında mevcut atıksu arıtma tesisleri ve özellikleri.

Atıksu arıtma tesisi	Arıtma Tesisi Tipi	Kapasite (m <sup>3</sup> /gün)	Deşarj yeri	Mevcut kapasite kullanımı (%)	Bağlı olduğu kurum
Yenice Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	Fiziksel + İleri Biyolojik Arıtma	3.000	Şerefli Deresi	70	TESKİ
Saray İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	Fiziksel + İleri Biyolojik Arıtma	7.166	Ergene Çayı	60	TESKİ
Muratlı İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	Fiziksel + İleri Biyolojik Arıtma	5.236	Çorlu Deresi	70	TESKİ
Çorlu İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	Fiziksel + İleri Biyolojik Arıtma	60.000	Değirmen Deresi	30	TESKİ adına DSİ
Çerkezköy-Kapaklı İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi	Fiziksel + İleri Biyolojik Arıtma	52.800	Çorlu Deresi	25	TESKİ adına DSİ
<b>Toplam</b>		<b>128.202</b>			

Söz konusu atıksu arıtma tesislerinin tamamı nitrüent gideriminin de mevcut olduğu ileri biyolojik arıtma tesisleridir. Bu tesislerden nehir kollarına verilen KOI, azot ve fosfor yükünün hesaplanmasında tesislerin "Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi Yönetmeliği, sınır değerleri baz

alınmıştır (Çizelge 2). Yönetmelik değerleri Çizelge 3’de verilmiştir. Hesaplamalarda 100.000 E.N.’den fazla nüfuslar için verilen toplam fosfor için 1 mg/L ve toplam azot için 10 mg/L olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplama sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir. Verilen hesaplamalarda atıksu arıtma tesislerinin halihazırda kullanım oranları mevcut durum senaryosu olarak kullanılmıştır. Gelecek senaryosunda ise 2050 yılında nüfus artışına bağlı olarak kapasite kullanım oranlarının %100’e ulaşacağı öngörülerek hesaplamalar yapılmıştır.

**Çizelge 3.** Kentsel atıksu arıtım tesislerinden ileri arıtıma ilişkin deşarj limitleri\*

Parametreler	Konsantrasyon	Minimum arıtma verimi(%)
Toplam fosfor	2 mg/l P(10000-100000 E.N.)	80
	1 mg/l P(100 000 E.N.’den fazla)	
Toplam azot	15 mg/l N(10000-100000 E.N.)	70-80
	10 mg/l N(100 000 E.N.’den fazla)	

\*Yerel şartlara bağılı olarak parametrelerin biri veya ikisi birden uygulanabilir. Konsantrasyon değerleri veya arıtma verimleri uygulanacaktır.

**Çizelge 4.** Hesaplanan kentsel kirlilik yükleri.

Atıksu arıtma tesisi	Mevcut Durum (ton/yıl)			2050 Yılı (ton/yıl)		
	KOI	TN	TP	KOI	TN	TP
Yenice Biyolojik AAT	95813	7.7	0.8	136875	11.0	1.1
Saray İleri Biyolojik AAT	196169	15.7	1.6	326949	26.2	2.6
Muratlı İleri Biyolojik AAT	167225	13.4	1.3	238893	19.1	1.9
Çorlu İleri Biyolojik AAT	821250	65.7	6.6	2737500	219	21.9
Çerkezköy İleri Biyolojik AAT	602250	48.2	4.8	2409000	192.7	19.3
Toplam	1882707	150.6	15.1	5849216	467.9	46.8

### 3.1.2. Endüstriyel Kirlilik Yükleri

Endüstriyel atıksu özellikleri, endüstriden endüstriye oldukça farklılık göstermektedir Aynı daldaki endüstrilerde bile kullanılan hammaddeler ve uygulanan süreçlerin farklılıkları diğer birçok faktörle birlikte atık suyun yapısında farklılıklar oluşturmaktadır Endüstriyel atık sularla ilgili olarak belirtilmesi gereken en önemli özellik, hem debide hem de içeriğinde geniş çapta dalgalanmaların olmasıdır.

