

**T.C.**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**  
**DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ**

**ERGENE NEHRİ'NİN EGE DENİZİ'NE OLAN**  
**KİRLİLİK ETKİSİNİN GÜNCEL ÇÖKEL**  
**JEOKİMYASI VE SEDİMENTOLOJİK**  
**YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

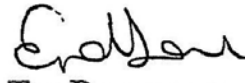
**Mihri HALLI**  
**Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Anabilim Dalı**

**Danışman**  
**Doç. Dr. Erol SARI**

**MAYIS, 2013**

**T.C.**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**  
**DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ**

MİHRİ HALLİ tarafından hazırlanan ve sunulmuş "ERGENE NEHRİ'NİN EGE DENİZİ'NE OLAN KİRLİLİK ETKİSİNİN GÜNCEL ÇÖKEL JEOKİMYASI VE SEDİMENTOLOJİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI" başlıklı tez DENİZ JEOLJİSİ VE JEOFİZİĞİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak kabul edilmiştir.



**Tez Danışmanı**

Doç. Dr. Erol SARI



**Jüri Üyesi**

Prof. Dr. Namık ÇAĞATAY

**Jüri Üyesi**

Prof. Dr. Yüksel ÖRGÜN TUTAY

**Jüri Üyesi**

Prof. Dr. Sabah YILMAZ ŞAHİN

**Jüri Üyesi**

Doç. Dr. Nurgül ÇELİK BALCI

**Tez Savunma Tarihi: 13.06.2013**

## ÖNSÖZ

İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada temel olarak Ergene Nehri ve yan kollarındaki çökellerin sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri belirlenerek, nehrin güncel kirlilik durumu ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca Meriç ve Tunca nehirlerinin çökel kalitesi de araştırılarak Ege Denizi'nin kirlenmesinde Ergene Nehri'nin katkısı incelenmiştir.

Ergene Havzasını içine alan çalışma bölgesindeki arazi çalışmaları 2012 yılının Mart ayında koordinatlara uygun istasyonlardan örnek alımı ve fotoğraf çekimiyle gerçekleştirilmiştir. Çökel örnekleri ıstıdan etkilenmemesi için buzlukta korunarak İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri İşletmeciliği Enstitüsü Deniz Jeolojisi laboratuvarına getirilmiştir. Çökel kalitesine ilişkin tüm sedimentolojik analizler ve toplam organik karbon işlemleri bu laboratuvarında yapılmıştır. Metal analizleri ise Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Çalışma konusu seçiminden arazi çalışmasına, laboratuvar çalışmalarının sağlıklı yapılmasından bulguların değerlendirilmesine kadar çalışmanın tüm evrelerinde benimle birlikte çalışan, bilimsel ışık tutan, detaycı yaklaşarak beni yönlendiren ve çalışmam için büyük destek olan sayın hocam Doç. Dr. Erol SARI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunmayı büyük borç bilirim.

Çökellerin jeokimyasal analizlerinde tüm metal analizlerini gerçekleştiren sayın Dr. Mehmet Ali KURT'a, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri İşletmeciliği Enstitüsü'nde bana çalışma kolaylığı sağlayan Enstitü Müdürü Prof. Dr. Reşat APAK'a, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Kurultay ÖZTÜRK'e, Deniz Jeolojisi Laboratuvarı'nda görevli laborant Suat ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca arazi çalışmalarında büyük yardımlarını gördüğüm eşim Şükrü HALLI' ya, birlikte geçireceğimiz zamandan fedakârlık yapan çocuklarım Ada ve Yağmur'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	ix
FOTOĞRAF LİSTESİ.....	x
I.GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.2. Ergene Nehri ile İlgili Yapılmış Önceki Çalışmalar .....	1
1.3. Ergene Nehri Drenaj Alanı Özellikleri .....	7
1.3.1. Çorlu Suyu .....	9
1.3.2. Ergene Deresi.....	10
1.3.3. Ana Çay (Paşa Deresi).....	10
1.3.4. Sulucak Dere.....	10
1.3.5. Büyük Dere (Lüleburgaz Çayı).....	10
1.3.6. Şeytan Dere (Babaeski Deresi) .....	10
1.3.7. Teke Deresi .....	11
1.3.8. Ova Çay .....	11
1.3.9. Beşiktepe Deresi (Sinanlı Dere) .....	11
1.3.10. Hayrabolu Deresi.....	11
1.4. Meriç Nehri.....	12
1.5. Tunca Nehri.....	12
1.6. Göller ve Barajlar.....	13
1.7. İklim ve Bitki Örtüsü .....	13
1.8. Nüfus Yoğunluğu ve Yerleşim .....	15
1.9. Sanayi .....	16
1.10. Ergene Nehri Kirlilik Kaynakları.....	20
1.10.1. Evsel kirletici kaynaklar .....	21
1.10.2. Endüstriyel kirletici kaynaklar.....	22
1.10.3. Tarımsal kirletici kaynaklar .....	23
1.11. Çalışma Alanı Jeolojisi .....	25
II. MATERYAL ve METOD.....	27
2.1. Örneklem Yöntemi .....	27
2.2. Tane Boyu Analiz Yöntemi .....	33
2.2.1. Elek analizi yöntemi .....	33
2.2.2. Akarsu çökellerinde tane boyu istatistiksel verilerin elde edilmesi .....	36
2.2.3. Ortalama tane boyu.....	36
2.2.4. Boylanma .....	37
2.2.5. Simetrisizlik (skewness) .....	38
2.2.6. Tepelenme (kurtosis) .....	38

2.3. Toplam Organik Karbon Analiz Yöntemi .....	39
2.4. Çözünürleştirme Yöntemi .....	40
2.5. ICP-MS ile Al, Fe, Cr, Cu, Ni, Pb, V ve Zn Ölçüm Yöntemi .....	40
2.6. Zenginleşme Faktörü hesabı .....	42
<b>III. BULGULAR.....</b>	<b>43</b>
3.1. Akarsu Çökellerinin Tane Boyu Özellikleri .....	43
3.1.1. Çakıl miktarı dağılımı .....	43
3.1.2. Kum miktarı dağılımı.....	44
3.1.3. Silt miktarı dağılımı .....	45
3.1.4. Kil miktarı dağılımı .....	47
3.2. Akarsu Çökellerinin Litofasiyes Dağılımı .....	48
3.2.1. Siltli Kil .....	49
3.2.2. Kumlu Kil .....	50
3.2.3. Killi Kum .....	50
3.2.4. Kum Silt Kil .....	50
3.3. Dokusal Özellikler .....	51
3.3.1. Ortalama tane boyu .....	51
3.3.2. Boylanma .....	53
3.4. Akarsu Çökellerinin Jeokimyasal Özellikleri .....	54
3.4.1. Toplam organik karbon dağılımı .....	54
3.4.2. Alüminyum dağılımı .....	55
3.4.3. Demir dağılımı .....	59
3.4.4. Mangan dağılımı .....	61
3.4.5. Arsenik dağılımı .....	62
3.4.6. Krom dağılımı .....	63
3.4.7. Bakır dağılımı .....	65
3.4.8. Nikel dağılımı .....	66
3.4.9. Kurşun dağılımı .....	68
3.4.10. Vanadyum dağılımı.....	69
3.4.11. Çinko dağılımı .....	71
3.5. Akarsu Çökel Kalitesinin Zenginleşme Faktörüyle (ZF) Değerlendirmesi .....	72
<b>IV. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>76</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>81</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>87</b>

**ÖZET**  
**ERGENE NEHRİ'NİN EGE DENİZİ'NE OLAN KİRLİLİK ETKİSİNİN GÜNCEL**  
**ÇÖKEL JEOKİMYASI VE SEDİMENTOLOJİK YÖNTEMLERLE**  
**ARAŞTIRILMASI**

**Mihri HALLI**

İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada temel olarak Ergene Nehri ve yan kollarındaki çökellerin sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri belirlenerek, nehrin güncel kirlilik durumu ortaya çıkarılmıştır. Kirliliğin boyutu zenginleşme faktörü değerleri ile aydınlatılmıştır. Ayrıca Meriç ve Tunca nehirlerinin çökel kalitesi de araştırılarak Ege Denizi'nin kirlenmesinde Ergene Nehri'nin katkısı incelenmiştir.

Çalışma alanı çökelleri, tane boyutu istatistiksel verilere göre değerlendirildiğinde iyi veya çok iyi boylanmış siltli kilden oluştuğu belirlenmiştir. En yüksek Toplam Organik Karbon değerlerinin deri, gıda sanayi tesisleri ile nüfus yoğunluğunun fazla olduğu Çorlu Dere'sinde ölçülmesi; bu çökellerin evsel ve endüstriyel organik karbon girdilerince etkilendiğini göstermektedir. Ölçümü yapılan elementlerin değişim aralığı ve ortalama değerleri ppm olarak sırasıyla: Alüminyum 40610 - 96090 (74868), Arsenik 11 - 52 (25), Krom 95 - 304 (160), Bakır 23 -203 (65), Demir 13950 - 41790 (28251), Mangan 133 - 865 (352), Nikel 19 - 155 (70), Kurşun 77 - 145 (100), Vanadyum 258 - 966 (483) ve Çinko 74 - 388 (189) ppm 'dir.

Çalışma alanındaki akarsu çökellerinde Alüminyum, Demir, Mangan ve Nikel içeriği normal jeolojik referans değerlerine paralellik gösterirken; Arsenik, Krom, Bakır, Kurşun, Vanadyum ve Çinko miktarlarının yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu elementlerin sanayileşmenin yoğun olduğu Ergene Nehri doğu havzasındaki çökellerinde yüksek oranda bulunması, kil ve Alüminyum değerleriyle zayıf korelasyon katsayısı vermeleri antropojenik kaynaklar tarafından beslendiğini göstermektedir. Meriç, Tunca ve Ergene nehirlerinin Ege Denizi'ne yüksek oranda Arsenik, Kurşun, Vanadyum ve Çinko taşıdıkları Enez ilçesi'nde alınan M3 nolu çökelin jeokimyasal verileriyle desteklenmektedir.

## **ABSTRACT**

### **AN INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF POLLUTION FROM THE ERGENE RIVER ON THE AEGEAN SEA USING GEOCHEMICAL AND SEDIMENTOLOGICAL METHODS IN FRESHLY DEPOSITED SEDIMENTS**

**Mihri HALLI**

This study, which is prepared as a master's thesis at the Department of the Marine Geology and Geophysics of the Institute of Marine Sciences and Management at Istanbul University, mainly presents the current pollution of the River Ergene mapping the characteristics of the sedimentological and geochemical characteristics of the sediments in it and its tributaries. The extent of the pollution has been clarified by use of enrichment factor. The sediment quality of the Rivers Maritsa and Tundzha has also been studied and the contribution of the River Ergene in the pollution of the Aegean Sea has been examined.

It has been found out, as a result of the grain size evaluation carried out based on the statistical data that the sediments of the area of study consist of well-sorted and very well-sorted silty clay. The fact that the highest TOC values have been measured around Corlu Creek where there is a high density of industrial plants and population indicates that the sediments are affected by the domestic and industrial organic carbon inflows. The range and average values of the elements measured are as follows: Aluminum 40610 - 96090 (74868), Arsenic 11 - 52 (25), Chromium 95 - 304 (160), Copper 23 -203 (65), Iron 13950 - 41790 (28251), Manganese 133 - 865 (352), Nickel 19 - 155 (70), Lead 77 – 145 (100), Vanadium 258 - 966 (483) and Zinc 74 - 388 (189) ppm.

It has been determined that the amounts of Arsenic, Chromium, Copper, Lead, Vanadium and Zinc are high while the Aluminum, Iron, Manganese and Nickel content was in parallel with the normal geological reference values in the stream sediments in the area of study. The presence of these elements in high amounts in the sediments of the eastern basin of the River Ergene where there is a high level of industrialized and their resulting in weak correlation coefficient with the clay and Aluminum values show that it is fed by anthropogenic sources. The assumption that the Rivers Maritsa, Tundzha and Ergene carry high amount of Arsenic, Lead, Vanadium and Zinc to the Aegean Sea supported by the geochemical data on the sediment M3 sampled from Enez district.

**TABLO LİSTESİ****Sayfa**

Tablo 1.	Ergene Nehri ve yan kollarının geçtiği il ve ilçelerin 2011 yılı- nüfus sayımı sonuçları (TÜİK, 2012) .....	16
Tablo 2.	Trakya Havzası'ndaki endüstrilerin illere ve sektörlere göre dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007) .....	17
Tablo 3.	Edirne ilindeki sanayi tesislerinin ilçelere göre dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007) .....	17
Tablo 4.	Tekirdağ ilindeki sanayi tesislerinin ilçelere göre dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007) . .....	18
Tablo 5.	Kırklareli ilindeki sanayi tesislerinin ilçelere göre dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007) .....	18
Tablo 6.	Ergene Havzası evsel atıksu dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007) .....	21
Tablo 7.	Sanayi tesislerinin Ergene Nehrine deşarj ettikleri atık su miktarı dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007) .....	22
Tablo 8.	Temel endüstrilerden atılan metal türleri .....	23
Tablo 9.	Trakya bölgesinde tarımsal ilaç kullanımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007) .....	24
Tablo 10.	Alınan örneklerin yerleri ve koordinatları.....	29
Tablo 11.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirlerindeki numune alanlarının yakın görünümüleri. ....	30
Tablo 12.	Tane boyutuna göre litojenik çökellerin sınıflaması (Folk 1974, 1980). ....	35
Tablo 13.	Boylanma değerleri ve derecesi .....	37
Tablo 14.	Simetrisizlik değerleri ve grafiksel yorumu .....	38
Tablo 15.	Tepelenme değeri ve derecesi .....	39
Tablo 16.	Referans numunesinin (NIST SRM 2710 Montana soil) ve sertifikasyon değerleri ve ölçüm sonuçları. ....	41
Tablo 17.	ZF hesaplamasında kullanılan şeyl ortalaması metal değerleri.....	42
Tablo 18.	ZF değerine göre çökel kalitesi sınıflaması (Valdes v.d, 2005).....	42
Tablo 19.	Örneklerde tane boyu analiz sonuçları .....	44



Tablo 20.	5, 16, 25, 50, 75, 84, 95 yüzdelere karşılık gelen tane boyları değerleri ( $\Phi$ ).....	52
Tablo 21.	Tane boyutu istatistiksel değerlerinin dağılımı .....	54
Tablo 22.	Çalışma alanı akarsu çökellerinin TOK, Al, Fe, Mn, As, Cr, Cu, Ni, Pb, V ve Zn miktarı dağılımı.....	57
Tablo 23.	Ölçümü yapılan elementlerin birbirleriyle, TOK ve tane boyu içerikleriyle korelasyonu.....	58
Tablo 24.	Ortalama metal içeriğinin diğer nehirlerle, yakın çevredeki deniz ve şeyl değerleri ile karşılaştırılması .....	59
Tablo 25.	Ölçümü yapılan metallerin zenginleşme faktörü dağılımı .....	73

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.	Ergene Nehri lokasyon haritası ve örnekleme yerleri .....	8
Şekil 2.	Ergene Havzası'nda ortalama yağış değerlerinin yıl içerisinde değişimi (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007) .....	14
Şekil 3.	Ergene Havzası'nda ortalama sıcaklık değerlerinin yıl içerisinde değişimi (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007) .....	14
Şekil 4.	Trakya Bölgesi'nin sadeleştirilmiş jeolojik haritası (Etiz, 2007).....	25
Şekil 5.	Akarsu çökel örneklerinin alındığı yerleri gösterir harita .....	28
Şekil 6.	Litofasiyes tanımlamasında kullanılan üçgen diyagramı .....	36
Şekil 7.	Çalışma alanında çakıl miktarı dağılımı.....	43
Şekil 8.	Çalışma alanında kum miktarı dağılımı .....	45
Şekil 9.	Çalışma alanında silt miktarı dağılımı .....	46
Şekil 10.	Çalışma alanında kil miktarı dağılımı .....	47
Şekil 11.	Örneklerin dokusal tip sınıflaması .....	48
Şekil 12.	Çalışma alanının litofasiyes dağılımı .....	49
Şekil 13.	Çalışma alanındaki çökellerin ortalama tane boyu dağılımı .....	53
Şekil 14.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde TOK (%) dağılımı. ....	55
Şekil 15.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Al (%) dağılımı.....	56
Şekil 16.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Fe (%) dağılımı.....	60
Şekil 17.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Mn (ppm) dağılımı. ....	61
Şekil 18.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde As (ppm) dağılımı. ....	63
Şekil 19.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Cr (ppm) dağılımı.....	64
Şekil 20.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Cu (ppm) dağılımı. ....	66
Şekil 21.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Ni (ppm) dağılımı.....	67
Şekil 22.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Pb (ppm) dağılımı.....	69
Şekil 23.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde V (ppm) dağılımı. ....	70
Şekil 24.	Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Zn (ppm) dağılımı. ....	71
Şekil 25.	Çalışma alanı akarsu çökellerinde ZF-Fe(a), ZF-Mn(b), ZF-As(c), ZF- Cr(d), ZF-Cu(e), ZF-Ni(f), ZF-Pb(g), ZF-V(h) ve ZF-Zn(i) dağılımı. ....	74

## FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Foto 1.	Çorlu Suyu İnanlı yakınlarından bir görünüm .....	9
Foto 2.	Akarsu çökel örneklemesinde kullanılan Ekman Grab .....	27
Foto 3.	Grab aleti ile örnek alınması .....	27
Foto 4.	Çökel örneklerinin öğütüldüğü agat havan ve kurutulduğu fırın .....	32
Foto 5.	Elek analiz takımı ve sedigraf aleti .....	34
Foto 6.	Örneklerin çözünürleştirmesinde kullanılan mikrodalga fırın .....	40
Foto 7.	Çökelerde metal içeriğinin tespit edildiği ICP-MS cihazı .....	41

## KISALTMA LİSTESİ

<b>BOİ</b>	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>GB</b>	: Güneybatı
<b>GPS</b>	: Küresel Mevki Bulma
<b>ha</b>	: Hektar
<b>KD</b>	: Kuzeydoğu
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>km</b>	: Kilometre
<b>km<sup>2</sup></b>	: Kilometre kare
<b>KOİ</b>	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>mg</b>	: Miligram
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik Arama
<b>TÜ</b>	: Trakya Üniversitesi
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>YÜ</b>	: Yıldız Üniversitesi

## **I. GİRİŞ**

### **1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Bölgede sanayileşme, kentleşme, tarım ve endüstrileşmenin hızla artması beraberinde çevresel sorunları da getirmiştir. Özellikle Ergene Nehri yüzey çökel kalitesinin bu olumsuzluklardan nasıl etkilendiği ayrıntılı olarak bilinmemektedir. Bu çalışmayla; Ergene Nehri güncel çökellerinin sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri tespit edilerek, kirliliğin çökeldaki boyutu araştırılmıştır. Ayrıca Ergene Nehri'nin Ege Denizi'ne olan kirletici etkisi de elde edilen verilerin değerlendirilmesi yoluyla incelenmiştir.

Ergene Nehri, Trakya'nın kuzeydoğusundaki Yıldız Dağları'nda Gümüşkaya bölgesinden doğmakta, geniş bir yay çizerek KD-GB yönünde akarken Çorlu Suyu ile birleşerek Kırklareli'nin Pehlivan köy ilçesinden Edirne topraklarına girmektedir. Burada Uzunköprü ilçesinin 40 km güneybatısında Meriç-Adasarhanlı Köyü yakınlarında Meriç Nehri ile birleşmektedir. Birleşme öncesi Meriç Nehri de Edirne Merkez'de Tunca Nehri ile birleşerek Saros Körfezi'nden Ege Denizi'ne boşalır. Ergene Nehri'nin Ege Denizi'ne olan kirletici etkisinin belirlenmesinde Meriç Nehri ve Tunca Nehri'nin mevcut çökel kalitesinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla çalışma alanı, Ergene Nehri ve kollarıyla birlikte Tunca ve Meriç nehirlerinin Türkiye sınırlarındaki bölümlerini kapsamaktadır.