Çalışma alanında çok sayıda sanayi tesisi ve organize sanayi bölgesi mevcuttur. Söz konusu tesisler özellikle yeraltından çektikleri suyu proseslerinde kullanıp arıtarak Ergene Nehri ve kollarına vermektedir. Meriç-Ergene Havzası’nda yaklaşık 1300 adet sanayi tesisi mevcut olup bunlardan çalışma alanı sınırları içine düşenler 451 adet tekil endüstri, 16’sı ise çok sayıda tesisi bünyesinde barındıran organize sanayi bölgeleridir.

Söz konusu tesislerden kaynaklanan kirlilik yüklerinin hesaplanmasında, tesisin Su Kalite Kontrol Yönetmeliği’nde tabi olduğu kategoriye bağılı olarak elde edilen KOI, Azot ve Fosfor

deşarj standardı ve tesisin atıksu debisi dikkate alınmıştır. Tüm bu hesaplamalar yapılarak mevcut durumda her bir sektörden ve toplamda oluşan KOI, Azot ve Fosfor miktarları hesaplanmıştır. Gelecek senaryolarında ise söz konusu OSB'lerin %50 doluluk oranına sahip olduğu öngörülerek 2050 yılına kadar bunların tamamının dolacağı kabul edilmiş, ancak sanayi tesisi sayısındaki artışla birlikte teknolojiye de oluşacak gelişme sayesinde atıksu oluşum ve kirletici oluşma miktarlarının azalacağı öngörülmüş ve %40 arttırılmıştır. Senaryo 1 ve 3 bu bilgilere göre oluşturulmuştur. Senaryo 2'de ise OSB kapasitelerinin dolması ile birlikte sanayi alanları da artacağından yine teknolojik gelişmeler de baz alınarak %30'luk artış öngörülmüştür. Tüm bu hesaplamalarla mevcut durum ve gelecek senaryoları için hesaplanan Azot ve Fosfor yükleri Çizelge 5'de verilmiştir.

**Çizelge 5.** Hesaplanan endüstriyel kirlilik yükleri.

	Tesis Sayısı	Mevcut Durum (kg/gün)			Mevcut Durum (ton/yıl)		
		KOI	TN	TP	KOI	TN	TP
OSB	16	154003.6	9275.2	837.5	56211.3	3385.4	305.7
Tekstil	227	84793.8	1631.4	81.6	30949.8	595.5	29.8
Karışık End.	9	142.0	7.1	0.7	51.8	2.6	0.3
Cam Sanayi	3	355.6	53.3	17.8	129.8	19.5	6.5
Kağıt Sanayi	5	5790.0	868.5	289.5	2113.4	317.0	105.7
Metal Sanayi	36	1050.3	718.5	35.9	383.4	262.2	13.1
Evsel	102	626.9	95.0	28.9	228.8	34.7	10.5
Kimya Sanayi	28	957.3	23.8	9.9	349.4	8.7	3.6
Gıda Sanayi	38	2575.1	386.3	128.8	939.9	141.0	47.0
İçecek Sanayi	3	408.0	61.2	20.4	148.9	22.3	7.4
<b>Toplam</b>	<b>467</b>	<b>250702.5</b>	<b>13120.2</b>	<b>1450.9</b>	<b>91506.4</b>	<b>4788.9</b>	<b>529.6</b>

### 3.2. Yayılı Kirlilik Yükü Hesapları

Yayılı kirlilik, kentsel ve kırsal alanlardaki arazi kullanım faaliyetlerinden kaynaklanan, alıcı ortama iklimsel ve meteorolojik koşullar (yağmur ve karların erimesi) ile coğrafi ve jeolojik koşullara bağlı olarak konumsal belirsizlik ve kesikli bir şekilde karmaşık taşınım ve dönüşüm reaksiyonları ile durgun su kütlelerine ulaşmaktadır. Bu şekilde taşınımdan dolayı yayılı yüklerin hesabı doğrudan yapılamamakta ve öngörüye dayanan hesap yöntemleri ile belirlenmektedir.

Ülkemizde tamamlanmış ve halihazırda yürütülmekte olan çalışmalar ile uyumlu sonuçlar verebilmesi adına yayılı yüklerin hesaplanmalarında 6 farklı yayılı kirlilik kaynağı değerlendirilmiştir. Bunlar;

- a. Arazi kullanımından kaynaklanan yükler,
  - a-1. orman alanlarından gelen yükler
  - a-2. mera ve çayır alanlarından gelen yükler

- a-3. kentsel yerleşim alanlarından gelen yükler
- b. Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan yükler,
- c. Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan yükler,
- d. Katı Atık düzensiz depolama sahalarından gelen yükler ve
- e. Atmosferik kirlilik yükleridir.

### 3.2.1. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Kaynaklı Yükler

Çalışma alanı sınırları içinde arazi kullanımı kaynaklı yayılı yük hesaplarında modelleme verileri kullanılmış olup hesaplanan yükler orman alanları, çayır ve meralar, kentsel alan ve kırsal alan başlığı altında toplanmıştır. Söz konusu sınıfların kapladıkları alanların mevcut durumda ve gelecekte modellenen senaryo sonuçlarına göre öngörülen değerleri Çizelge 6 ile verilmektedir. Görüldüğü üzere su kütleleri alanlarının mevcut durumda 74 ha iken 2050 yılında 1411 ha'a ulaşması beklenmektedir. Bunun nedeni 2050 yılına kadar çalışma alanı sınırları içinde 2 adet baraj yapımının planlanmış olmasıdır.

Arazi kullanımından kaynaklı yüklerin hesabında kullanılan birim yükler Çizelge 7 ile verilmektedir (OSİB, 2010).

**Çizelge 6.** Çalışma alanında mevcut ve gelecek senaryolarında arazi kullanım durumu.

Arazi kullanım	2014 Mevcut Durum (ha)	2050- Senaryo 1 (ha)	2050- Senaryo 2 (ha)	2050- Senaryo 3 (ha)
Tarım alanları	95417.5	79970.4	73231.8	87862.9
Mera alanları	5306.0	5306.0	5306.0	5306.0
Orman alanları	36216.5	34752.5	34752.5	34908.4
Kentsel alanlar	7053.8	22208.8	104520.2	14147.4
Su Kütleleri	73.6	1411.4	1411.4	1411.4
Toplam	143993.9	142237.7	217810.4	142224.7

**Çizelge7.** Arazi kullanım/arazi örtüsünden kaynaklanan birim yükler.

Yayılı Kaynak	Birim Yükler (kg/ha.yıl)	
	Toplam N	Toplam P
Orman Alanları	2	0.05
Çayır ve Meralar	5	0.1
Kentsel Alan	3	0.5
Kırsal Alan	9.5	0.9

Bu katsayılar ve arazi kullanım/arazi örtüsü değerleri dikkate alınarak her bir arazi kullanım çeşidinden kaynaklanan kirlilik yükleri hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Çizelge 8'de verilmiştir.