### **1.2. Ergene Nehri ile İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar**

Ergene Nehri'nin son dönemlerde sanayileşme, kentleşme ve tarımdan dolayı hızla kirlenmesi birçok araştırmacının dikkatini bu bölgeye çekmiştir. Özellikle bölgede su kalitesi ve ekoloji ile ilgili araştırmalara yoğunluk verilmiş olup havzada geçmişten bugüne özellikle çevre kirliliğinin boyutları ve önlenmesi konularında, yüksek lisans veya doktora tezleri, çeşitli bilimsel bildiriler, Çevre Durum Raporları, üniversiteler ve çeşitli kuruluşların birlikte çalışması ile ortaya çıkarılan Çevre Düzeni Yönetim Planları, Bakanlık tarafından çıkarılan Çevre Yönetimi Master Planları, Çevre Koruma Eylem Planı, DSİ 11. Bölge Müdürlüğü çalışmaları, gibi birçok çalışma yapılmıştır. Bütün bu çalışmalara rağmen, Ergene Nehri'nin

tamamını kapsayan ayrıntılı jeokimyasal ve sedimentolojik araştırmalara rastlanılmamıştır. Yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

KALEM, H. (1989): Ergene Havzası'nı tarımsal yönden inceleyerek, çalışma alanının jeolojik oluşum şekli ve iklim özelliklerinin ziraat hayatına etkisini istatistiklerle, haritalarla ve fotoğraflarla açıklamıştır.

KONTAŞ, A. (1990): Meriç Nehri ile Ege Denizi'ne taşınan maddelerin tür ve miktarları üzerinde çalışmıştır. Su örneklerinde azot, fosfor, silis, sülfat, klorofil ve deterjan tayinleri; su ve çökel örneklerinde poliaromatik hidrokarbon içeriği ile birlikte su, çökel ve askı yükte civa ve kadmiyum miktarlarını ölçmüştür. Araştırıcı bütün bu analizlerin sonuçlarına dayanarak Meriç Nehri'nin Ege Denizi'ne dökülen diğer nehirlere kıyasla daha kirletici olduğunu vurgulamıştır.

GÜNEŞ, H. (1993): Ergene Havzası'nın kuzey ve orta bölümlerinde su örnekleri alarak, yeraltı sularının sanayiden nasıl etkilendiğini tespite yönelik kimyasal analizler yapmıştır. Alınan örneklerin kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, sodyum, potasyum, mangan, nitrat, demir, nitrit, amonyak, klor, karbonat, bikarbonat ve organik madde sonuçlarını ulusal ve uluslararası kriterlerle karşılaştırmıştır. Sanayi tesislerinin yoğun olarak bulunduğu erkezky, orlu ve Kapıkule bölgelerindeki yer altı sularının kirli olduğu sonucuna varmıştır.

KALEBAŞI, Y. (1994): Meriç Nehri'nin altı kritik noktasından belirli periyotlarla su kalitesine yönelik çeşitli parametreleri tayin etmiştir. Örnekleme yerleri Meriç Nehri'nin Kapıkule sınırı ile Ege Denizi'ne döküldüğü bölümü kapsamaktadır. Çalışma sonucunda Arda Nehri'nin suyunun Meriç Nehri'ne karıştıktan sonra Meriç Nehri'nin bir miktar kimyasal kirlilikten uzaklaştığı ancak Edirne Şehir kanalizasyonunun Tunca Nehri'ne deşarj edilmesiyle birlikte Meriç Nehri'nin kimyasal kirliliğinin arttığını belirtmiştir.

GİDİRİŞLİOğLU v.d. (1996): Ergene Nehri'nden üç yıl boyunca beş farklı istasyondan toplam 180 su rneği toplayarak, sanayi ve evsel kaynaklı kirleticilerin Ergene Nehri su

kalitesine olan etkisini incelemiştir. Araştırmada su kalitesi ve kirliliğini belirleyen bazı parametrelerin Ergene Nehri'nden sağlanan su örneklerinde yapılan analizler sonucunda yüksek değerlerde olduğu bulunmuştur. Kirlilik parametrelerinin başında; tuz, klor, sodyum, bakiye sodyum karbonat, sodyum absorpsiyon oranı, kimyasal oksijen ihtiyacı gibi parametrelerin geldiğini; ağır metallardan Pb, Zn, Cu, Cd'un su kirliliği kontrol yönetmeliğince belirlenen sınır değerleri içinde kaldığını, ancak manganın (Mn) yıl boyunca sınır değerlerinin üstüne çıktığını bildirmişlerdir. Su kirliliği yönetmeliğine göre, Ergene Nehri'nin kirli akarsular kategorisine girdiğini saptamışlardır. Kirlenmiş olan bu akarsuyun kesinlikle tarımda sulama suyu olarak kullanılmaması gerektiğini, böyle bir suyun uzun süreli kullanılması halinde bitkiler üzerinde toksik etki yapacağı, topraklar üzerinde ise tuzluluk ve alkalilik problemi yaratacağını vurgulamışlardır. Ayrıca kirletilmiş suların kullanılması durumunda yetiştirilen bitkilerin gelişiminin olumsuz etkileneceğini bildirmişlerdir.

ÇAKIR v.d. (1997): Ergene Nehri'nin en kirli noktasından alınan su ile ayçiçeği bitkisini sulamaya dayalı olarak üç yıllık bir araştırma yürütmüşlerdir. Denemenin ilk yılında ayçiçeği bitkisinin gelişmesinde herhangi bir sorun görülmemekle birlikte; ikinci ve üçüncü yıllarda normal su ile sulama yapılan bitkilere göre, tohum çimlenmesi daha geç gerçekleşmiş, bitki boyu daha kısa kalmış, yaprak sayısı daha az olmuş, gövde ve tabla çapı değerleri daha düşük çıkmıştır.

AYDINLIYIM, F. ve ÖZBAYRAM, Y. (1998): Ergene Nehri ve yan kolu Çorlu Suyu üzerinde nehrin su kalitesini belirlemek amacıyla 7 örnekleme noktası seçilmiş ve bu örnekler fiziksel ve kimyasal parametreler açısından incelenmiştir. Ayrıca havzadaki evsel, endüstriyel ve tarımsal kökenli kirletici kaynakları belirleyerek, kirliliğin önlenmesine yönelik alınması gerekli önlemler vurgulanmıştır.

ÖZKAN, N. (1998): Doktora çalışması olarak yaptığı araştırmada Meriç ve Ergene nehirleriyle bazı kollarında Chironomidae (DIPTERA) larvalarının dağılımlarını belirtmiştir. Araştırmada Meriç Nehri, Sazlıdere, Oğulpaşa Deresi ve Ergene Nehri'nden alınan örneklerin nicel ve nitel olarak değerlendirilmesi sonucunda tüm akarsularda 96 tür tespit etmiştir. Aynı zamanda Chironomid larvalarının akarsularda total ve tür düzeyinde istasyonlara, aylara,

mevsimlere ve zemin tipi tercihlerine göre dağılımlarını belirtmiştir.

AVŞAR v.d. (1999): Ergene Nehri su kalitesinin çeltik gelişimi üzerine etkilerini 5 ayrı noktadan bitkinin sapa kalkma, başaklanma ve olgunlaşma dönemlerinde örnek alarak incelemiştir. Ayrıca civardaki baraj ve göletlerden sulanan iki kıyaslama noktasından çeltik örnekleri alınarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ergene Nehri ile sulanan bitki örneklerinde Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, Co ve Ni tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Ergene Nehri'yle sulanan çeltiklerin Zn miktarları diğer sulamalardan daha yüksek bulunmuştur. Bunlardan Cu ve Mn bitkiler için toksik etki oluşturabilecek düzeylere yaklaşmıştır. Ağır metallere Co, Ni ve Pb miktarları açısından Ergene Nehri'nden ve barajlardan sulanan noktalar arasında önemli farklar olmamasına rağmen, en yüksek değerlere çoğunlukla Ergene Nehri'nden sulama yapılan noktalarda rastlanmıştır.

TOPAL, O. (2000): Ergene Nehri su kalitesine Uzunköprü ilçesinin etkisini araştırmıştır. Uzunköprü ilçesinden Ergene Nehri'ne gelen kirlilik yüklerini tespit etmiş ve bu parametrelerin aylık, yıllık değişimlerini değerlendirmiştir.

ARKOÇ, O. ve ERDOĞAN, M. (2006): Ergene Havzası, Çorlu-Çerkezköy arasındaki kesimin hidrojeokimyasını incelemiştir. Çalışma sahasında sanayi kuruluşlarının fazlaşması ve nüfusun artması ile artan su gereksinimi ve proses sularının Ergene ve Çorlu derelerine bırakılması sonucu ana akifer olan Ergene formasyonu için kirlenme riski oluşturduğunu belirtmişlerdir. Yeraltı sularında ağır metal kirliliği olduğunu, akiferin dinamik rezervinin azaldığını analizleri sonucu ortaya çıkarmışlardır.

GÖKDEMİR, Y. (2006): Trakya Bölgesi'nde bulunan Ergene Nehri'nin endüstriyel atıklar özellikle ağır metalle kirliliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla dört kritik noktadan belirli periyotlarla numuneler alınmış ve numuneler için çeşitli parametreler tayin edilmiştir. Deneysel çalışmalar Ekim 2005-Mart 2006 dönemini kapsamaktadır. Araştırmalar için numuneler, Ergene Nehri'nin geçtiği Ulaş Mevkii, Aşağı Sevindikli Köyü, İnanlı Köyü ve Lüleburgaz istasyonlarından olmak üzere altı ay boyunca su ve çamur örnekleri alınarak bunlarda çeşitli kimyasal işlemler sonrası atomik absorpsiyon spektrofotometresinde ağır



metal analizleri yapılmış ve zaman içindeki değişim gözlenmiştir.

TAN, A. (2006): Atık sularında bazı kirlilik parametrelerini incelemek amacıyla Çorlu Deresi'nden dört ay süre ile altı farklı istasyondan su örnekleri alıp, kimyasal analizlerle derenin kimyasal yükünü belirlemiştir. Sanayinin yoğun olduğu Çerkezköy'de bulunan 200'den fazla fabrikanın atıkları (bunların %65 'ini tekstil boya atıkları oluşturmaktadır) Çorlu Deresi'ne arıtma işlemleri yapılmadan verildiğinden kimyasal kirliliğin limit değerlerin üzerinde olduğu ve bunun da çevredeki yaşamı tehdit ettiği sonucuna varmıştır.

BEŞER v.d. (2007): Ergene Nehri'nden ve diğer su kaynaklarından sulanan çeltiklerden elde edilen pirinçlerde ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla 2001 ve 2002 yıllarında elde edilen çeltikler üzerinde Pb, Cd, Cu ve Cr analizlerini yapmışlardır. Pb, Cd, Cu ve Cr içerikleri sırasıyla  $0.210 \pm 0.0095$  mg/kg,  $0.072 \pm 0.021$  mg/kg,  $1.558 \pm 0.661$  mg/kg ve  $0.317 \pm 0.190$  mg/kg olarak bulmuşlardır.

DAĞDEVİREN, Ş. (2007): Çalışmada sanayinin yoğun olarak yerleştiği ve tarımsal üretim için verimli toprak arazilerine sahip Çorlu ve civarındaki topraklarda kadmiyum, kurşun ve krom ağır metallerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Sanayi bölgelerine yakın 14 tarım arazisinden alınan toprak numuneleri, mikrodalga fırında ekstraksiyon yapılarak analize hazırlanmıştır. ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) ile de ağır metal konsantrasyonları okunmuştur. Elde edilen sonuçların istatistiksel ve yapay sınır ağları ile değerlendirmeleri yapılmıştır. Ayrıca bu örneklerde toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri analiz edilmiştir. Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarıyla konsantrasyonları belirlenen Cd, Pb ve Cr arasındaki korelasyonlar belirlenmiştir.

GÜNEŞ HEPSAĞ, E. (2009): Havza yönetiminde deşarj-bağımlı ve deşarj-ağırlıklı sistemler farklı şekilde ele almıştır. Endüstrileşmenin çok yoğun olduğu yerlerde bu sistemlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması için kirliletiçi parametrelerin yanında, zehirliliğine de bakılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu amaçla bir etki indeksi geliştirerek bunu Ergene havzası örneğine uygulamıştır. Çalışma sonucunda Ergene Nehri ve kollarının hiçbir yararlı kullanıma uygun olmadığı sonucuna varmıştır.

AKGÜL v.d. (2010): Ergene Nehri'ni besleyen yan ve ana kollarda dağılım gösteren makro ve mikroalgleri mevsimsel olarak toplayıp teşhis ve sistematik pozisyonlarını saptamışlardır.

ERBAY, Y. (2010): Saros Körfezi'ne (Ege Denizi) dökülen, Meriç Nehri ve kollarının taşıdığı tatlı su ve çökel yükü ile birlikte, tatlı suda çözülmüş olarak taşınan anyon, katyon ve suda çözülmüş bazı ağır metal iyonlarının miktarlarını incelemiştir. Suda çözülmüş ağır metal iyonlarından yılda yaklaşık 5,8 ton As, 2,6 ton Cd, 11 ton Pb, 8,5 ton Cu, 306 ton Fe ve 35 ton Mn taşındığı hesaplamıştır.

ESENLİ v.d. (2010): Çorlu-Tekirdağ bölgesinde kum amaçlı olarak değerlendirilen Ergene Formasyonu çökellerinin içerisindeki ince malzemenin (elek altı) bentonit karakterde olduğunu saptamışlardır. Bu malzemenin mineral bileşimi simektit (>%50) + kuvars + feldispat + klorit şeklinde olup, hem jeolojik rezerv olarak, hem de ocaklar bazında görünür rezerv olarak milyon tonlarla ifade edilebilecek bir kil malzeme rezervi söz konusu olduğunu belirtmişlerdir.

RÜCKERT-ÜLKÜMEN v.d. (2010): Doğu Paratetisin güneydoğu kolu olan Ergene Havzasının Silivri-Maden, Avcılar, Küçükçekmece ve Büyükçekmece, kuzeybatıda Pınarhisar ve Süloğlu bölgeleri ile öncelikle Pınarhisar ve Küçükçekmece yörelerinde geniş yüzlekler veren Oligosen-Pliyosen yaşlı çökel istiflerin biyotasına dayalı Paleobiyocoğrafik özelliklerini araştırmışlardır.

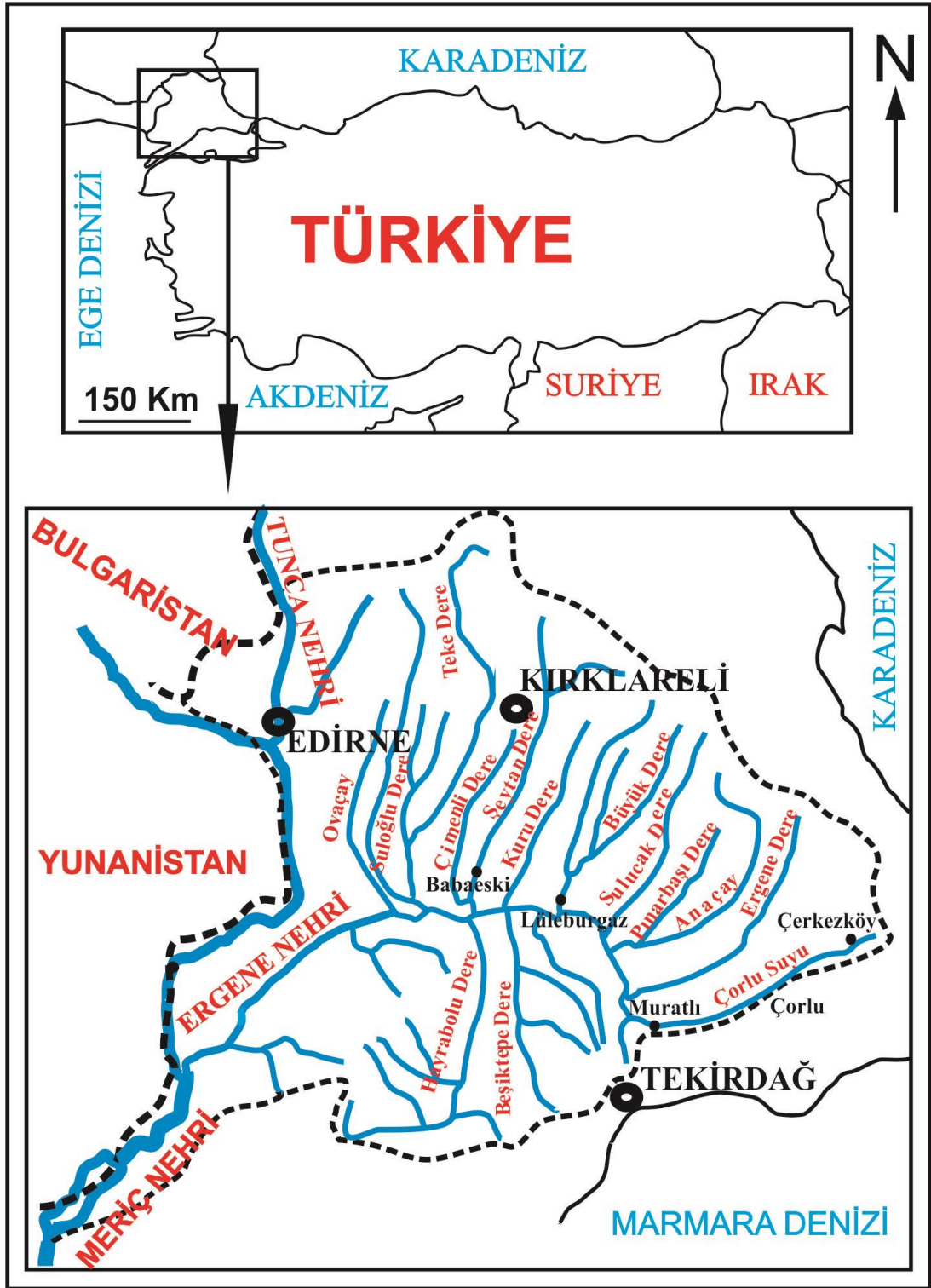
KOCAMAN v.d. (2011): Ergene Nehri kirliliğinden dolayı geçtiği tüm güzergâhtaki insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkilediği gibi, tarım arazilerini de olumsuz yönde etkilemekte ve ekilen ürün verimini düşürmekte olduğunu belirtmişlerdir. Edirne örneği üzerinde Ergene Nehri kirliliğinin tarım üretimine olan etkisini 19 köyde yaşayan toplamda 409 bireyle yüz yüze görüşme tekniğiyle açıklamaya çalışmışlardır. Ergene Nehri'nin tüm bu olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması için en kısa zamanda önlem alınması gerektiği, önlem alınmaması durumunda tarım üretiminin büyük yara alacağı, tarım arazileri ve ürün verimliliği ile ünlü olan Trakya'nın çoraklaşmış toprakları ve kirliliğiyle anılmaya başlayacağı vurgusunu yapmışlardır. Ergene Nehri kirliliğinin önlenmesi ve böylelikle su

kalitesinin iyileştirilmesi için öncelikli olan en büyük tedbirin tehlikeli atık maddelerin deşarjlarının izlenmesi olduğunu belirtmişlerdir. Atıkların düzenli olarak izlenmesi için sanayi tesislerinin organize sanayi bölgeleri (OSB)'nde toplanmasının en iyi çözüm olacağını sunmuşlardır.

### **1.3. Ergene Nehri ve Drenaj Alanı Özellikleri**

Ergene Nehri Trakya bölgesinin en önemli akarsuyudur. Meriç Nehri'nin bir kolu olan Ergene Nehri Tekirdağ'a bağlı Saray ilçesinin kuzeyini kaplayan Istranca Dağları'ndaki Karatepe'den doğmaktadır. Trakya'nın en önemli akarsuyu olan Ergene Nehri, Edirne'nin Uzunköprü ilçesinin 40 km güneybatısında Meriç-Adasarhanlı Köyü yakınında Meriç Nehri ile birleşmektedir (Şekil 1). Ergene Deresi Istranca Dağları'ndaki membadan Çorlu Suyu ile birleşim yerine kadar 91 km, Ergene Nehri adını aldıktan sonra Meriç Nehri ile birleştiği yere kadar ise 194 km olmak üzere toplam nehir uzunluğu 285 km'dir (Ordu ve Demir, 2007). Ergene Nehri'nin drenaj alanı 10730 km<sup>2</sup> olup, yıllık ortalama debisi yaklaşık 28 m<sup>3</sup>/sn'dir (Ordu ve Demir, 2007). Çalışma alanının jeolojik yapısı ve iklim özellikleri Ergene Nehri'nin sürekli akmasına neden olmaktadır. Özellikle havzada kum, çakıl tabakalarının yaygın bir şekilde olması; toprakta sızmayı arttırmakta, bu durum yer altı su kaynaklarının ve akiferlerin beslenmesine sebep olmaktadır. Bütün bu olumlu gelişmelere rağmen Ergene Nehri akışı her mevsim düzenli değildir. Mevsimlere göre taşıdığı su miktarı çok büyük farklılıklar göstermektedir. Yaz kuraklığına bağlı olarak bazı kollarının debisi azalmakta, bazıları ise tamamen kurumasına karşın yağışlı aylarda taşıdığı su miktarı çok artmakta, hatta taşmalarla çevresindeki araziler sular altında kalmaktadır (Balcı Akova, 2002).

Ergene Nehri sanayileşme, kentleşme ve tarım faaliyetlerinin etkisi ile hızla kirletilmektedir. Özellikle Ergene Nehri'nin yan kolları sanayi işletmelerinin deşarj ünitesi görevini üstlenircesine sürekli olarak nehre yeterince arıtılmamış atıkları taşımaktadırlar. Günümüzde nehir fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri bakımından canlı yaşamı için uygun bir ortam olmaktan çıkmıştır. Önemli yan kollarından bazıları şunlardır; Çorlu Suyu, Ergene Dere, Anaçay, Pınarbaşı Dere, Sulucak Dere, Büyük dere, Kuru Dere, Şeytan Dere, Çimenli Dere, Teke Dere, Süloğlu Dere, Ovaçay, Beşiktepe Dere ve Hayrabolu Dere.



Şekil 1. Ergene Nehri lokasyon haritası ve drenaj haritası

### 1.3.1. Çorlu Suyu

Tekirdağ ili, Çerkezköy sınırları içerisinde kalan Istranca Dağlarından doğan Lefka, Ramazan ve daha birkaç küçük dere birleşerek Çorlu Suyu'nun kaynağını oluşturmaktadır. Kuzeydoğu-Güneybatı yönünde akan Çorlu Suyu; Marmaracık, Kütüklü derelerini aldıktan sonra büyür ve güney-kuzey doğrultusunda akarak Muratlı ilçe merkezinin hemen kuzeyinde İnanlı yakınlarında Ergene Nehri ile birleşmektedir (Foto 1).



Foto1. Çorlu Suyu İnanlı yakınlarından bir görünüm

Çorlu Suyu yaklaşık 62 km uzunlukta ve yaklaşık 1319 km<sup>2</sup> su toplama sahasına sahiptir (Topal, 2000). Genelde kış aylarında su miktarı yüksek, yaz aylarında ise oldukça az, hatta bazı kesimlerinin Temmuz-Eylül aylarında kurduğu gözlemlenmektedir (Topal, 2000). Sanayinin yoğun olduğu Çerkezköy'de bulunan fabrikaların atıkları (özellikle bunların %65'ini oluşturan tekstil fabrikalarının boya atıkları) gerekli arıtma işlemleri yapılmaksızın Çorlu Suyu'na verilerek Ergene ve Meriç nehirleri ile Ege Denizi'ne akıtılmaktadır (Tan, 2006). Ergene Nehri'nin en önemli kollarından biri olan Çorlu Suyu; Çerkezköy, Kızılpınar, Veliköy, Velimeşe, Çorlu ve Muratlı Belediyeleri'nin evsel atık suları ile Çerkezköy, Çorlu ve Muratlı ilçeleri sınırları içindeki değişik sektörlere ait sanayi kuruluşlarının evsel ve endüstriyel arıtılmış ve arıtılmamış atık sularını toplamaktadır (Ordu Sağlam, 2005).

### **1.3.2. Ergene Deresi**

Ergene Nehri Istranca Dağları'ndaki Karatepe'den Ergene Dere adıyla doğar ve güneye doğru akarken İnanlı yakınlarında Çerkezköy'den gelen Çorlu Suyu ile birleştikten sonra Ergene Nehri adını alır.

### **1.3.3. Ana Çay (Paşaköy Deresi)**

Istranca Dağı'nın kuzeyinde Evrencik civarında doğar. Mağaralar ve Dokuz Oluk dereleri bu akarsuyun kaynağını oluşturmaktadır. Dere Vize'nin güneyinden güneybatıya doğru ilerleyerek Çiftlikköy yakınlarında Ergene Nehri'ne karışır. Bu akarsu aynı zamanda Vize Deresi veya Paşa Deresi olarak da bilinir. En önemli kollarını Kuru Çay ve Pınarbaşı dereleri oluşturur. Derenin suları Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında çok azalır. Yıllık ortama debisi  $0,585 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir (Balcı Akova, 2002).

### **1.3.4. Sulucak Dere**

Mahya Dağı güneylerinde yaklaşık 800 m yüksekliklerden üç-dört kaynaktan doğan Sulucak Çayı bazı yan kaynaklarla da beslenerek Ovacık civarında Ergene Irmağı'na karışır. Yaklaşık 55 km uzunluğa sahip çay geniş bir su toplama alanına sahip olmadığından Temmuz-Eylül ayları arasında kurumaktadır.

### **1.3.5. Büyük Dere (Lüleburgaz Çayı)**

Istranca Dağlarının güney yamaçlarından doğmakta, Lüleburgaz'ın kuzeyinde Poyralı, Celaliye ve Kaynarca dereleriyle birleştikten sonra Lüleburgaz'ın güneyinde Ergene Nehri'ne karışmaktadır. Yaklaşık 58 km uzunluğa sahip olan Lüleburgaz Deresi'nin su toplama havzası yaklaşık  $633 \text{ km}^2$  dir (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007).

### **1.3.6. Şeytan Dere (Babaeski Deresi)**

Istrancalardan kaynaklanır. Babaeski'den sonra Kuşköyü yakınından Ergene Nehri'ne karışır. Su toplama alanı  $762 \text{ km}^2$ , uzunluğu 60 km olan derenin ortalama debisi  $2.54 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Yaz aylarında kurumaz ancak suyu azalır.

### **1.3.7. Teke Deresi**

Ergene Nehri'nin büyük kollarından biridir. Birçok yan kol ile geniş bir su toplama havzasına sahiptir. Istranca Dağları'nın batısından kaynaklanır. Pehlivanköy'ün doğusunda Ergene Nehri'ne katılmaktadır. Başlıca ana kolları Köyderesi, Havsa Çayı (Süloğlu Çayı) ve Ana Dere'dir. Su toplama alanı 2459 km<sup>2</sup>, uzunluğu 80 km dir (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007). Temmuz sonlarından Aralık başlarına kadar kuruyan dere, yağışlı dönemlerde taşmakta ve çevresine zararlar vermektedir.

### **1.3.8. Ova Çay**

Kaynağını Bulgaristan sınırına yakın Hacıdanışment Köyü civarından alan Ova Deresi, Köy Deresi, Seymen Deresi ve diğer küçük kollar halinde güneye doğru akmakta, Abalar güneyinde birleşerek Pehlivanköy'ün batısında Ergene Nehri'ne kavuşmaktadır. 11 km uzunluğunda olan Ova Deresi'nin su toplama havzasının uzunluğu 55 km dir (Balcı Akova, 2002).

### **1.3.9. Beşiktepe Deresi (Sinanlı Dere)**

Kaynağını Banarlı'nın güneyinden alarak Banarlı Çayı adıyla akan, Ortaca yakınlarında Katıklıpınar Deresi'ni alan, Bayramşah civarında İkizbüyükler Deresi ve bazı kuru kollarla birleşen dere Ovaçayı adı altında Dambaslar civarında Uzunpınar Deresi, daha kuzeyde Dambaslar Deresi ve bazı kuruyan kolları alarak Sinanlı kuzeyinde Ergene Nehri'ne katılır. Beşiktepe Dere olarak da bilinmektedir. 54 km uzunluğunda olup 428 km<sup>2</sup> su toplama havzasına sahiptir (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007).

### **1.3.10. Hayrabolu Deresi**

Ergene Nehri'nin önemli kollarındandır. Güney-kuzey yönünde akan Hayrabolu Deresi Hayrabolu ilçe merkezinden geçer ve kuzeyde Ergene Nehri'ne karışır. Canbaz Dere, Kömür Ocakları Deresi, Uzun Dere, Umurbey Deresi, Karabüyük Deresi, Demirci Deresi gibi daha birçok sulu ve kuru derenin katıldığı Hayrabolu Deresi'nin su toplama havzasının uzunluğu 52 km olup, drenaj alanı 1485 km<sup>2</sup>'dir (Balcı Akova, 2002). Yılın hemen hemen her döneminde yatağında su bulunmaktadır. Temmuz-Ağustos-Eylül aylarında suyu azalmaktadır. Yağışlı devrede eğimin az olduğu bölümlerde sık sık taşkınlar görülmektedir.

#### **1.4. Meriç Nehri**

Balkanların en büyük nehirlerinden biri olan Meriç Nehri Türkiye'nin de 10.büyük nehridir. Başlıca kolları Ergene, Arda ve Tunca nehirleridir. Bulgaristan'ın güneybatısındaki Rila Dağı'nın kuzey yamaçlarında doğan kaynaklarla büyüyen Meriç, doğuya doğru akarken Balkan Dağları'ndan gelen kolları da alır. Bulgaristan'ın Filibe Ovası'nı geçerek Rodop Dağları ile Balkan Dağları arasında tektonik kökenli çukurluğu izleyen batı-doğu doğrultulu bir vadide akar. Dimotrovgrad'dan geçtikten sonra kuzeyden gelen Sazliyka (Sazlık) Deresi kolunu alan ırmak daha sonra kuzeybatı güneydoğu doğrultusunda akmaya başlar ve Doğu Rumeli Ovası'nı terk ederek Edirne üzerinden Türkiye'ye girer. Meriç Nehri Bulgaristan ile Türkiye arasında sınır aşan, Türkiye ile Yunanistan arasında sınır oluşturma özelliği taşımaktadır. Edirne ilinin sınırları içinde önce ilin kuzeyinde Yunanistan'dan gelen Arda Nehri, daha sonra da ilin güneyinde Bulgaristan'dan gelen Tunca Nehri ile birleşerek Yunanistan ve Türkiye sınırını oluşturmaktadır. Türkiye-Yunanistan sınırı boyunca 185 km'lik bir uzunluğa sahiptir. Türk-Yunan sınırını çizerek akan Meriç Nehri, İpsala yakınlarında Balabancık Köyü batısında Adasarhanlı yakınlarında Ergene Nehri ile birleşir. Buradan itibaren güney-batıya doğru akarak İpsala güneyinde başlıca iki kola ayrılır. Birinci kol Türk sınırını terk ederek Yunanistan'a geçer. Diğer kol ise bataklıklar oluşturarak Gala Gölü gibi göllenmeler yaparak Türk topraklarından Enez ilçesinden Ege Denizi'ne dökülür. Meriç Nehri'nin genişliği 130-300 m, derinliği 60-520 cm arasında değişir. Meriç Nehri'nin Arda ile birlikte debisi 193 m<sup>3</sup>/sn ve havzanın Türkiye'deki drenaj alanı 14560 km<sup>2</sup> ve sulanabilir tarım alanı 1,2 milyon ha'dır (Balcı Akova, 2002). Meriç Nehri'nin suyu havzanın yukarı kesimlerinde (Bulgaristan) enerji üretimi için kullanılırken aşağı kesimlerde (Yunanistan ve Türkiye) sulama amacıyla kullanılmaktadır.

#### **1.5. Tunca Nehri**

Tunca Nehri, Bulgaristan topraklarından doğmaktadır. Edirne'nin kuzeyinde il hududuna girer ve güneye akarak Edirne'nin Bülbül Adası mevkiinde Meriç Nehri ile birleşir. Meriç adı altında Enez'e doğru akışını devam ettirir. Tunca Nehri'nin toplam uzunluğu 283 km olup, bunun 40 km'lik bölümü Türk topraklarında kalmaktadır (Genç, 2006). Toplam drenaj alanı 8500 km<sup>2</sup> olup, yurdumuza girdiği noktadaki su taşıma kapasitesi 0,67 km<sup>3</sup>/yıl'dır (DSİ, 2009 ).

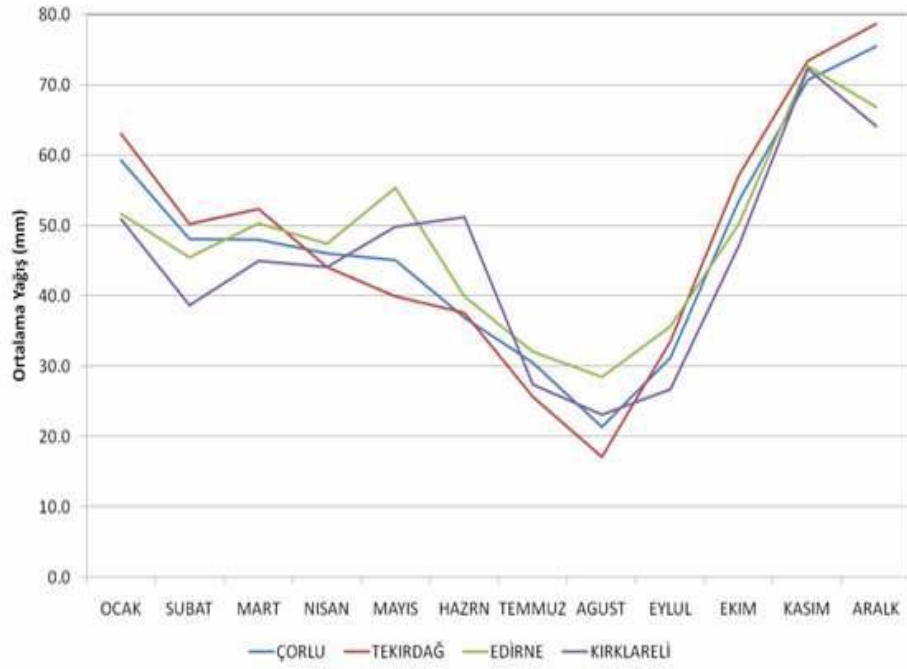


## 1.6. Göller ve Barajlar

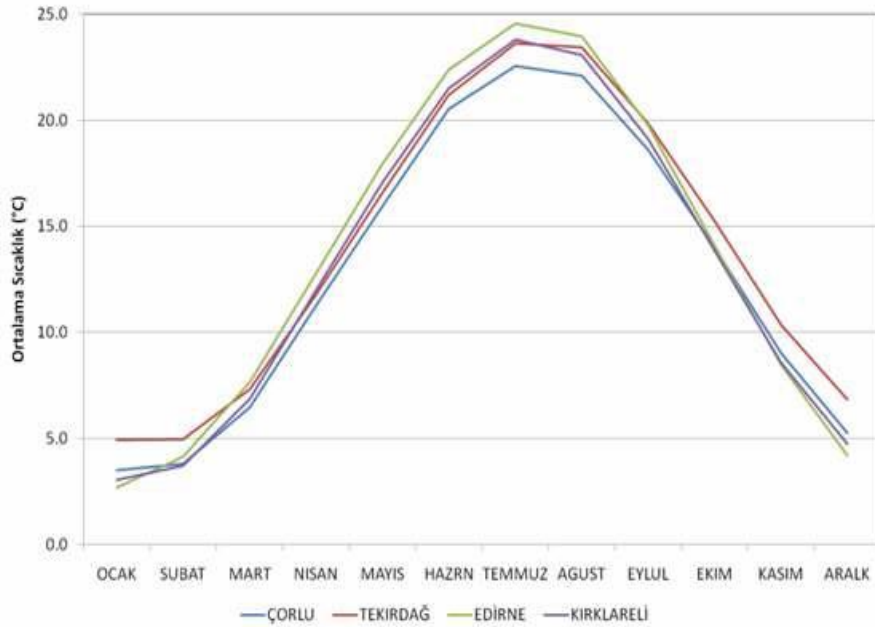
Havza su kaynakları açısından oldukça zengindir. Ergene Havzası'nda doğal göl bulunmamasına rağmen, içme suyu temini, sulama, taşkın koruma amaçlı çeşitli büyüklüklerde göller inşa edilmiştir. Bunlardan bazıları; Bücürmene, Dalyan, Erikli, Gala, Gölbaba, Hamam, Harmanlı, Mecidiye-Tuzla, Mert, Pedina, Tekke, Sığırcılı ve Saka gölleridir. Havza sınırları içerisinde Süloğlu, Kadıköy, Kayalıköy, Kırklareli, Armağan, Sultanköy, Altınyazı ve Karaidemir barajları bulunur. Süloğlu, Kadıköy, Kırklareli barajları içme suyu temin edilen barajlardır. İşletmede olan barajlarla (kanal-kanalet) 47243 ha, gölet ya da yer altı suları ile 23719 ha, toplam 70962 ha sulanmaktadır (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007).