**Çizelge 8.** Arazi kullanımı kaynaklı azot ve fosfor yükleri.

Arazi Kullanımı		2014 Mevcut Durum	2050- Senaryo 1	2050- Senaryo 2	2050- Senaryo 3
Orman Alanları	TN (ton/yıl)	72.4	69.5	69.5	69.8
	TP (ton/yıl)	1.8	1.7	1.7	1.7
Mera alanları	TN (ton/yıl)	26.5	26.5	26.5	26.5
	TP (ton/yıl)	0.5	0.5	0.5	0.5
Kentsel Alanlar	TN (ton/yıl)	21.2	66.6	313.6	42.4
	TP (ton/yıl)	3.5	11.1	52.3	7.1

### 3.2.2. Tarımsal Faaliyet Kaynaklı Yükler

Ülkemizde tarım alanlarındaki ticari (sentetik) gübre kullanımları gerek miktar gerekse tür olarak ekilen ürüne, iklime, toprak özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Kimyasal gübrelerden kaynaklanan yüklerin hesaplanmasında, drenaj alanlarının içerdiği Tekirdağ ilindeki yıllık gübre tüketim miktarları kullanılmıştır (Çizelge 9). Hesaplamalarda bu değerler tüketilen tüm gübrelerin tüketim yılı içerisinde, tarım arazilerine homojen bir şekilde uygulandıkları kabul edilmek suretiyle kullanılmıştır. Yıllık kullanılan gübreler farklı tür ve çeşitlerde olup öncelikle gübrelerin hangi oranlarda toplamazot ve fosfor içerdikleri ortaya konulmuştur. Gübrelerde fosfor yüzdesi  $P_2O_5$  biriminde verilmiştir ve gübrenin adlandırılması bu sayıya göre yapılmıştır. Ancak fosfor yükü hesabı yapılabilmesi için gerekli yük P biriminde olduğundan,  $P_2O_5$  biriminde verilen fosfor P birimine çevrilmiştir. Bu amaçla  $P_2O_5$ 'in molekül ağırlıklarından yola çıkılarak 0.44 ile çarpılması gerekmektedir.

Drenaj alanları çalışma alanı sınırları ile karşılaştırılmış ve yalnızca ilde kullanılan gübre oranları çalışma alanı sınırları ile oranlanmıştır. Bu sayede çalışma alanı sınırları içinde kullanılan gübre miktarları türlerine göre belirlendikten sonra her bir gübre türünün içerdiği azot ve fosfor miktarı ile ilgili katsayılar kullanılarak çalışma alanı sınırları dahilinde tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan azot ve fosfor yükleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 9.** Tekirdağ ilinde gübre kullanım miktarları ve azot ve fosfor yüzdeleri.

Gübre Çeşidi	Tekirdağ	Azot Yüzdesi (%)	Fosfor Yüzdesi ( $P_2O_5$ ) (%)	Fosfor Yüzdesi (%)
Amonyum Nitrat %26 (AN)	27913	26	0	0
Amonyum Nitrat %33 (AN)	9484	33	0	0
Amonyum Sülfat%21 (AS)	7342	21	0	0
DAP 18,0,46 (Diamonyum Fosfat)	2269	20	45	20
TSP %42-44 $P_2O_5$ (Triple Fosfat )	134	0	48	21
Üre %46	49505	46	0	0
Kompoze 15,15,15	11568	15	15	7
Kompoze 15,15,15+Zn (Süper)	1152	15	15	7
Kompoze 20,20,0	38892	20	20	9
Kompoze 20,20,0+Zn (Süper)	3847	20	20	9
Potasyum Nitrat 13,0,46	46	14	0	0
Toplam (ton/yıl)	152152	-	-	-

Sonraki aşamada tarım arazilerine uygulanan azotun %10'unun, fosforun ise % 2.5'inin alıcı ortama ulaştığı kabul edilerek (su ortamına gelen) kimyasal gübre kaynaklı yayılı yükler hesaplanmıştır. Hesaplanan yükler Çizelge 10'da verilmiştir. Aynı çizelgede gelecekte oluşması beklenen yüklerin değişimi tarım arazisi alanları değiştirilerek senaryolar bazında bulunmuştur.