## 1.7. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanı Akdeniz, Karadeniz ve karasal iklimin etki sahasında olup, geçiş iklimi karakterine sahiptir. Her ne kadar Akdeniz ikliminin tanıtıcı özellikleri olan yazların sıcak ve kurak, kışların ılık ve yağışlı geçmesi özelliği kendini hissettirmekte ise de Karadeniz ikliminin nemlilik özelliği ve özellikle batıdan, balkanların karasal etkisi bölgede özelliklerini yansıtmaktadır. Saha yaz sıcaklık değerleri ve kış sıcaklık değerleri yönünden ele alındığında; Akdeniz ikliminin görüldüğü sahalardaki değerlere göre özellikle kış değerleri daha düşüktür. Karadeniz ve Akdeniz iklim özellikleri yer yer etkilemekle beraber çalışma sahası, genel olarak karasal iklimin etkisi altındadır. Havza genelinde kış yağışları hâkimdir. Yıllık yağış ortalamalarına baktığımızda havzada yağış 530 mm ile 726 mm arasında değişmektedir. Trakya'da ortalama toplam yağış en fazla Demirköy'de 833.6 mm ile ve en az yağış alan yerleşim ise 460.9 mm ile Süloğlu'dur. Bu yağış miktarının büyük bir kısmı Ekim ile Nisan ayları arasında düşmektedir (Şekil 2). Bu nedenle alt bölgedeki tarımsal üretim miktarına olumlu bir katkısı olmamaktadır. Bölgede tüm iklim verileri gibi kar yağışı da eşit olmayan bir dağılım gösterir. Yıllık ortalama kar yağışlı gün sayısı 19.16 gündür (Balcı Akova, 2002). Ergene Havzası'nda mevsimlik ortalama sıcaklıklara baktığımızda kış ortalama sıcaklık değerlerinin 3.5°C ile 5.1°C arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Ergene Havzası'nda ortalama yağış değerlerinin yıl içerisinde değişimi (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007)



Şekil 3. Ergene Havzası'nda ortalama sıcaklık değerlerinin yıl içerisinde değişimi (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007)

Güneyde denizin etkilerinin iç kısımlarda hissedildiği Muratlı (4.9°C) ve yine güneybatıda yer alan İpsala ilçesinde (5.1°C ) sıcaklık ortalamalarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ortalama İlkbahar sıcaklık değerleri 10.9°C ile 12.7°C arasında değişmektedir. Yaz sıcaklık değerleri de 21.5°C ile 23.4°C arasında değişir. Kırklareli, Çorlu, Lüleburgaz, Süloğlu, Muratlı, Hayrabolu, Pınarhisar'da ortalama sıcaklık değerleri 22°C olup, İpsala, Babaeski ve Uzunköprü'de 23°C civarındadır. Sonbahar ortalama sıcaklık değeri ise 13.2°C ile 15°C arasında değişmektedir (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007).

Ergene Havzası genel olarak düşük rakımlı bozkır alanlarından oluşup, Istranca Dağları'nın yüksek kesimleri meşe ve kayın ağaç türleri ile kaplıdır. Havzanın güney ve kuzey bölümleri dağlık ve tepelik alanlar yer aldığından, etrafındaki arazilere göre daha az yağış almaktadır. Havzanın %72.64'ü tarıma elverişli topraklardan oluşup, başlıca buğday, ayçiçeği ve çeltik üretimi yapılmakla birlikte şekerpancarı, susam, mısır, soğan, sarımsak, fasulye, karpuz, kavun, çerezlik kabak ve bağ bahçe bitkilerinin tarımı yapılmaktadır. Havza topraklarının geriye kalan %27.36'sını ise ormanlar, fundalıklar, kayalıklar, yerleşim yerleri, sanayi alanları ve göl yüzeyleri oluşturmaktadır (Balcı Akova, 2002). Ergene Havzasında toprakların 21.881 ha'ında çok şiddetli, 126.324 ha'ında şiddetli erozyon etkilidir (Balcı Akova, 2002).

### **1.8. Nüfus Yoğunluğu ve Yerleşim**

Türkiye'nin 81 ilinden Kırklareli, Edirne ve Tekirdağ illeri Trakya bölgesinde bulunmaktadır. Bu illere bağlı ilçelerden çalışma alanında bulunanlar ise şunlardır: Kırklareli iline bağlı Babaeski, Kofçaz, Lüleburgaz, Pehlivan köyü, Pınarhisar ve Vize ilçeleri. Tekirdağ iline bağlı Çerkezköy, Çorlu, Hayrabolu, Malkara, Muratlı ve Saray ilçeleri ile Edirne İline bağlı Havsa, Süloğlu ve Uzunköprü ilçeleridir. İllerin ve ilçelerin ulaşımı D-020 D-100 (E5), D-110 ve TEM gibi asfalt veya stabilize yollarla sağlanmaktadır. Bölgede diğer bir ulaşım demir yolu olup, İstanbul, Çerkezköy, Çorlu, Muratlı, Lüleburgaz, Babaeski, Kırklareli, Pehlivan köyü ve Uzunköprü ilçe ve illerinin ulaşımına katkıda bulunmaktadır. Çalışma alanının yerleşim yerlerine ait 2011 yılı nüfus sayım sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır. Tablo dikkatlice incelendiğinde sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu Çerkezköy, Çorlu ve Lüleburgaz gibi ilçelerin nüfus yoğunluğu artmakla kalmamış, aynı zamanda bağlı

buldukları Tekirdağ ve Kırklareli illerinin merkez nüfuslarını da geride bırakmıştır. Çorlu ve Çerkezköy ilçelerinde yaşanan sanayileşme bu ilçelerde olağanüstü bir nüfus artışına neden olması; bölgede nüfus yoğunluğu üzerine sanayileşmenin çok etkili olduğunu göstermektedir. Bölgede ilçelere göre şehir ve kırsal nüfusunun nüfusun %56,30'u şehirlerde, %43,69'u kırsalda yaşamaktadır. Bu orana Türkiye genelinde baktığımızda nüfusun %34,96'sı kırsalda, %65'i şehirlerde yaşamaktadır (Ordu Sağlam, 2005).

Tablo 1. Ergene Nehri ve yan kollarının geçtiği il ve ilçelerin 2011 yılı nüfus sayımı sonuçları ( www.tuik.gov.tr)

<b>Kırklareli</b>	<b>Nüfus</b>	<b>Tekirdağ</b>	<b>Nüfus</b>	<b>Edirne</b>	<b>Nüfus</b>
Merkez	87.798	Merkez	173.162	Merkez	158.929
Babaeski	51.249	Çerkezköy	177.442	Enez	11.066
Demirköy	8.750	Çorlu	264.567	Havsa	20.477
Kofçaz	3.001	Hayrabolu	35.817	İpsala	29.629
Lüleburgaz	136.783	Malkara	54.771	Keşan	80.010
Pehlivanköy	4.308	Marmara Ereğlisi	21.079	Lalapaşa	7.706
Pınarhisar	19.699	Muratlı	26.010	Meriç	15.816
Vize	28.611	Saray	46.739	Süloğlu	8.415
		Şarköy	30.286	Uzunköprü	67.268
<b>Toplam</b>	<b>340.199</b>		<b>829.873</b>		<b>399.316</b>

### 1.9. Sanayi

Türkiye'nin kuzey batısında yer alan Trakya Bölgesi son 30 yılda hızla sanayileşme ve kentleşme sürecine girmiştir. Bölge ulaşım kolaylığı, ham madde ve diğer sanayi merkezlerine yakınlığı, düz ve uygun arazi yapısının yanı sıra su kaynaklarının bolluğu gibi özellikleri nedeniyle birçok sanayi kuruluşu için cazibe merkezi haline gelmiştir. Bölgede sanayi Tekirdağ ili Çerkezköy ilçesinden başlayarak Çorlu Deresi ve Ergene Havzası boyunca Tekirdağ ili Çorlu, Çerkezköy ve Muratlı ilçeleri ile Kırklareli ili Lüleburgaz ilçelerinde yoğunlaşmıştır. Trakya bölgesinde yer alan Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli illerinin

sanayi tesislerinin il ve ilçelere göre dağılımı Tablo 2 ve Tablo 5’de verilmiştir. İllere göre sanayi dağılımına baktığımızda Tekirdağ büyük oranla ilk sırayı almaktadır. Bu ile bağlı ilçeler bazında Çorlu ve Çerkezköy İlçelerinde sanayi kuruluşlarının yoğun olduğu görülmektedir. Her iki İlçede de öncelikle oluşan sanayi bölgesi içerisinde tekstil ve deri sanayi sektörleri büyük yoğunluk göstermektedir.

Tablo 2. Trakya Havzası’ndaki endüstrilerin illere ve sektörlere göre dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007)

Sektör	Tekirdağ	Kırklareli	Edirne	Toplam
Gıda	180	63	141	384
Tekstil ve konfeksiyon	565	46	24	635
Metal ve otomotiv	36	8	36	80
Kimya, kömür ve plastik	200	2	-	202
Taş ve toprak	75	-	25	100
Metal eşya ve makine	135	-	-	135
Diğer sektörler	93	40	25	158
Toplam	1284	159	251	1694

Tablo 3. Edirne ilindeki sanayi tesislerinin ilçelere göre dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007)

Sektör	Merkez	Uzunköprü	İpsala	Keşan	Meriç	Enez	Lalapaşa	Havsa	Toplam
Tekstil	10	1	1	5	-	-	1	6	24
Gıda	18	61	22	27	4	2	-	7	141
Metal otomotiv	8	18	-	9	-	-	-	1	36
Taş toprak	6	2	-	11	-	3	1	2	25
Ambalaj ve kâğıt	1	-	-	-	-	1	-	-	2
Hayvan yemi	1	3	1	2	-	-	-	1	8
Diğer sektörler	11	1	-	3	-	-	-	-	15
Toplam	55	86	24	57	4	6	2	17	251

Tablo 4. Tekirdağ ilindeki sanayi tesislerinin ilçelere göre dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007)

Sektör	Merkez	Çerkezköy	Çorlu	Hayrabolu	Malkara	M. Ereğlisi	Murath	Saray	Şarköy	Toplam
Gıda ve içki	28	10	36	17	24	2	7	9	47	180
Konfeksiyon ve deri	8	136	376	1	6	8	17	12	1	565
Orman ürünleri	4	11	3	-	-	-	2	1	-	21
Kâğıt	-	7	20	-	-	-	1	-	-	28
Kimya, kömür ve plastik	8	76	63	1	36	1	14	1	-	200
Taş ve toprak	24	6	36	-	-	3	4	2	-	75
Metal	4	13	18	-	-	1	-	-	-	36
Metal eşya ve makina	12	36	58	13	5	3	7	-	1	135
Diğer sektörler	-	14	18	1	1	10	-	-	-	44
Toplam	88	309	628	33	72	28	52	25	49	1284

Tablo 5. Kırklareli ilindeki sanayi tesislerinin ilçelere göre dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007)

Sektör	Merkez	Lüleburgaz	Vize	Babaeski	Demirköy	Pınarhisar	Kofçaz	Toplam
Gıda	15	25	2	18	-	2	1	63
Tekstil ve konfeksiyon	10	25	2	6	-	2	1	46
Metal ve otomotiv	1	4	1	2	-	-	-	8
Ağaç	5	--	-	2	1	-	-	8
Hayvan yemi	1	2	-	2	-	-	-	5
Ambalaj ve kâğıt	1	2	-	1	-	-	-	4
Elektrik ve elektronik	-	2	-	1	-	-	-	3
Deri	2	-	-	-	-	-	-	2
Kimya	-	2	-	-	-	-	-	2
Diğer sektörler	4	9	3	-	-	2	-	18
Toplam	39	71	8	32	1	6	2	159

Trakya bölgesinde yaygın tarım alanlarının buğday ve ayçiçeği üretimine uygun olması ve su kaynaklarının yeterli olması sebebiyle gıda sektörü son 50 yıldır gelişmektedir. Özellikle ayçiçeği üretimiyle beraber Trakya bölgesinde 48 adet sıvı yağ işleyen yağ fabrikası bulunmakta ve ağırlıklı olarak ayçiçeği tohumu işlenmektedir (Ordu Sağlam, 2005). Bölgede bulunan il ve ilçelerde buğday üretimi nedeniyle un, süt ve yem sanayi gelişmiş olup, bölgede toplam olarak 75 adet un fabrikası (Küpçü v.d., 2008), büyük ölçekli 34 adet süt işletme tesisi bulunmaktadır (Azabağaoğlu v.d., 2002). Bu işletmelerin 13'ü Tekirdağ, 9'u Kırklareli ve 12 adedi ise Edirne ilinde yer almaktadır. Bölgede alkol ve alkollü içkiler Tekirdağ'da gelişmiş olup, ilde alkol ve alkollü içkiler endüstrisi konusunda faaliyet gösteren devlete ait ve özel işletmeler bulunmaktadır. Ayrıca Kırklareli ili Lüleburgaz ilçesinde özel sektöre ait bir adet bira fabrikası bulunmaktadır.

Deri işleme sanayindeki işletmeler geçmiş yıllarda küçük aile işletmeleri şeklinde iken ihracat olanaklarının artmasıyla orta boy işletmeler haline dönüşme eğilimine girmişlerdir. Çorlu Deresi'nin sağ ve sol tarafına yayılmış yaklaşık 108 adet işletmede giysilik deri, kürk, süet, vidala ve saraciyelik üretimi yapılmaktadır (Ordu Sağlam, 2005).

Bölgede kimya ve ilaç sanayinde faaliyette bulunan işletmeler sayıca az olmalarına karşın kapasite bakımından oldukça iyi bir konumdadır. Lüleburgaz ve Çerkezköy'de insan sağlığı için ilaç imal eden birer fabrika bulunmaktadır. Ayrıca Lüleburgaz ilçesi sınırları içinde tarım ilaçları imal eden bir fabrika da bulunmaktadır.

Bölge ekonomisine önemli oranda bir katkı sağlamayan ancak var olan diğer sanayi tesisleri kereste ve kereste ürünleri sanayi, toprak sanayi (tuğla ve kiremit), kâğıt ve kâğıt ürünleri sanayi, metal sanayi olmak üzere çeşitli gruplarda bulunmaktadır.

Kısacası çalışma alanında beyaz eşya, boya, cam, çeltik, çimento, deri, elektronik eşya, gıda, kâğıt, kimya, metal, süt, şeker, tekstil, un, yem ve yağ fabrikalarını içeren küçük ve büyük ölçekli sanayi ve endüstriyel işletmeler bulunmaktadır. Ayrıca, Lüleburgaz'da da gaz çevrim santrali yer almaktadır. Bütün bu olumlu gelişmeler beraberinde bir takım çevresel sorunları da Trakya bölgesine taşımıştır. Özellikle havzada yer alan endüstri ve

sanayi kuruluşlarının birçoğu atıklarını ya arıtmadan direk olarak ya da yeterince arıtmayarak Ergene Nehri'ne deşarj etmektedirler. Bu durum zaman içerisinde Ergene Nehri su kalitesinin hızla düşerek kirlenmesine neden olmuştur.

#### **1.10. Ergene Nehri Kirlilik Kaynakları**

Nehir kirliliğinin en önemli kalemini atık sular oluşturur. Endüstride ve evsel ortamlarda farklı amaçlar için kullanıldıktan sonra arıtılarak veya arıtılmadan atılan suya atıksu denir. Su kirliliği ise su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılmasını ifade etmektedir (Ülküseven, 1993). Su kolonunda yaşayan canlılar en çok kimyasal kirlilikten etkilenmektedirler. Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm<sup>3</sup> ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal dahildir. Ağır metaller su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yer altı sularına ulaşmasıyla geçerler (Kahvecioğlu v.d., 2004). Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, silikat, oksit ve sülfür halinde stabil bileşik olarak da kayalarda bulunabilirler.

Trakya'da 10730 km<sup>2</sup>'lik bir drenaj alanına sahip olan Ergene Havzasının sularını, doğudan batıya Ergene Nehri toplamaktadır (Kocaman v.d., 2011). Ergene Havzası önemli bir tarım alanıdır ve Ergene Nehri eskiden beri tarımsal su temini için kullanılmıştır. Ancak günümüzde atık suları uzaklaştırmak için kullanılmaktadır. Ergene Nehri artan sanayi ve nüfus yoğunluğundan dolayı önemli derecede kirletilmiştir. Ergene Nehri'nin kirlenmesine neden olan kirletici kaynaklar; sanayi atıkları, akaryakıt atıkları, evsel çöpler, fabrika katı atıkları, ağır metaller, kullanılmış atık sular, kanalizasyon suları, tarım alanlarında kullanılan pestisit ve gübreler olarak sıralayabiliriz.

Ergene Nehri'ni besleyen kollar üzerinde sulama ve kullanma göletlerinin bulunması debiyi



düşürmekte ve doğal yenilenmeyi azaltmaktadır. DSİ XI. Bölge Müdürlüğü'nün ilgili birimlerince, Ergene Nehri ve yan kolu Çorlu suyu 1981 yılından bu yana, fiziksel ve kimyasal parametreler açısından incelenmektedir. Ergene Nehrinde 7 ayrı istasyonda yılda iki kez alınan su örneklerinde yapılan kimyasal incelemeler sonucu, Çorlu Suyu Çerkezköy girişinde I-II. Sınıf sulama suyu niteliğindeki nehir suyu, sürekli kirletilerek Uzunköprü'de V. Sınıf (kullanılamaz) sulama suyu niteliğine ulaşmaktadır.

### 1.10.1. Evsel kirletici kaynaklar

Ergene havzasının yoğun sanayileşmesi nüfus artışını da beraberinde getirmiştir. Özellikle insanların günlük yaşamlarında kullandıkları suların uzaklaştırma yöntemi zamanla çevre sorunu haline gelmiştir. Yerel yönetimler evsel kaynaklı kullanılmış kirli suları doğrudan ve dolaylı olarak Ergene Havzası'nı drene eden Ergene Nehri'ne verilmesini yeterince engelleyememişlerdir (Tablo 6). Evsel kirletici kaynaklar olarak nitelendirilen bu kullanılmış sular Ergene Nehri su kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ergene havzası sınırları içinde yer alan yerleşim alanlarından kaynaklanan evsel atık suların, ilçelere göre atık su miktarı, atık su uzaklaştırma yöntemi ve atık su deşarj noktalarının dağılımı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 6. Ergene Havzası evsel atıksu dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007)

İl/ilçe	Atık Su Miktarı (m <sup>3</sup> /gün)	Atık Su Uzaklaştırma Düzeni	Deşarj Noktası
Saray	2300	Kanalizasyon (%90)+ Fosseptik (% 10)	Galata Deresi
Çerkezköy	12000	Kanalizasyon (%90)+ Fosseptik (% 10)	Çorlu Deresi
Muratlı	3200	Kanalizasyon (%30)+ Fosseptik (% 70)	Çorlu Deresi
Çorlu	22400	Kanalizasyon (%99)+ Fosseptik (% 1)	Çorlu Deresi
Malkara	4045	Fosseptik	Ergene Nehri
Hayrabolu	3012	Kanalizasyon (%90)+ Fosseptik (% 10)	Ergene Nehri
Kırklareli	3533	Kanalizasyon (%90)+ Fosseptik (% 10)	Ergene Nehri
Babaeski	5130	Kanalizasyon (%90)+ Fosseptik (% 10)	Şeytan Deresi
Pınarhisar	2270	Kanalizasyon (%90)+ Fosseptik (% 10)	Hamam Suyu
Vize	1272	Kanalizasyon (%90)+ Fosseptik (% 10)	Ana Dere
Kofçaz	100	Fosseptik	Dereye deşarj yok
Lüleburgaz	12300	Kanalizasyon (%95)+ Fosseptik (% 5)	Ergene Nehri
Pehlivan köyü	296	Kanalizasyon (%95)+ Fosseptik (% 5)	Kanlı Dere
Uzunköprü	6030	Kanalizasyon (%90)+ Fosseptik (% 10)	Ergene Nehri
Süloğlu	300	Fosseptik	Dereye deşarj yok
Havsa	4200	Kanalizasyon (%99)+ Fosseptik (% 1)	Ergene Nehri

### 1.10.2. Endüstriyel kirletici kaynaklar

Ağaç, cam, deri, gıda, içki, kâğıt, kimya, maden, makine, metal, petrol, tekstil ve diğer birçok endüstri kuruluşları üretim işlemleri esnasında yıkama, soğutma, buharlaştırma, enerji tüketimi ve kurutma evrelerinin herhangi bir bölümünde bol miktarda su kullanılmaktadır. Bu sular kullanıldıkları endüstri türüne göre bünyelerine çok farklı kimyasallar olarak atık su haline gelirler. Bölgedeki farklı sanayi işletmelerine ait proses sularının Ergene ve Çorlu derelerine bırakılması nedeniyle bu dereler kirlenmiştir. Ergene Nehri'nin en önemli kollarından biri olan Çorlu Suyu, Çerkezköy, Kızılpınar, Veliköy, Velimeşe, Çorlu ve Muratlı belediyelerinin evsel atık suları ile Çerkezköy, Çorlu, Muratlı ilçeleri sınırlarındaki değişik sektörlere ait sanayi kuruluşlarının evsel ve endüstriyel arıtılmış ve arıtılmamış atık sularını toplamaktadır. Çorlu suyu ve Ergene Nehrine evsel ve endüstriyel kökenli günde ortalama 80.000 m<sup>3</sup> atık su deşarj edilmektedir. Ergene havzasındaki sanayilerin Ergene Nehri ve kollarına deşarj ettikleri atık su miktarları aşağıdaki Tablo 7'de gösterilmiştir (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007).

Tablo 7. Sanayi tesislerinin Ergene Nehri'ne deşarj ettikleri atık su miktarı dağılımı (Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007)

<b>Sanayi Türü</b>	<b>Atık Su Miktarı (m<sup>3</sup>/gün)</b>
Tekstil	165400
Deri	7300
Kimya	450
Gıda	9800
Diğer	8800

Birçok sanayi kuruluşu üretim sürecinde ağır metal içeren çeşitli kimyasal girdilerden istifade etmektedir. Ağır metallerin çevreye yayılımında etken olan önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Temel endüstrilerden atılan metal türleri genelleştirilerek Tablo 8'de gösterilmiştir. Atık suda bulunan ağır metallerin önemli miktarı arıtma çamurlarında bulunurlar. Çözünmüş kısımlar ise yüzey suları ve denizlere ulaşarak bu bölgelerde kalırlar.

Buralardan tekrar mobilize olarak içme sularına ve besin zincirine ulaşabilirler. Besin zincirine ulaşan ağır metaller kimyasal ve biyolojik olarak bünyeden atılamazlar.

Ağır metaller, su kaynaklarına endüstriyel atıkların yanı sıra ağır metal içeren kayalardaki minerallerin çözülüp taşınmasıyla geçerler. Bu metaller su kolonunda ya çözülmüş metal ve askıda katı maddeye tutunarak veya su tabanına karbonat, sülfat, sülfürle katı bileşik oluşturarak çökelirler.

Tablo 8. Temel endüstrilerden atılan metal türleri

Endüstri	Al	Cr	Cu	Fe	Pb	Ni	Mn	Zn	As	V
Kâğıt Endüstrisi	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+
Klor-Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+

### 1.10.3. Tarımsal kirletici kaynaklar

Ergene Havzası topraklarının büyük bir çoğunluğu tarımsal faaliyetlere uygun olduğundan zirai amaçlı kullanılmaktadır. Özellikle üretim aşamasında kullanılan tarımsal ilaç pestisitler ve kimyasal gübreler toprakta belli kirleticilerin birikmesine neden olur. Yağmur suları ve toprak özellikleri doğrultusunda toprakta birikmiş olan kirleticiler, yağmur, sulama suyu ve benzeri nedenlerle, yeraltı sularına veya havzayı baştanbaşa kat eden Ergene Nehri'ne deşarj edilmektedir. Bu suların bünyesinde topraktan daha çok verim elde etmek için kullanılan kimyasal gübre ve tarım ilacı pestisitlere ait çeşitli kimyasallar

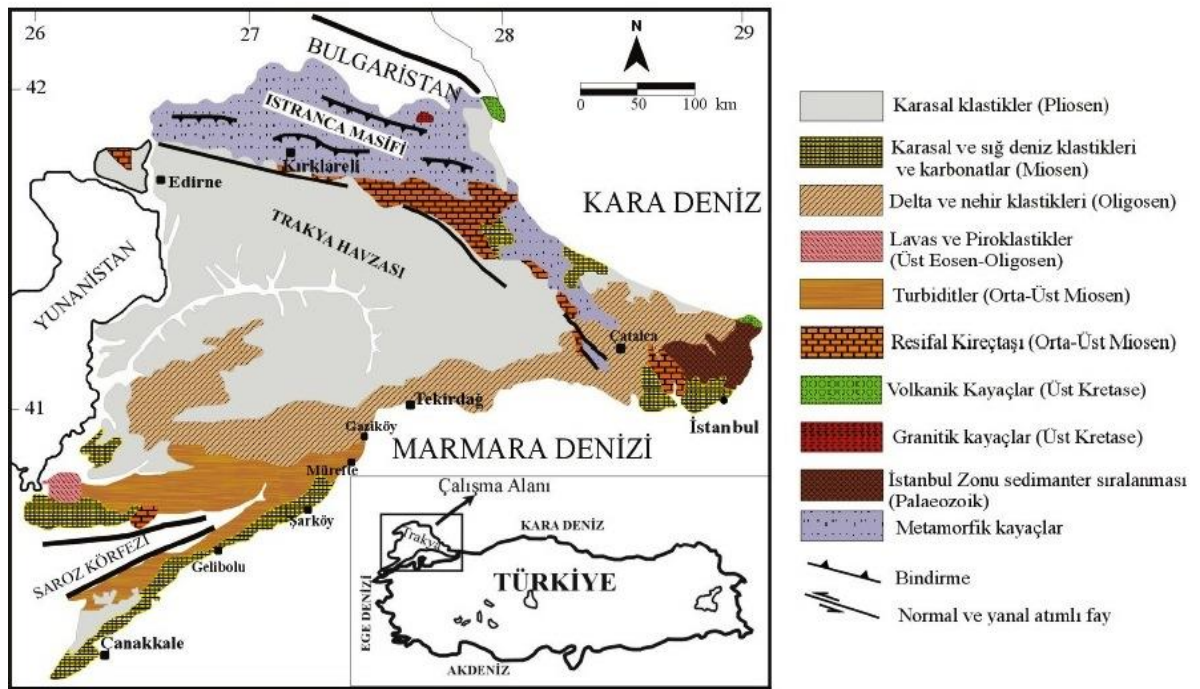
bulunur (Tablo 9). Özellikle kimyasal gübreler ve tarım ilaçları çeşitli oranlarda N, P, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn, As, Hg ve Cd elementlerinin bir kısmını içerebilirler. Dolayısıyla bu ürünlerin fazla miktarda kullanılması zehirlilik ve toksisite parametresine neden olur. Ayrıca tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisitler ve kimyasal gübreler zamanla tarım topraklarında birikir, sulama, çapalama ve benzeri faaliyetlerle toprağın alt katmanlarına kadar iner. Bunun sonucu su kirliliğine ek olarak toprak kirlenmesi, çoraklaşma ve tarımsal ürün kalitesinde bozulma da yaşanmaktadır. Havzada yoğun olarak kullanılan kimyasal gübreler daha çok azot içeriklidir. Trakya Bölgesinde kullanılan tarımsal ilaçlar aşağıdaki Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Trakya bölgesinde tarımsal ilaç kullanımı  
(Edirne Havzası Çevre Düzeni Planı, 2007)

İlaç çeşitleri	Edirne	Tekirdağ	Kırklareli	Toplam
	Ton			
Insektisitler	139279	40242	26705	206226
Fungusitler	163940	277167	113652	554759
Fumigantlar	68	577	145	790
Herbisitler	808836	515939	223029	1547804
Rodentisitler	46	1573	72	1691
Akarisitler		84	32	116
Kışlık ve yazlık yağlar		2058		2058
Toplam	1112169	837640	363635	2313444

### 1.11. Çalışma Alanı Jeolojisi

Ergene Havzası, Trakya'nın çarpışma kuşağında oluşan yay önu havza tipindeki (Görür ve Okay, 1996) Trakya Havzasının jeolojisi kapsamında değerlendirilir. Ergene Havzası; Istranca masifi ile güneyindeki Biga masifi arasında büyüme ile oluşmuş havzadır. Trakya, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Türkiye'nin kuzeyinde yer alan Pontid tektonik birliği kuzey batı ucunda yer almaktadır. Bölgenin MTA 1: 500 000 lik haritadan sadeleştirilmiş genel jeolojik haritası şekil 4'te verilmiştir (Etiz, 2007).



Şekil 4. Trakya Bölgesinin sadeleştirilmiş jeolojik haritası (Etiz, 2007)

Havzada Prekambriyen'den günümüze kadar yerleşmiş stratigrafik, volkanik ve metamorfik kaya toplulukları bulunmaktadır. Çalışma alanında bulunan en yaşlı birim, havzanın kuzeyinde yüzeylenen Prekambriyen yaşlı metamorfik (gnays ve mikaşist) birimlerden oluşmaktadır. Bu birimin üzerinde Üst Permiyen yaşlı metagranodiyorit birimleri uyumsuz olarak gelmektedir. Üst Permiyen birimlerinin üzerine Mesozoyik yaşlı birim olmadığından doğrudan Senozoyik yaşlı birimler bulunur. Senozoyik yaşlı birimler ise aşağıda özetlenmiştir.

Çalışma alanının güneyinde yüzeyleyen Üst Eosen yaşlı birim çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı içermektedir. Ergene Havzası kuzey batısında Lütésiyen yaşlı, kireçtaşıdan oluşan birim bulunmaktadır. Oligosen yaşlı birim andezit, tuf ve aglomeradan oluşup çalışma alanının güney batısını kaplar. Çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşıdan oluşan üç birim ise; Üst Oligosen yaşlı havzanın güney batısı ve güney doğusunda, Orta Miyosen yaşlı çalışma alanının ortasında ve havzada en fazla görülen Üst Miyosen yaşlı birimlerdir.

Trakya Havzası akarsu vadilerinde oluşmuş genç çökellerin kalınlığı akarsuyun yatağının konumuna bağlı değişmekle birlikte 2-20 metre arasında değişmektedir. Bu birim killi, siltli kum ve çakıl birimlerinden oluşmaktadır.

Havzada denizin transgresyonunun Orta Eosen'de başlamış olduğu ve Oligosen ortalarına kadar kuzeye ve kuzey doğuya doğru kademeli olarak devam ettiği, sonra da regresif bir şekilde dönüştüğü kabul edilmektedir (Turgut v.d., 1991).

Prekambriyen ve Paleozoyik tabanı oluşturan gnayslar ve şistler çok kıvrımlı bir yapı gösterirler. Istranca masifinden havzanın içerisine doğru basamaklı sıralar halinde alçalan dikine faylar bulunmaktadır. Bunlar Kaynarca beldesinin kuzeyinde, Vize'nin doğusunda ve kuzeyinde bulunmaktadır. Havzanın güneyinde Saros Körfezi ile Marmara Denizi arasında Kuzey Anadolu Fayı'nın uzantısı olan 10 km uzunluğundaki diri bir fay olan Saros-Gaziköy Fay'ı bulunmaktadır.

## II. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Örnekleme Yöntemi

Bu çalışma çerçevesinde, Trakya bölgesinde yer alan Ergene Nehri ve yan kollarından 20, Meriç Nehri'nden 3 ve Tunca Nehri'nden 1 adet olmak üzere toplam 24 nokta istasyondan akarsu çökel örneği alınmıştır (Şekil 5 ve Tablo 10). Çökel örneği alımları Mart 2012 tarihinde "Ekman Grab" aleti kullanılarak yapılmıştır (Foto 2). Kullanılan grab, bir yay sistemine bağlı çift taraflı kapağı bulunan, metal bir araçtır. Grab aleti çökele açık bir şekilde düşey pozisyonda serbest düşme ile bırakılır. Ardından çelik paslanmaz ağırlık (Messenger) gönderilerek kapakların kapanması sağlanır. Kapaklar kapandıktan sonra grab aleti dikkatli şekilde çekilir ve içindeki çökel alınarak çökel örneklenir (Foto 3).

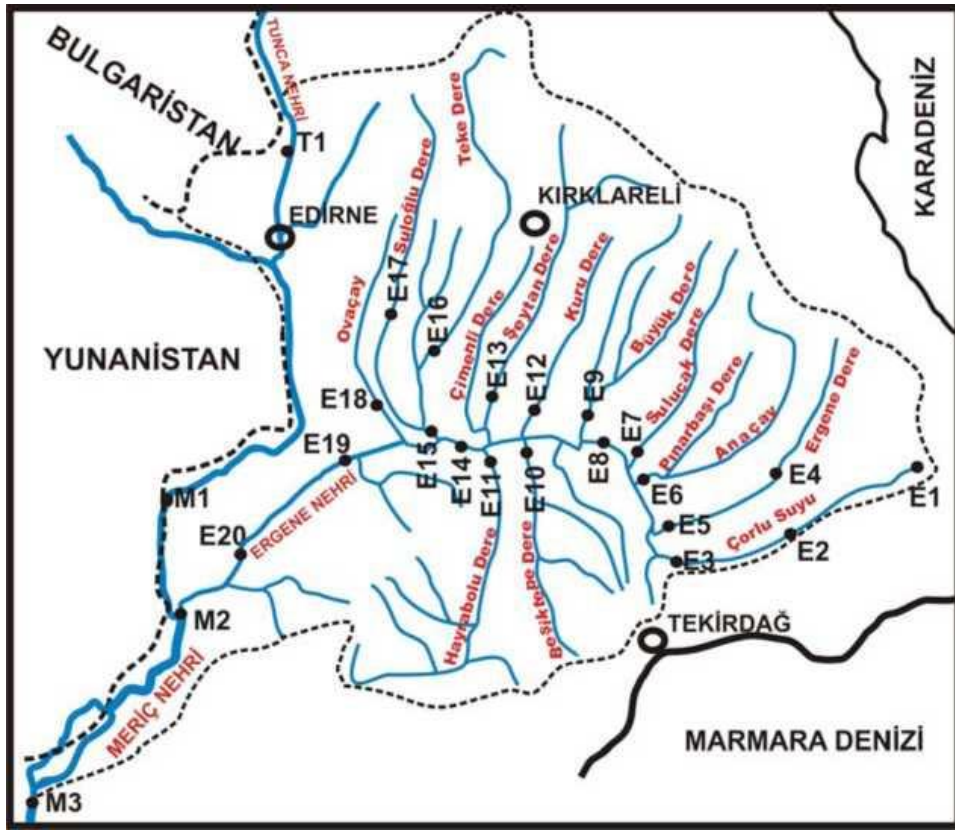


Foto 2. Çökel örneklemesinde kullanılan Ekman Grab



Foto 3. Grab aleti ile örnek alımı

Çok sayıda sanayi tesisinin yer aldığı arıtma tesisi bulunmayan birçok küçük yerleşim merkezinin atık sularının boşaltıldığı Ergene Havzası'nda örnekleme yerlerinin belirlenmesinde; çökel depolanma, taşınma ortamlarının özellikleri, kirlenici kaynaklar, Ergene Nehri'ni besleyen yan kollar ile birlikte Meriç ve Tunca Nehirleri dikkate alınmıştır. Ergene Nehri'nin Ege Denizi'ne olan kirlenici etkisinin daha sağlıklı belirlenmesi amacıyla Meriç ve Tunca Nehirleri çökelleri de örnekleyerek bu nehirlerin mevcut durumları incelenmiştir.



Şekil 5. Çökel örneklerinin alındığı yerleri gösterir harita

Arazi çalışması esnasında elde edilen çökel örneklerinin 0-1 cm lik yüzey kısımları tahta kaşıklar yardımıyla plastik torbalara konularak numaralandırılmış ve muhafaza edilmiştir. Örneklerin coğrafi konumları elde taşınabilen GPS (Küresel Mevki Bulma) sistemi ile belirlenmiştir (Tablo 10). GPS sisteminin ölçüm hatasını en aza indirmek amacı ile örnek alma esnasında aynı zamanda arazide not almaya özen gösterilmiştir.







Tablo 10. Alınan örneklerin yerleri ve koordinatları

<b>Örnek no</b>	<b>Nehir ismi</b>	<b>Akarsu İsmi</b>	<b>Örnek yeri</b>	<b>Enlem (N)</b>	<b>Boylam (E)</b>
E1	Ergene	Çorlu Suyu	Çerkezköy	41°16'34''	28°01'27''
E2	Ergene	Çorlu Suyu	Çorlu	41°11'11''	27°47'28''
E3	Ergene	Çorlu Suyu	Muratlı	41°12'54''	27°31'31''
E4	Ergene	Ergene Dere	Karamehmet	41°17'37''	27°46'27''
E5	Ergene	Ergene Dere	İnanlı	41°20'03''	27°47'10''
E6	Ergene	Ana Çay	Büyükkarıştıran	41°17'31''	27°32'37''
E7	Ergene	Sulucak Dere	Evrensekiz	41°20'30''	27°32'37''
E8	Ergene	Ergene Nehri	Eskibedir	41°20'52''	27°23'33''
E9	Ergene	Büyük Dere	Lüleburgaz	41°24'10''	27°20'42''
E10	Ergene	Beşiktepe Dere	Sinanlı	41°21'05''	27°09'34''
E11	Ergene	Hayrabolu Dere	Büyük Mandıra	41°20'23''	27°04'53''
E12	Ergene	Kuru Dere	Alpullu	41°22'00''	27°08'21''
E13	Ergene	Şeytan Dere	Babaeski	41°25'32''	27°05'59''
E14	Ergene	Ergene Nehri	Kadriye	41°20'48''	27°00'36''
E15	Ergene	Teke Dere	Pehlivanköy	41°20'51''	26°55'23''
E16	Ergene	Teke Dere	Kuleli	41°29'49''	26°56'05''
E17	Ergene	Süloğlu Dere	Havsa	41°55'00''	26°81'66''
E18	Ergene	Ovaçay	Sazlımalkoç	41°20'51''	26°53'06''
E19	Ergene	Ergene Nehri	Uzunköprü	41°16'40''	26°40'30''
E20	Ergene	Ergene Nehri	Adasarhanlı	41°02'00''	26°21'26''
T1	Tunca	Tunca Nehri	Karaağaç	41°40'05''	26°53'06''
M1	Meriç	Meriç Nehri	Bosna	41°37'31''	26°34'49''
M2	Meriç	Meriç - Ergene	Sarıcalı	41°01'13''	26°22'02''
M3	Meriç	Meriç Nehri	Enez	40°43'39''	26°04'36''

Alınan akarsu çökel örnekleri etiketlenerek İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsünün jeoloji laboratuvarına nakledilmiş ve analizlere başlayıncaya kadar derin dondurucuda saklanmıştır (Tablo 11). Laboratuvarda her bir örnek eşit alt numunelere bölünmüştür. Alt örneklerden biri sedimentolojik analizler için, diğeri ise jeokimyasal analizler için kullanılmıştır. Çökel örnekleri toplam ağır metal analizleri için 105<sup>0</sup>C’de kurutularak agat havanda öğütülmüştür (Foto 4).