**Çizelge 10.** Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan azot ve fosfor yükleri.

	Drenaj alanında kullanılan gübre miktarı (ton/yıl)	TN (ton/yıl)	TP (ton/yıl)	Su kütlesine taşınan (ton/yıl)	
				TN	TP
Mevcut Durum	100420.3	30099.8	11061.6	3010.0	276.5
2050-Senaryo 1	85205.1	25539.3	9385.6	2553.9	234.6
2050-Senaryo 2	51731.7	15506.0	5698.4	1550.6	142.5
2050-Senaryo 3	94334.2	28275.6	10391.2	2827.6	259.8

### 3.2.3. Hayvancılıktan Gelen Kirlilik Yükleri

Havzadaki hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan kirleticilerin tespiti için 2017 yılı ilçe temelinde hayvan sayıları kullanılmıştır. Havza sınırları içindeki ilçelere ait büyükbaş ve küçükbaş hayvanların sayıları Çizelge 11 ile verilmektedir. Hayvansal yük tespitinde hesaplamada temel alınan birim kirlilik yükleri Çizelge 12'de verilmiştir. Hayvansal gübreden kaynaklanan yayılı yük hesabında, TN'un %15'i ve TP'un ise %5'inin alıcı ortama ulaştığı kabul edilmiştir. Bu katsayılar kullanılarak çalışma alanında hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilik yükleri Çizelge 12 ve Çizelge 13'de verilmiştir.

### 3.2.4. Katı Atık Düzensiz Depolama Sahalarından Gelen Kirlilik Yükleri

Havza dâhilinde Çorlu ilçesinde düzensiz katı atık depolama sahası mevcuttur. Bu sahaya Çorlu, Çerkezköy, Muratlı ilçelerinden kaynaklanan kentsel ve endüstriyel atıklar düzensiz olarak taşınmaktadır. Halihazırda Demirli-Tekirdağ'da düzenli depolama sahası bulunmaktadır ve tüm bu katı atıklar o bölgeye düzenli bir şekilde depolanmaktadır. Ancak Çorlu'da bulunan düzensiz katı atık depolama sahasından yüzeysel su kütlelerine özellikle yağmur suyuyla kirlilik taşınımı söz konusudur ve bu taşınım önümüzdeki 20-30 yıl sürecektir.

**Çizelge 11.** Çalışma alanı sınırları içindeki hayvan sayıları.

İlçe	Küçükbaş toplam	Büyükbaş toplam
Çerkezköy	14718	2757
Çorlu	17962	4965
Ergene	33887	8390
Kapaklı	12977	5501
Muratlı	20243	8192
Saray	30714	13108
Süleymanpaşa	77057	20468

**Çizelge 12.** Hayvan gruplarına göre birim kirlilik yükleri (OSİB, 2010).

Hayvan Kategorisi	Birim Kirlilik Yükleri	
	Azot (kg/hayvan/yıl)	Fosfor (kg/hayvan/yıl)
Büyükbaş (İnek, Sığır)	8.2	0.91
Küçükbaş (Koyun, Keçi)	1.0	0.05

**Çizelge 13.** Hayvan gruplarına göre su kütlelerine taşınan kirlilik yükleri.

	TN (kg azot/yıl)	TP (kgP/yıl)	Su Kütlelerine Taşınan azot ve fosfor yükü (ton azot/yıl)	
			TN	TP
Büyükbaş	1701975.6	57676.7	255.30	2.88
Küçükbaş	207558.0	3169.1	31.13	0.16
Toplam			286.43	3.04

Mevcut Düzensiz Depolama Alanı kapatıldıktan sonra sızıntı suyu debisinin %65 azalacağı kabul edilmiştir (Depolama Alanı Kapatıldıktan Sonra Sızıntı Suyu Oluşma Faktörü: 0.35). Düzensiz Depolama Alanı kapatıldıktan sonra 30 yıl boyunca (projeksiyon döneminin sonuna kadar), sızıntı suyu toplanmaya devam edilecektir. Kirlilik yükleri hesabında düzensiz depolama alanlarında oluşan sızıntı suyundan kaynaklanan birim yükler yıllara göre Çizelge 14 ile verilmektedir.