Tablo 11. Ergene, Meriç ve Tunca nehirlerindeki numune alanlarının yakın görünüşleri

Örnek No	Nehir İsmi	Akarsu İsmi	Örnek Yeri	İstasyon Resimleri
E1	Ergene	Çorlu Suyu	Çerkezköy	
E2	Ergene	Çorlu Suyu	Çorlu	
E3	Ergene	Çorlu Suyu	Muratlı	
E4	Ergene	Ergene Dere	Karamehmet	
E5	Ergene	Ergene Dere	İnanlı	
E6	Ergene	Ana Çay	Büyükkarıştıran	

Tablo 11 devam

E7	Ergene	Sulucak Dere	Evrensekiz	
E8	Ergene	Ergene Nehri	Eskibedir	
E9	Ergene	Büyük Dere	Lüleburgaz	
E10	Ergene	Beşiktepe Dere	Sinanlı	
E11	Ergene	Hayrabolu Dere	Büyük Mandıra	
E12	Ergene	Kuru Dere	Alpullu	
E13	Ergene	Şeytan Dere	Babaeski	
E14	Ergene	Ergene Nehri	Kadriye	
E15	Ergene	Teke Dere	Pehlivanköy	
E16	Ergene	Teke Dere	Kuleli	
E17	Ergene	Süloğlu Dere	Havsa	

Tablo 11 devam








E18	Ergene	Ovaçay	Sazlımalkoç	
E19	Ergene	Ergene Nehri	Uzunköprü	
E20	Ergene	Ergene Nehri	Adasarhanlı	
T1	Tunca	Tunca Nehri	Karaağaç	
M1	Meriç	Meriç Nehri	Bosna	
M2	Meriç	Meriç ile Ergene birleşimi	Sarıcalı	
M3	Meriç	Meriç Nehri	Enez	



Foto 4. Çökel örneklerinin öğütüldüğü agat havan ve kurutulduğu fırın

## 2.2. Tane Boyu Analiz Yöntemi

### 2.2.1. Elek analizi yöntemi

Tane boyu dağılımı örneğin istatistiksel anlamda tanımlanması, taşıyıcı akıntının gücü hakkında fikir vermesi, depolanma ortamının incelenmesi açısından önemlidir. Ayrıca tane boyu küçüldükçe yüzey alanı arttığından, daha fazla miktarda metal birikir. Bu sebeple tane boyutu çökelin en önemli özelliğinden olup, sınıflaması Tablo 12’de verilmiştir. Bu çalışmada Galehouse (1971) ve McManus (1991) metodu kullanılarak çakıl, kum, silt ve kil miktarları ölçülmüştür. Bu metoda göre; çökelerde bulunan çözünebilir tuzlar, kil boyutundaki materyalin topraklanmasına (tanelerin bir araya gelip çökmesi) neden olarak analizi hatalı sonuca götürür. Bu nedenle; örnekler öncelikle tuzlardan arındırılmak amacıyla saf suda bekletilmiş, sifonlama ile birkaç kez yıkanmıştır. Islak örnek 100<sup>0</sup>C etüvde kurutularak toplam ağırlığı kayıt edilerek, %10’luk kalgon (NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>’lu saf suda 24 saat bekletilmiştir. Kalgon (NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>’lu ıslak örnek 0.063 mm’lik elek üzerinde musluk altında yıkanarak kaba taneli fraksiyonların (Çakıl + kum), ince taneli (Silt + kil) çökellerden ayrılması sağlanmıştır. Bu yıkama işlemini yaparken eleğin altına toplayıcı bir kap konulmuş, yeteri miktarda ince taneli çökel içeren sıvı toplandıktan sonra, eleğin üzerindeki kaba tanelilerin yıkanmasına devam edilmiştir. Yıkama işlemi eleğin altından akan suyun berrak oluşuna kadar sürdürülmüştür. Eleğin üzerindeki kaba taneli kısım bir kaba aktarılarak, etüvde 100<sup>0</sup>C de kurutulmuştur. Kurutulan örnek tartıldıktan sonra tane boyları analizi; çakıl ve kum boyutu malzeme elek analizi ile silt ve kil boyutu malzeme de bilgisayar kontrollü lazer saçılımlı sedigraph aleti ile gerçekleştirilmiştir. (Foto 5). Örneklerin içerdiği boyut gurupları % cinsinden aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır.

$$\%Çakıl = (GW / W)*100$$

GW: 2 mm’lik elek üzerinde kalan çökelin ağırlığı

W: Numunenin toplam ağırlığı.

$$\%Kum = (SW / W)*100$$

SW: 2 mm ile 0.063 mm’lik elek aralığında kalan çökelin ağırlığı

$$\%Çamur = 100 - (\% çakıl + \% kum)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Silt ve kil boyutu malzemenin ayrı ayrı yüzdeleri sedigraf aletinden elde edilen kil ve silt verilerinden yararlanarak hesaplanmıştır.



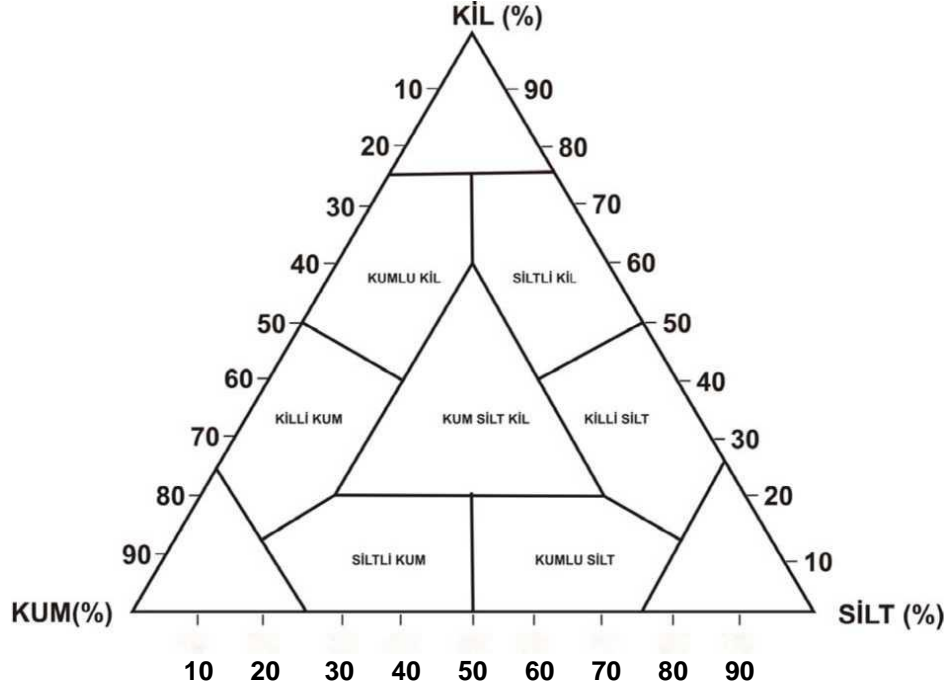
Foto 5. Elek analiz takımı ve sedigraf aleti

Tablo 12. Tane boyutuna göre litojenik çökellerin sınıflaması (Folk, 1980)

Tane Çapı Milimetre (mm)	Tane Çapı Mikrometre ( $\mu\text{m}$ )	Tane Çapı Phi ( $\Phi$ )	Wentworth Derecesi
4096		-12	Blok
256		-8	Kaba çakıl
64		-6	Çakıl
4		-2	İnce çakıl
-----2-----	-----	--- -1 ---	Çok kaba kum
1.00		0.0	Kaba kum
0.50	500	1.0	Orta Kum
0.25	250	2.0	İnce kum
0.125	125	3.0	Çok ince kum
-----0.0625-----	-----63-----	-----4.0-----	Çok kaba silt
		4.5	Kaba silt
0.031	31	5.0	Orta silt
0.0156	15.6	6.0	İnce silt
0.0078	7.8	7.0	Çok ince silt
-----0.0039-----	-----3.9-----	-----8.0-----	
0.00006	0.06	14.0	Kil

Çalışma alanından alınan çökeller tane boyutu analizine tabi tutulup çakıl, kum, silt ve kil yüzdeleri saptandıktan sonra aşağıdaki Shepard diyagramında sınıflandırılarak isimlendirilmiştir (Şekil 6). Bu diyagramda her köşe %100 kum, %100 silt veya %100 kili

gösterir. Çökel örneklerinde çakıl miktarı düşük olduğundan kum yüzdelere dahil edilmiş ve üçgen diyagramında adlandırılmıştır.



Şekil 6. Litofasiyes tanımlamasında kullanılan üçgen diyagramı (Shepard, 1954)

### 2.2.2. Akarsu çökellerinde tane boyu istatistiksel verilerin elde edilmesi

Sahanın sedimentolojik açıdan daha iyi yorumlanması amacıyla birbirinden çok az değişik sonuçlar veren istatistiksel yaklaşımlar mevcuttur. Bu çalışmada Folk ve Ward (1957)'ün önerdikleri ortalama tane boyu (mean), boylanma (sorting), simetrisizlik (skewness) ve tepelenme (kurtosis) gibi istatistik parametreler kullanılmıştır. Bu verilerin elde edilmesinde tane boyu-kümülatif yüzde dağılım eğrisindeki 5, 16, 25, 50, 75, 84 ve 95 yüzdelere karşılık gelen tane çaplarına ihtiyaç vardır.

### 2.2.3. Ortalama tane boyu

Ortalama tane boyu verisi tane boylarının toplamının tane sayısına oranı ile hesaplanır. Söz konusu parametre çökeli taşıyan gücün ve depolama ortamının kinetik enerjisi hakkında değerlendirme yapmamıza yardımcı olur. Ortamda kaba taneli çökellerin baskınlığı birikimin yüksek enerji koşullarında, ince taneli çökellerin varlığı ise



depolanmanın düşük enerji koşullarında gerçekleştiğini gösterir. Ortalama tane boyu M harfi ile gösterilip, Folk ve Ward (1957)'ın önerdikleri aşağıdaki formülle bulunur.

$$M = \frac{(16\Phi + 50\Phi + 84\Phi)}{3}$$

Bu formülde; M ortalama tane boyutu  $16\Phi$ ,  $50\Phi$  ve  $84\Phi$  ise kümülatif ağırlık eğrisindeki yüzde 16, 50 ve 84'e karşılık gelen tane boyutudur. Elde edilen ortalama tane boyu değeri Tablo 12'ye göre yorumlanır.

#### 2.2.4. Boylanma (Sorting)

İstatistiksel anlamda örneğin tanımlanmasını sağlayan parametrelerden bir diğeri boylanma olup, tanelerin hangi değerler etrafında biriktiğini gösterir. Tane boyutu belli bir değer etrafında dar bir aralıkta yoğunlaşıyorsa iyi, geniş bir aralıkta dağılım gösteriyorsa kötü boylanmalı olarak değerlendirilir (Tablo 13).

Tablo 13. Boylanma değerleri ve derecesi (Folk ve Ward, 1957)

Boylanma değeri ( $\Phi$ )	Boylanma Derecesi
< 0.35 $\Phi$	Çok iyi boylanmış
0.35-0.50 $\Phi$	İyi boylanmış
0.50-0.71 $\Phi$	Orta derecede iyi boylanmış
0.71-1.00 $\Phi$	Orta derecede boylanmış
1.00-2.00 $\Phi$	Kötü boylanmış
2.00-4.00 $\Phi$	Çok kötü boylanmış
>4.00 $\Phi$	Son derece kötü boylanmış

Boylanma ortalama tane boyunun etrafındaki dağılımı tanımlar ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$D = \frac{(84\Phi - 16\Phi)}{4} + \frac{(95\Phi - 5\Phi)}{6.6}$$

Bu formülde D boylanmayı,  $5\Phi$ ,  $16\Phi$ ,  $84\Phi$  ve  $95\Phi$  ise kümülatif ağırlık eğrisindeki yüzde 5, 16, 84 ve 95'e karşılık gelen tane boyutudur. Bu formül sonucunda elde edilen veri Tablo 13'e göre değerlendirilir.

### 2.2.5. Simetrisizlik (Skewness)

Simetrisizlik S harfi ile gösterilir. Ortalama tane boyu dağılımında ince ve kaba taneli çökellerin sayıca ve ağırlıkça baskınlığını gösterir. Normal dağılım çan eğrisi şeklinde iken, ince taneli çökellerin yoğunluğunda sola yatık dağılımlı negatif, kaba taneli çökellerin fazlalığında ise sağa yatık dağılımlı pozitif değer gösterir (Tablo 14).

Tablo 14. Simetrisizlik değerleri ve grafiksel yorumu (Folk ve Ward, 1957)

Simetrisizlik değeri	Grafiksel yorum
+1 — +0.30	Kuvvetli pozitif eğik
+0.30 — +0.10	Pozitif eğik
+0.10 -----0.10	Simetriğe çok yakın
-0.10 ----- 0.30	Negatif eğik
-0.30 ----- 1.00	Kuvvetli negatife eğik

Simetrisizlik hesabı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$S = \frac{(16\Phi - 84\Phi - 2*50\Phi)(5\Phi - 95\Phi - 2*50\Phi)}{2*(84\Phi - 16\Phi) \quad 2*(95\Phi - 5\Phi)}$$

Bu formülde S simetrisizliği,  $5\Phi$ ,  $16\Phi$ ,  $50\Phi$ ,  $84\Phi$  ve  $95\Phi$  ise kümülatif ağırlık eğrisindeki yüzde 5, 16, 50, 84 ve 95'e karşılık gelen tane boyutudur. Bu formül sonucu ortaya çıkan değerler tablo 14'e göre yorumlanır.

### 2.2.6. Tepelenme (Kurtosis)

Tepelenme deponun tane boyunun dağılım ve normalitesi ile ilgilidir. Tane boyu grupları arasındaki dağılımda frekans farkını, bir grubun diğerine göre nasıl değiştiğini

gösterir. Tepelenmenin ölçüsü, kuyruğun merkeze oranı şeklindedir. K harfi ile gösterilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$K = \frac{(95\Phi - 5\Phi)}{2.44*(75\Phi - 25\Phi)}$$

Bu formülde K tepelenmeyi,  $5\Phi$ ,  $25\Phi$ ,  $75\Phi$  ve  $95\Phi$  ise kümülatif ağırlık eğrisindeki yüzde 5, 25, 75 ve 95'e karşılık gelen tane boyutudur. Tepelenme hesabı sonucu elde edilen istatistiksel veriler aşağıdaki Tablo 15'de dikkate alınarak çökel deponun ortam değerlendirilmesi yapılır.

Tablo 15. Tepelenme değeri ve derecesi (Folk ve Ward)

<b>Tepelenme değeri</b>	<b>Tepelenme Derecesi</b>
<0.67	Çok basık (Platycurtic)
0.67-0.90	Orta basık (Platycurtic)
0.90-1.11	Orta (Mesocurtic)
1.10-1.5	Sivri (Leptocurtic)
1.50-3.00	Çok sivri (Leptocurtic)
>3.00	Çok fazla sivri (Leptocurtic)

### 2.3. Toplam Organik Karbon Analiz Yöntemi

Walley Blake yöntemine göre yapılmıştır (Gaudette v.d., 1974; Loring ve Rantala, 1992). Bu yöntem potasyum dikromat ile organik maddenin oksidasyonunu ve fazlalık dikromat difenilamin indikatörlüğünde demir amonyum sülfat ile titrasyonunu içerir. Bu analiz için 0.5 gramı geçmeyecek şekilde  $105^{\circ}\text{C}$  de kurutulmuş ve öğütülmüş çökel örneği tartılarak, 500 ml'lik erlen mayere alınır. 10 ml 1N  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ve yoğunlaştırılmış 20 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ilave edilir. 20-30 dakika süre ile çalkalanır. Örnek 200 ml'ye saf su ile seyreltilir ve yoğunlaştırılmış 10 ml  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , 0.2 gr NaF, 1 ml difenilamin ilave edilir. Daha sonra demir amonyum sülfat çözeltisi ile titre edilir. Aynı işlemler uygulanılarak blank ve standartlar çalışılır.

#### 2.4. Toplam Çözünürleştirme Analiz Yöntemi

Bozundurma işlemleri ile örnekler daha basit yapılara ayrılarak konsantrasyonlarının belirlenmesi kolaylaşır. Bu analiz yöntemi mikrodalga yardımıyla kapalı veya açık sistemlerde belirli bir basınç ve sıcaklıkta asitlendirilmiş örneklere uygulanır. Yüksek basınçlı işlemler biyolojik ve organik örneklerde, daha düşük basınçlı işlemler ise yağ analizlerinde, çevresel analizlerde ve katalizör analizlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada toplam çözünürleştirme işlemi İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Laboratuvarlarında yapılmıştır. Analiz işlemleri için çökel örnekleri 180°C’de kurutulmuş ve öğütülerek yaklaşık ~0.5 gr tartılmıştır. Çözünürleştirme yöntemi kapalı sistemde hidroflorik asit, nitrik asit ve perklorik asit karışımında, sabit basınç ve sıcaklıkta (180°C) mikrodalga fırında (CEM MARS marka) gerçekleştirilmiştir (Foto 6).



Foto 6. Örneklerin çözünürleştirmesinde kullanılan mikrodalga fırın

#### 2.5. ICP-MS ile Al, Fe, Mn, As, Cr, Cu, Ni, Pb, V ve Zn Ölçüm Yöntemi

Çözünmüş haldeki çökel örnekleri Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer, Agilent 7500ce) cihazı ile ölçülmüştür (Foto 7). Katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, ucuz, hassas ve doğru biçimde, niteliksel, niceliksel ya da yarı- niceliksel olarak ölçülmesine olanak sağlayan ileri teknoloji ürünü bir analiz tekniğidir. Teknik elektromanyetik induksiyonla 10,000°K sıcaklığa ulaştırılan argon plazması tarafından örneğin iyonize

edilmesi; iyonize elementlerin kütle spektrometresi tarafından ayrıştırılması ve element derişimlerinin elektron şoklayıcı bir detektöre tarafından ölçülmesi aşamalarını içerir.



Foto 7. Çökellerde metal içeriğinin tespit edildiği ICP-MS cihazı

Örnekteki tüm elementlerin derişimleri 1 ile 2 dakika arasında değişen oldukça kısa bir sürede ölçülür. Analizlerin doğruluğunu belirlemek için sertifika değerleri belirlenmiş olan NIST SRM 2710 Montana toprak referans malzeme aynı işlemlerden geçirilerek ICP-MS, Agilent 7500ce cihazında ölçülmüştür (Tablo 16).

Tablo 16. Referans numunesinin (NIST SRM 2710 Montana toprağı) ve sertifikaya değerleri ve ölçüm sonuçları

Element	NIST sertifikaya değerleri (ppm)	Ölçüm sonuçları (ppm)
Al	64400±8000	67 000
Fe	33800±1000	34 400
Mn	10820	10100
As	626±38	677
Cr	39	38
Cu	2950±130	2890
Ni	14,3±1	14,8
Pb	5532±80	5408
V	76,6±2,3	75,9
Zn	6952±91	6836

## 2.6. Zenginleşme Faktörü Hesabı

Bu faktör özellikle çalışma alanında alınan 24 adet akarsu çökel örneğinde metallerin ne ölçüde zenginleştiğinin ve çökellerdeki metal kirliliğinin karşılaştırmalı analizi için önemli bir parametredir. Zenginleşme faktörü (ZF) hesaplanmasında aşağıdaki formül birçok araştırmacı tarafından (Pekey, 2006; Sarı, 2008; Liu v.d., 2010, Sundararajan ve Natesan, 2011) ve bu çalışmada tercih edilmiştir. Çökel örneklerindeki metaller için zenginleştirme faktörü aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$ZF = (M_x/A_{1x}) / (M_c/A_{1c})$$

ZF, Zenginleşme faktörü,  $M_x$  ve  $A_{1x}$  analizi yapılan örnekteki metal miktarı,  $M_c$  ve  $A_{1c}$  metallerin şeyldeki miktarları (Tablo 17).

Tablo 17. Zenginleşme Faktörü (ZF) hesaplamasında kullanılan şeyl ortalaması metal değerleri.