**Çizelge14.** Sızıntı suyundan kaynaklanan kirletici konsantrasyonları.

Parametre /Yıllar	KOİ (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
2015	5.000	400	10

Çalışma alanı kapsamındaki Tekirdağ'da uzun dönem yıllık toplam yağış miktarı 581.8 mm'dir (MGİ, 2018). Çorlu düzensiz depolama sahası alanı ise 10 dekadır. Bu bilgilere göre düzensiz depolama alanlarından kaynaklanan kirlilik yükleri Çizelge 15 ile verilmektedir.

### 3.2.5. Atmosferik Kirlilik Yükleri

Çalışma alanında hava kirliliği için atmosfer ile kara ve su yüzeyleri arasındaki döngüde en önemli mekanizma atmosfere verilen kirleticilerin ıslak ve kuru birikimleridir. Islak birikim, atmosferden kara ve su kütlelerine yağmurla düşüm olarak tanımlanırken, kuru birikim toz şeklinde ya da gaz partiküllerinin toza adsorpsiyonu yolu ile uygun meteorolojik koşullarda kara ve su yüzeylerine taşınımı olarak tanımlanır ve çeşitli kirleticiler için örnekleme ve analiz metotlarıyla her bölge için belirlenir. Dolayısıyla, bir bölgede oluşan kirlenme kaynağı yakınında ya da uzakta, bölgedeki su kütlelerinin üzerinde kirlenme yükü oluşturur.

**Çizelge 15.** Düzensiz depolama alanından oluşan kirlilik yükleri.

Ortalama yağış (mm)			582	
Çorlu düzensiz depolama alanı (dekar)			10	
Oluşan sızıntı suyu (m <sup>3</sup> /yıl)			5.820.000	
Depolama Alanı Kapatıldıktan Sonra Oluşan Sızıntı Suyu (m <sup>3</sup> /yıl)			2.037.000	
Sızıntı suyunun toplanamayan kısmı yayılı (m <sup>3</sup> /yıl)			1.018.500	
Kirlenici	g/m <sup>3</sup>		ton/yıl	
	2014	2050	2014	2050
KOI	5.000,0	250,0	5.092,5	254,60
TN	400,0	20,0	407,4	20,37
TP	10,0	0,5	10,2	0,50

Isınma amaçlı fosil yakıt kullanımı, endüstriyel faaliyetler ve motorlu taşıtlar gibi başlıca kirleniciler kükürtoksitler, azotoksitler, karbonmonoksit, partiküler madde, ağır metal, organik karbon bileşikleri vb. pek çok kirlenici olup, bu kirleniciler arasında, araçlardan kaynaklanan NOx'ler ve tarımsal amaçlı gübre kullanımının buharlaşma yoluyla atmosfere fosfat ve nitrat halinde geçişi ve su kütleleri üzerine birikimi dışında bu proje kapsamında incelenen ve havzada ötrofikasyona neden olan kirleniciler bulunmamaktadır. Özellikle fosfor için atmosferde gübre amaçlı kullanımdan kaynaklanan fosfatın buharlaşması dışında sayılan antropojenik kaynaklardan hiçbiri kirlilik yükü oluşturmaz.

Proje kapsamında çalışma alanından kaynaklanan hava kaynaklı kirlenicilerin hesabında Türkiye ve dünya genelinde yapılmış çalışmalar incelenmiş olup çalışmalarda kullanılan birim kirlilik değerleri Çizelge 16 ile gösterilmiştir.