Örnek No	Al (%)	Fe (%)	Mn (ppm)	As (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	V (PPm)	Zn (ppm)
Şeyl ortalaması (Krauskopf, 1985)	8,0	4,7	850	6,6	100	57	95	20	130	80

Bu çalışmada elde edilen zenginleşme faktörü verileri Valdes ve arkadaşlarının aşağıdaki sınıflamasına göre değerlendirilmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. Zenginleşme Faktörü (ZF) değerine göre çökel kalitesi sınıflaması (Valdes v.d., 2005)

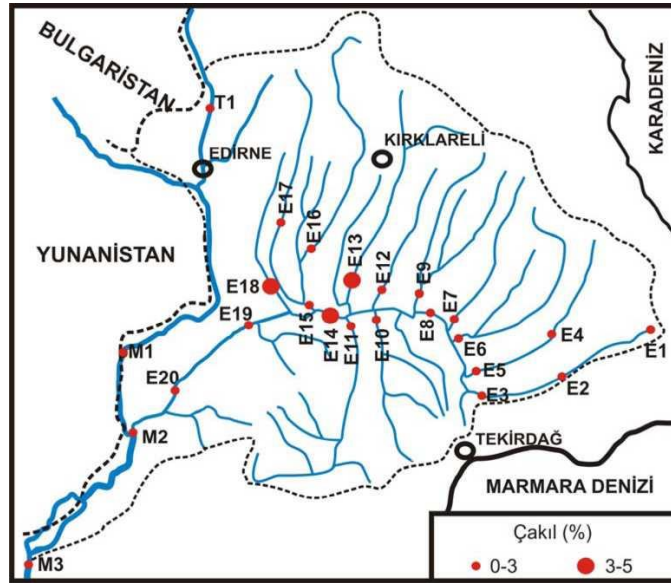
ZF değeri	Çökel kalitesi
$\leq 2$	Kirletilmemiş
2-10	Orta derecede kirletilmiş
$>10$	Kirletilmiş veya çok kirletilmiş

### III. BULGULAR

#### 3.1. Akarsu Çökellerinin Tane Boyu Özellikleri

##### 3.1.1. Çakıl miktarı dağılımı

Çakıl Wentworth büyüklük sınıflamasına göre tane boyu çapı  $-1\phi$  ile  $-5\phi$  arasında kalan çökeller için kullanılır. Bu büyüklüğün mili metre (mm) olarak karşılığı ise 2-16 mm'dir (Tablo 12). Bölgede yaptığımız tane boyutu analiz sınıflamasında çakıl boyutu en büyük tane boyutu birimini oluşturmaktadır. Çalışma alanında maksimum çakıl içeriği %4.19 ile E14 ve E18, minimum çakıl miktarı ise %0.01 ile E4 nolu istasyonda tespit edilmiştir (Tablo 19). Bu bölgeden analizi yapılan 24 numunede ortalama çakıl miktarı %1.17 olarak hesaplanmıştır. Akarsu çökel örnekleri çakıl içeriğine göre iki tür sınıflamaya ayrılmıştır (Şekil 7). Çakıl içeriği toplam 21 numunede (E1-E12, E15-E17, E19, E20, T1, M1-M3) %3 ten düşüktür. 3 örnekte ise (E13, E14 ve E18) %3 ile %4.19 arasında değişir (Şekil 8). Elek üzerinde kalan örneklerde yapılan mikroskopik incelemelerde çakıl boyutundaki malzemelerin kaya kırıntısı, alkali feldispat, plajiyoklas, kuvars, kalsit ve ağaç parçacıklarından oluştuğu görülmüştür.



Şekil 7. Çalışma alanında çakıl miktarı dağılımı

Tablo 19. Örneklerde Tane Boyu Analiz Sonuçları

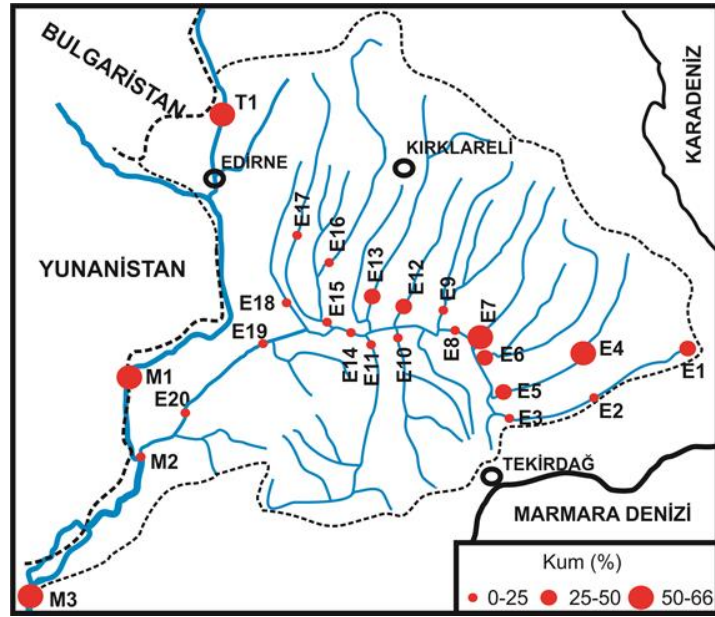
Örnek no	Çakıl	Kum	Silt	Kil
	%			
E1	1,94	32,90	14,20	50,95
E2	0,66	10,91	37,92	50,51
E3	0,82	3,65	26,86	68,67
E4	0,01	51,17	13,47	35,35
E5	0,07	33,61	19,25	47,07
E6	0,55	27,35	20,77	51,34
E7	2,17	57,65	9,81	30,38
E8	2,69	6,19	19,77	71,35
E9	0,55	18,64	31,36	49,46
E10	0,91	5,52	21,90	71,68
E11	2,64	16,58	19,15	61,63
E12	0,68	35,35	24,12	39,85
E13	3,44	32,71	23,11	40,74
E14	4,19	8,22	32,32	55,27
E15	0,78	2,03	36,64	60,55
E16	0,22	23,83	35,24	40,71
E17	0,23	1,34	23,53	74,91
E18	4,19	0,72	20,35	74,74
E19	0,09	3,60	27,27	69,05
E20	0,31	0,98	27,83	70,87
T1	0,02	62,88	13,32	23,78
M1	0,03	62,55	15,87	21,56
M2	0,53	16,19	28,07	55,22
M3	0,34	60,80	11,97	26,89

### 3.1.2. Kum miktarı dağılımı

Akarsu çökellerinin kum içeriği dağılımı şekil 9’da görülmektedir. Kum oranı %0.72 ile %62,88 arasında değişir (Tablo 19). En düşük kum içeriği E18, en yüksek kum oranı da T1 nolu numunede ölçülmüştür. Çalışma alanında ortalama kum miktarı %23.97 olarak hesaplanmıştır. Bölge kum içeriğine göre 3 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 8). Ergene Nehri’nin E2, E3, E8, E9, E10, E11, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20 ve Meriç Nehri M2 nolu istasyonlarında kum oranı %25’ten düşüktür. Söz konusu örneklerde kum içeriği en fazla



%23.83 ile E16 nolu numunede, en düşük kum miktarı %0.72 ile E18 nolu örnekte bulunmuştur. Ortalama kum miktarı %8.46 olarak hesaplanmıştır. Kum içeriği %25-50 arasındaki örnekler 2 gruba dâhil edilmişlerdir. Bu grubu E5, E6, E7, E12 ve E13 nolu örnekler temsil etmektedir. Bu örneklerde maksimum kum miktarı %33.35 ile E12 nolu istasyonda, minimum kum miktarı ise %27.35 ile E6 nolu istasyonda görülür. Bu grup için ortalama kum miktarı %32.39'dır.



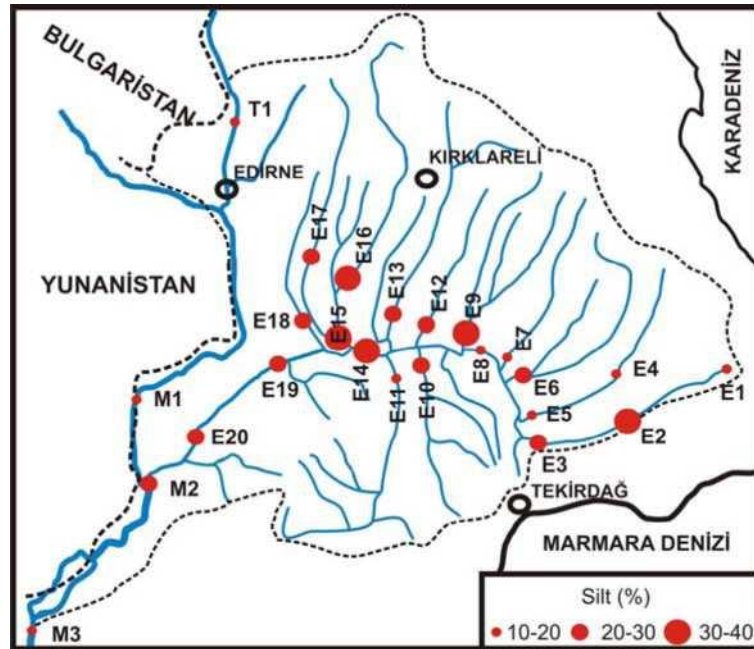
Şekil 8. Çalışma alanında kum miktarı dağılımı

Ergene Nehri-Ergene Dere lokasyonundan alınan E4, Sulucak Dere-Evrensekiz lokasyonundan alınan E7, Tunca Nehri ana kolundan alınan T1, Meriç Nehri ana kolu Bosna lokasyonundan alınan (M1) ve Enez (M3) lokasyonlarından alınan akarsu çökelleri kum oranı %50'den daha büyük olup, çalışma alanındaki en yüksek kum içeriklerini oluştururlar. Bu grupta kum içeriği %51.17-62.88 arasında değişip, ortalaması %59'dir. Özellikle Tunca ve Meriç Nehri ana kolunda kaba taneli (>2mm) çökelin baskınlığı, nehir eğimleri ve akarsu akım hızının gücünden kaynaklanmaktadır.

### 3.1.3. Silt miktarı dağılımı

Çalışma alanında toplanan örnekler silt içeriğine göre 3 tür sınıflama ile bölümlere

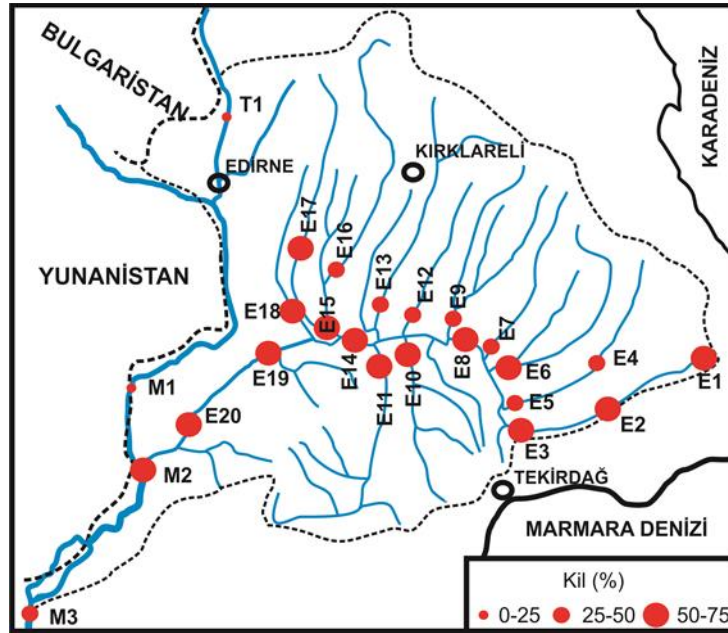
ayrılmıştır (Şekil 9). E1, E4, E5, E7, E8, E11, T1, M1 ve M3 nolu örneklerde silt oranı %9.8-20 aralığında değişmekte olup, ortalama %15.20'dir (Tablo 19). Bu grupta en yüksek silt içeriği %19.77 ile Eskibedir lokasyonundan alınan E8 nolu örnekte, en düşük silt oranı da %9.81 Sulucak Dere-Evrensekiz lokasyonundan E7 numunesinde belirlenmiştir. E3, E6, E10, E12, E13, E17, E18, E19, E20 ve M2 nolu örneklerde Silt miktarı %20-30 arasında değişir. Ortalama silt içeriği %25.54 olarak hesaplanmıştır. Bu grupta yer alan toplam 10 örnek içerisinde en düşük ve en yüksek silt oranı sırasıyla E18 (%20.35) ve M2 (%28.07) nolu örneklerde bulunmuştur. Silt içeriği %30 ile %40 arasında olan örnekler 3 gruba dâhil edilmiştir. Bu grubu E2, E9, E14, E15 ve E16 nolu örnekler temsil etmekte olup, maksimum silt içeriği (%37.92) Çorlu ilçesindeki Çorlu Suyu çökeline, minimum silt miktarı da Lüleburgaz ilçesi Büyük Dere çökellerinden tespit edilmiş olup, ortalama silt miktarı %34.70'dir. Çalışma alanında elde edilen 24 örnekteki silt ortalaması ise %23.09'dur. Bu grupta yer alan örnekler Shepard'ın (1954) üçgen diyagramı dokusal tip sınıflamasına göre Kum Silt Kil (E9 ve E16) ve siltli kil (E2, E14 ve E15) sınıfına girmektedir. Bu verilerden hareketle E9 ve E16 nolu örnekler diğer örneklere göre daha fazla kaba boyutludur.



Şekil 9. Çalışma alanında silt miktarı dağılımı

### 3.1.4. Kil miktarı dağılımı

Kil, Wentworth'un boyut sınıflandırmasında tane çapı  $8\phi$ 'den veya 1/256 mm'den daha küçük çökel tanelerini ifade etmekte kullanılır. Çalışma alanı numunelerinde kil içeriği geniş bir aralıkta (%21.56-74.91) değişmekte olup, ortalama kil miktarı %51.77'dir (Tablo 19). Bölgede baskın tane boyutunun kil olduğu ortalama kil verileriyle de desteklenmektedir (Şekil 10). Ergene, Meriç ve Tunca nehirlerinin çökelleri kil içeriğine göre 3 farklı gruba ayrılmıştır. İlk grubu; kil miktarı %25 den daha düşük olan Tunca Nehri'nden T1 (%23.78) ve Meriç Nehri ana kolundan alınan M1 (%21.56) örnekleri oluşturmaktadır (Şekil 10).



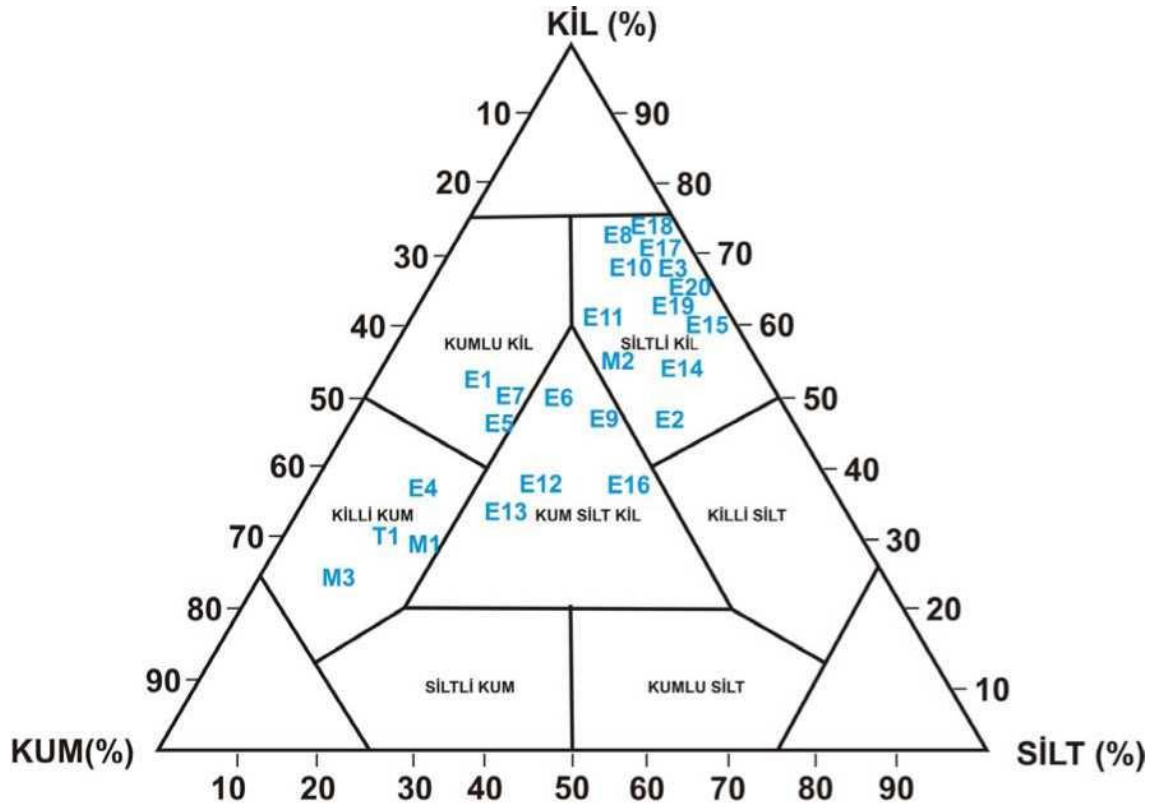
Şekil 10. Çalışma alanında kil miktarı dağılımı

T1 ve M1 örneklerinde kaba taneli (>%60 kum) çökellerin hâkim olması; bu istasyonlarda akıntı hızının güçlü olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle ince taneli çökeller akıntı hızından dolayı ortamdan uzaklaştırılmıştır. Kil içeriği %25-50 arasında değişen ikinci grup ise %35.80 ortalamaya sahip olup, E4, E5, E7, E9, E12, E13, E16 ve M3 nolu örneklerle temsil edilmektedir. Bu grubun en önemli özelliği numunelerin tümünün Ergene Nehri'nin kuzey kollarından alınmış olmasıdır. Toplanan örnekler arasında E1, E2, E3, E6, E8, E10, E11, E14, E15, E17, E18, E19, E20 ve M2 nolu numunelerde kil içeriği %50'den fazla (%50-75) olup üçüncü grubu oluşturmaktadır (Şekil 11). Bu örneklerden

%74.91 ile E17 nolu istasyon en yüksek kil içeriğine, %50.51 ile E2 nolu numune ise en düşük kil içeriğine sahiptir. Ortalama kil miktarı %62.72 dir. Genel olarak ince tane boyutlu çökelin baskın olduğu yerlerde akarsu yatağının geniş, eğiminin ve hızının düşük olması beklenen bir durumdur. Bu görüş çalışma alanında kil boyutlu çökel oranının yüksek olması ile desteklenmektedir.