**Çizelge16.** Hava kirlenici kaynaklı birim kirlilik yükleri.

Makale	Konumu	(kg/ha.yıl)			(kg/ha.yıl)		
		Kuru	Islak	Toplam	Kuru	Islak	Toplam
Melen Havzası KOP, TÜBİTAK	Melen havzası	-	-	10.3	-	-	-
Yeniçağa Gölü, TÜBİTAK projesi	Yeniçağa Gölü, ölçüm	1.3	3.1	4.4	0.1	0.3	0.4
Gökçe Baraj Gölü Havzası	Gökçe Baraj Gölü Havzası	-	-	14.05	-	-	-
Rast and Lee, 1983, review	Review	-	-	24	-	-	0.25
Weston et. al., 2009	ABD, Georgia, Almataha Nehri	-	-	2.4	-	-	0.3
He at. al., 2011	Singapur, kıyı havza alanı Nisan 2007- Mart 2008	5.9	15.5	21.3	1.4	0.5	1.9
Nyaga et. al., 2013	Güney Afrika'nın Atlantik kıyısı	-	-	4.8	-	-	0.16

Literatür araştırmaları sonucunda, çalışma alanında oluşabilecek atmosferik kirletici kaynaklı baskı hesabında her bir su kütlesi izelge 15 kullanılarak birim kirletici yükler seçilmiştir. Atmosferik ökeltme kaynaklı kirlilik unsurlarının tamamının su kütlesi yüzey alanlarında tutulacağı kabul edilmiştir.

Sonuç olarak su kütleleri yüzey alanları ve birim kirlilik yük değerlerinden atmosferik çökeltme kaynaklı kirlilik hesaplanmıştır. Su kütleleri yüzey alanları izelge 17’de verilen su kütleleri alanları kullanılmıştır. Çalışma alanında toplam azot ve fosfor birikim değerleri hesaplanmış ve izelge 17 ile verilmektedir.

**Çizelge 17.** Atmosferik taşınımın su kütlesine gelen kirlilik yükleri.

Yıllar	Azot (kg/ha.yıl)	Fosfor (kg/ha.yıl)	Alan (ha)	TN (ton/yıl)	TP (ton/yıl)
Mevcut Durum	10	0.5	73.6	0.74	0.0368
2050	10	0.5	1411.0	14.11	0.7055

#### 4. Sonuçlar ve Değerlendirme

Tüm noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarından kaynaklanan yükler KOI, TN ve TP bazında hesaplanmış ve izelge 18’de verilmiştir. Su kütlesine taşınan yüklerin toplamı parametre bazında izelge 19’da verilmiştir.

**Çizelge 18.** Kaynaklar bazında kirlilik yükleri.

		(ton/yıl)	2014- Mevcut durum	2050- Senaryo 1	2050- Senaryo 2	2050- Senaryo 3
Noktasal Kaynaklar	Endüstriyel Deşarjlar	KOI	91,506.4	128,109.0	146,410.3	128,109.0
		TN	4,788.9	6,704.4	7,662.2	6,704.4
		TP	529.6	741.4	847.4	741.4
	Kentsel Deşarjlar	KOI	1,882,707	5,849,216	5,849,216	5,849,216
		TN	150.6	467.9	467.9	467.9
		TP	15.1	46.8	46.8	46.8
Yayılı Kaynaklar	Orman Alanları	TN	72.4	69.5	69.5	69.8
		TP	1.8	1.7	1.7	1.7
	Mera Alanları	TN	26.5	26.5	26.5	26.5
		TP	0.5	0.5	0.5	0.5
	Kentsel Alanlar	TN	21.2	66.6	313.6	42.4
		TP	3.5	11.1	52.3	7.1
	Tarım Alanları	TN	3010.0	2553.9	1550.6	2827.6
		TP	276.5	234.6	142.5	259.8
	Hayvancılık	TN	286.4	286.4	286.4	286.4
		TP	3.0	3.0	3.0	3.0
	Düzensiz katı atık	KOI	5092.5	254.6	254.6	254.6
		TN	407.4	20.4	20.4	20.4
Atmosferik Taşınım	TP	10.2	0.5	0.5	0.5	
	TN	0.74	14.1	14.1	14.1	
	TP	0.04	0.7	0.7	0.7	

**Çizelge 19.** Parametre bazında yükler.

	2014-Mevcut durum	2050- Senaryo 1	2050- Senaryo 2	2050- Senaryo 3
KOI (ton/yıl)	1.979,305,40	5.977.579,90	5.995.881,20	5.977.579,90
TN (ton/yıl)	8.764,17	10.209,87	10.411,25	10.459,63
TP (ton/yıl)	840,33	1.040,50	1.095,39	1.061,62

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre gelecek dönemde havzaya gelecek olan kirlilik yüklerinde önemli artışlar beklenmektedir. Kaynağı endüstriyel ve kentsel deşarjlar olan organik kirlilik yüklerindeki artışın 2050 yılına kadar bölgede beklenen sanayi arazisi artışı ile mevcut durumun neredeyse 3 katına varacağı hesaplanmıştır. Noktasal kaynakların yanında tarımsal faaliyetlerin de önemli kaynağını oluşturduğu besi maddesi (azot ve fosfor) miktarındaki artışlarının da gelecek dönemde önemli seviyeleri varması beklenmektedir.

Çalışma alanında halihazırda arıtılmamış kentsel deşarj bulunmamaktadır. Endüstriyel tesislerin sayısının oldukça fazla olması drenaj alanına gelen kirlilik yüklerini önemli ölçüde arttırmaktadır. Sanayi tesislerinde daha az su kullanan teknolojiler ve daha ileri arıtma teknikleri ile noktasal önlemler alınmalı, bunun yanında havzada noktasal kaynaklar için deşarj limitleri, yapılacak bilimsel çalışmalarla yeniden kurgulanmalıdır. Havzada aynı zamanda yoğun olan tarımsal faaliyetler için de hayvansal gübre kullanımı yoluna gidilmeli, “İyi Tarım Uygulamaları” düzenlemeleri yapılarak havzada aşırı gübre kullanımı ve kullanılan gübrelerin su kütlelerine taşınımı engellenmelidir.

## 5. Kaynaklar

- Altürk, B. (2017.) Determination of Land Use/Land Cover Change and Its Effect on Water Resources: A Case Study of Ergene River Basin. PhD dissertation. Graduate School of Natural and Applied Sciences, Namık Kemal University, Tekirdağ. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>. Accessed 15 September 2017.
- Erdoğan, N., Nurlu, E., Erdem, U. (2011). Modeling land use changes in Karaburun by using CLUE-s. ITU Journal of Faculty of Architecture, 8 (2), 91–102. [https://www.journalagent.com/itujfa/pdfs/ITUJFA-86094-DOSSIER\\_ARTICLES\\_ERDDOGAN.pdf](https://www.journalagent.com/itujfa/pdfs/ITUJFA-86094-DOSSIER_ARTICLES_ERDDOGAN.pdf). Accessed 29 September 2017.
- He, J., Balasubramanian, R., Burger, D. F., Hicks, K., Kuylenstierna, J. C. I., Palani, S., (2011). Dry and wet atmospheric deposition of nitrogen and phosphorus in Singapore. Atmospheric Environment, 45:2760-2768.
- Nyaga, J. M., Cramer, M. D., Neff, J. C., (2013). Atmospheric nutrient deposition to the west coast of South Africa. Atmospheric Environment. 81:625632

OSİB. (2010). Havza Koruma Eylem Planı - Küçük Menderes.

Rast, W., Lee G. F., Asce, M., (1983). Nutrient Loading Estimates For Lakes. Journal of Environmental Engineering, 109:(2).

SYGM. (2015). Havza İzleme ve Referans Noktalarının Belirlenmesi Projesi.

Weston, N. B., Hollibaugh, J. T., Joye, S. B., (2009). Population growth away from the coastal zone: Thirty years of land use change and nutrient export in the Altamaha River, GA.