### 3.2. Akarsu Çökellerinin Litofasiyes Dağılımı

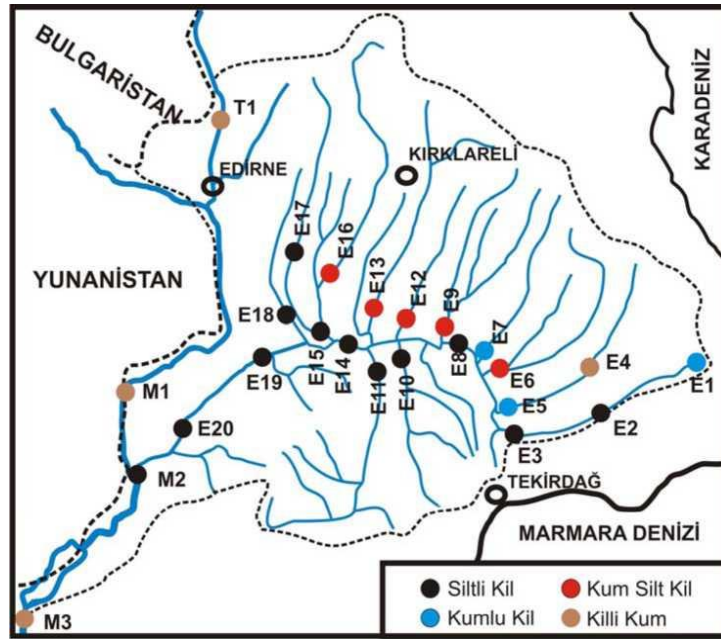
Tunca, Meriç ve Ergene Nehirlerinden elde edilen çökel örneklerinin tane boyutu analizi yapılarak çakıl, kum, silt ve kil yüzdeleri tespit edilmiştir (Tablo 19). Elde edilen verilerin her biri Shepard'ın (1954) üçgen diyagramına yerleştirilerek örneklerin dokusal tip sınıflaması yapılmış ve isimlendirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Örneklerin dokusal tip sınıflaması (Shepard, 1954)

Shepard (1954)' ün dokusal tip sınıflamasına göre çalışma alanı akarsu çökellerinde hâkim tane boyutunun ince taneli olduğu görülür. En yaygın birim siltli kil olup, diğerleri de kumlu kil, killi kum ve ağırlıkça eşit oranlarda bulunan kum silt kil birimidir. Tunca ve Meriç

nehirleri çökellerinin tümü (M2 hariç) killi kum biriminden oluşur (Şekil 11). Bu akarsularda kaba taneli malzemenin fazla olması Tunca ve Meriç Nehri enerji koşullarının ve eğiminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. M2 çökel örneği ise Ergene Nehri ile Meriç nehrinin kesiştiği yerden alınmıştır. Bu istasyonda Ergene Nehri'nden taşınan ince taneli çökellerle tane boyutu inceltirilmiştir. Bu grupta yer alan örneklerin tümünde Üçgen diyagramı yardımıyla Şekil 12' de semboller kullanılarak bölgenin litofasiyes dağılımı gösterilmiştir. Örneklerden elde edilen veriler sonucunda çalışma alanında 4 ayrı çökel tipinin varlığı ortaya çıkartılmıştır (Şekil 12). E2, E3, E8, E10, E11, E14, E15, E17-E20 ve M2 nolu örneklerin siltli kil; E1, E5 ve E7 nolu örneklerin kumlu kil ; E6, E9, E12, E13 ve E16 nolu örneklerin kum-silt-kil ve E4, T1, M1 ve M3 nolu örneklerin de de killi kum, birimlerinden oluştuğu belirlenmiştir.



Şekil 12. Çalışma alanında litofasiyes dağılımı

### 3.2.1. Siltli kil

Shepard (1954)' ün dokusal tip sınıflamasına göre; Ergene Nehri'nden alınan 20 akarsu çökel örneğinin 11 tanesi siltli kum biriminden oluşup, bölgede en yaygın olarak gözükten fasiyestir (Şekil 12). Siltli kum örneklerinde ortalama silt değeri %24.64, ortalama kil miktarı %62.42'dir. Bu birimde en yüksek kum (%65.33), silt (%37.49) ve kil (%74.88) değerleri sırasıyla M1, E2 ve E17 numaralı örneklerde tespit edilirken, en düşük kum

(%0.73), silt (%14.69) ve kil (%19.95) içeriği de sırasıyla E18, M1 ve M1 nolu örneklerde bulunmuştur.

### **3.2.2. Kumlu kil**

Çalışma alanında kumlu kil birimi üç ayrı yerde görölmektedir. Bunlar; Trakya Bölgesi Ergene Nehri'nin Çorlu Suyu Çerkezköy lokasyonundan alınan E1 örneği, ikincisi Ergene Nehri Ergene Dere İnanlı mevkiinden alınan E5 çökel örneği ve üçüncüsü de Ergene Nehri Sulucak Dere kolunun Evrensekiz lokasyonundan alınan E7 numaralı çökel örnekleridir. Bu numunelerde ortalama kum miktarı %33.39, ortalama kil miktarı ise %48.86'dır.

### **3.2.3. Killi kum**

Shepard (1954)'ün dokusal tip sınıflamasına göre Tunca Nehri T1 çökel örneği, Meriç Nehri M1 ve M3 örnekleri ve Ergene Nehri E4 çökellerinin killi kum olduğu belirlenmiştir. Bu birimde kil miktarı %19.95-35.11, kum miktarı da %51.50-65.33 aralığında değişmekte olup, ortalama kil ve kum değerleri sırasıyla %25.71 ve %61.21 dir. Killi kum birimindeki en yüksek kil değer E4 nolu istasyonda ölçölmüştür. Bu veri bize Tunca ve Meriç nehirleri ana kollarının gerek eğimlerinin gerekse enerji seviyelerinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu akarsuların, Ergene Nehri'ne kıyasla debilerinin ve akıllarının yüksek olması nedeniyle, ince taneli kil boyutu çökelleri Kuzey Ege Denizi'ne taşıdıkları tane boyutu verileri ile desteklenmektedir.

### **3.2.4. Kum silt kil**

Meriç ve Tunca nehirlerinin ana kollarından alınan 4 adet ve Ergene Nehri ile yan kollarından elde edilen 20 çökel örnekleri içerisinde sadece 5 numune Shepard'ın dokusal tip sınıflamasına göre kum silt kil birimi olarak adlandırılmaktadır. Kum silt kil birimli örneklere baktığımızda bu çökellerin tümü Ergene Nehri ve yan kollarından alınmıştır. Tane boyu içeriğine göre farklı boyut gruplarının yaklaşık eşit oranlarda bulunduğu bu birimlerde kum miktarı ortalama %28.56, silt miktarı ortalama %26.52 ve kil miktarı da ortalama %43.83 olarak bulunmuştur.

### 3.3. Dokusal Özellikler

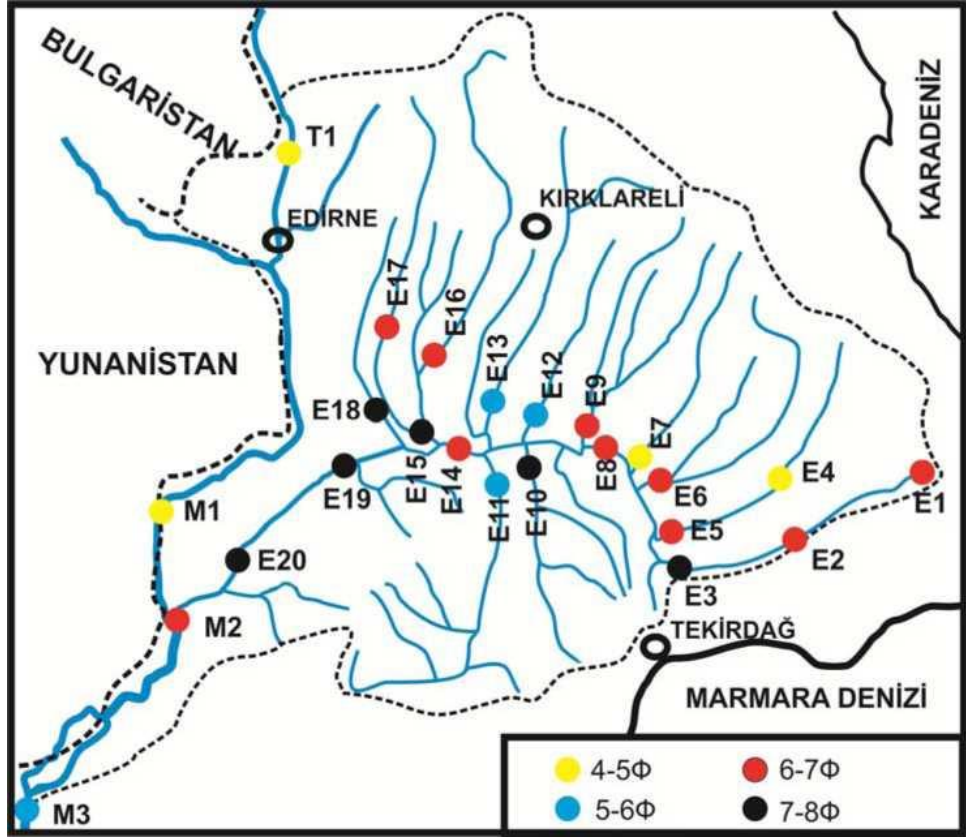
#### 3.3.1. Ortalama tane boyu (Mean)

Meriç, Ergene ve Tunca nehirlerinden elde edilen çökellerin tane boyu kümülatif yüzde dağılımlarından elde edilen veriler Tablo 20’de verilmiştir. Bu verilerden yararlanarak istatistiksel parametreler hesaplanarak Tablo 21’de gösterilmiştir. Bölgede ortalama tane boyu  $4.53\Phi$  ile  $8.00\Phi$  aralığında değişip, ortalama  $6.24\Phi$ ’dir. Wentword (1954) tane boyutu sınıflamasına göre çalışma alanı çökelleri silt boyutuna karşılık gelmektedir. Bölge ortalama tane boyutu dağılımına göre dört gruba ayrılmıştır (Şekil 13). Bu grupları kaba silt ( $4\Phi -5\Phi$ ), orta silt ( $5\Phi -6\Phi$ ), ince silt ( $6\Phi -7\Phi$ ) ve çok ince silt ( $7\Phi -8\Phi$ ) grupları oluşturmaktadır (Şekil 14). E4, E7, T1 ve M1 nolu örneklerde ortalama tane boyutu  $4\Phi$  ile  $5\Phi$  arasında değişmekte olup, bölgenin en kaba taneli grubunu oluşturur (Şekil 13). Çalışma alanında ortalama tane boyutuna göre orta silti; E11, E12, E13 ve M3, ince silti; E1, E2, E5, E6, E8, E9, E14, E16, E17 ve M2, çok ince silti de E3, E10, E15, E18, E19 ve E20 nolu çökel örnekleri temsil etmektedir. Folk ve Ward (1957) tane boyu istatistiksel parametreleri sınıflamasına göre ince tane boyulu malzemenin sayıca ve ağırlıkça yoğun olduğunu gösteren negatif simetrisizlik; E1-E3, E5-E6, E8-E20 ve M1-M3 örneklerinde tespit edilmiştir (Tablo 21). Tane boyutu istatistiksel parametrelerden bir diğerini tepelenme (Kurtosis) oluşturmakta ve tane boyu grupları arasındaki dağılım frekans farkını göstermektedir. Tepelenme; bir grubun diğerlerine göre daha çok veya onlara daha yakın miktarda toplandığını açıklar. Tepelenme değerlerinin Folk ve Ward (1957) göre 1.1’den düşük olması orta veya yassı tepelenme dağılımını göstermekte olup, bölgede E1, E2, E4-E7, E9, E12, E13, E15, E16, T1, M1-M3 nolu çökel örnekleri bu gruba girmektedir. E3, E8, E10, E11, E14 ve E17-E20 akarsu çökel örnekleri tanelerin belli grup veya gruplarda yoğunlaştığını gösteren sivri tepelenme dağılımı sunarlar (Tablo 21). Çökel örnekleri tane boyunun arttığı kesimlerde ortalama tane boyu düşmekte, tane boyunun incelendiği yerlerde ortalama tane boyu daha yüksek olmaktadır. Ortalama tane boyu çalışma alanında batimetrimin ve akarsu enerji koşullarından etkilenmektedir.

Tablo 20. 5, 16, 25, 50, 75, 84, 95 yüzdelere karşılık gelen tane boyları değerleri ( $\Phi$ )

Örnek No	5 $\Phi$	16 $\Phi$	25 $\Phi$	50 $\Phi$	75 $\Phi$	84 $\Phi$	95 $\Phi$
E1	0,9	2,2	3,0	8,0	8,9	9,2	9,7
E2	3,1	5,2	6,4	8,0	9,0	9,5	9,8
E3	5,0	7,3	7,8	8,6	9,0	9,5	9,8
E4	1,4	2,0	2,6	4,0	8,5	9,0	9,8
E5	2,0	2,8	3,5	7,0	8,9	9,4	9,8
E6	1,5	2,4	3,4	8,0	8,9	9,3	9,7
E7	1,3	2,0	2,4	3,3	8,2	9,0	9,8
E8	1,4	6,2	7,5	8,6	9,2	9,5	9,8
E9	3,1	3,8	5,2	8,0	8,9	9,3	9,7
E10	3,0	6,7	7,7	8,6	9,2	9,7	9,9
E11	0,1	2,6	6,1	8,4	9,0	9,4	9,8
E12	0,8	2,0	2,9	6,0	8,6	9,0	9,8
E13	0,1	2,2	3,0	6,7	8,5	9,0	9,7
E14	0,6	5,0	6,4	8,2	8,9	9,3	9,8
E15	5,2	6,0	6,8	8,5	9,0	9,5	9,8
E16	2,7	3,5	4,0	6,8	8,8	9,0	9,7
E17	1,5	6,0	7,7	8,7	9,3	9,5	9,8
E18	4,0	6,7	8,0	8,7	9,3	9,5	9,7
E19	5,0	6,8	7,7	8,7	9,0	9,6	9,8
E20	5,5	6,8	7,6	8,8	9,2	9,7	9,9
T1	2,0	2,5	2,8	3,6	6,0	8,7	9,4
M1	1,7	2,3	2,8	3,7	7,0	8,5	9,5
M2	2,0	3,7	6,0	8,2	9,0	9,4	9,8
M3	2,5	3,0	3,3	3,8	8,0	8,8	9,7





Şekil 13. Çalışma alanındaki çökellerin ortalama tane boyu dağılımı

### 3.3.2. Boylanma (Sorting)

Tane boyu dağılımının belli bir değer etrafında dar veya geniş bir aralık gösterme durumuna göre iyi boylanma veya kötü boylanma olarak yorumlanır. Folk ve Ward (1957) tane boyu istatistiksel parametre sınıflamasında boylanma değeri 0.35-0.50 arasında ise iyi, <0.35 ise çok iyi boylanma olarak sınıflandırılır (Tablo 13). Çalışma alanında boylanma değerleri -0.45 ile +0.48 arasında değişip ortalama +0.16'dır. Bölgede elde edilen akarsu çökel örneklerinden E1, E4, E5, E6, E7, E9, E12, T1, M1 ve M3 nolu numuneler iyi; E2, E3, E8, E10, E11, E13-E20, M2 nolu örnekler de çok iyi boylanma göstermektedir (Tablo 21). Özellikle kum oranının yüksek olduğu örneklerde boylanma iyi, kil oranının yüksek olduğu akarsu çökellerinde ise boylanma çok iyi görülmektedir.

Tablo 21. Tane boyutu istatistiksel değerlerinin dağılımı

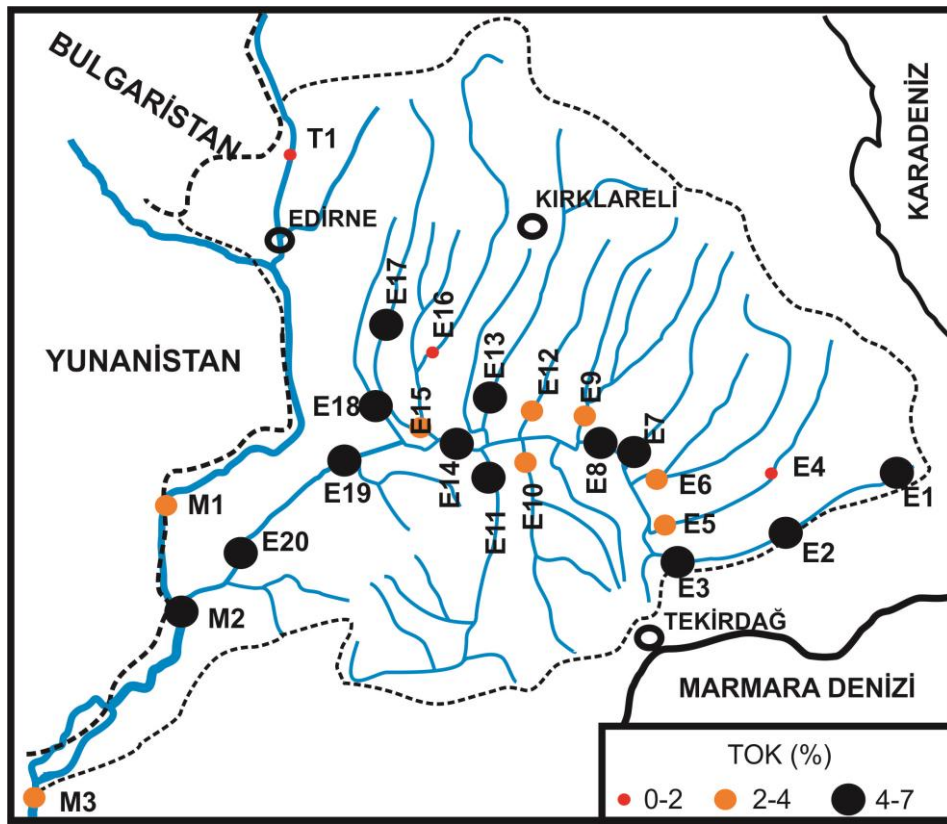
Örnek No	Ortalama tane boyu	Boylanma	Simetrisizlik	Tepelenme
E1	6,03	0,42	-0,23	0,61
E2	6,87	0,06	-0,67	1,06
E3	7,70	-0,18	-2,12	1,64
E4	4,80	0,48	-0,10	0,58
E5	6,13	0,47	-0,16	0,59
E6	6,27	0,48	-0,18	0,61
E7	4,53	0,46	-0,08	0,60
E8	6,50	-0,45	-1,58	2,03
E9	6,80	0,38	-0,24	0,73
E10	7,10	-0,30	-1,62	1,89
E11	5,97	0,23	-0,37	1,37
E12	5,27	0,39	-0,19	0,65
E13	5,27	0,25	-0,29	0,72
E14	6,03	-0,32	-1,02	1,51
E15	7,73	0,18	-0,58	0,86
E16	6,17	0,31	-0,26	0,60
E17	6,57	-0,38	-1,44	2,13
E18	7,40	-0,16	-1,58	1,80
E19	7,77	-0,03	-1,29	1,51
E20	8,00	0,06	-1,03	1,13
T1	4,77	0,43	-0,09	0,95
M1	4,63	0,37	-0,12	0,76
M2	6,53	0,24	-0,39	1,07
M3	5,03	0,36	-0,13	0,63

### 3.4. Akarsu Çökellerinin Jeokimyasal Özellikleri

#### 3.4.1. Toplam organik karbon dağılımı

Organik karbon dağılımı; çökelin çökeltme ortamları, su kolonu koşulları ve çökel tarafından tutulan kirleticiler hakkında bilgi vermesi nedeni ile ölçülmesi gereken önemli bir parametredir. Metaller çökeltde organik maddeye tutunarak ve/veya organik maddedeki karbon atomuna bağlanarak organo metal bileşimini oluşturmak sureti ile zenginleşirler. Özellikle Cu ve Zn ve daha az derecede Ni ve Pb elementlerini biriktirme eğilimi gösterir.

Çalışma alanında organik karbon değeri %0.96 ile %6.80 arasında değişir (Tablo 22). Ortalama organik karbon içeriği ise %4.1' dir. Yüksek organik karbon (>%4) içeriği E1-E3, E7, E8, E11, E13, E14 E17-E20 ve M2 nolu istasyonlarda tespit edilmiştir (Tablo 22, Şekil 14). Çalışma alanındaki akarsu çökellerinde antropojenik organik madde içeriği; evsel, tarım (bitki, yaprak ve bitki parçacıkları) ve sanayi tesislerinden (gübre, tekstil, deri, yem, yağ, salça, tavuk ve benzeri) gelen organik atıklardan oluşur. Residual organik madde ise çökelin mineral yapısına bağlıdır.

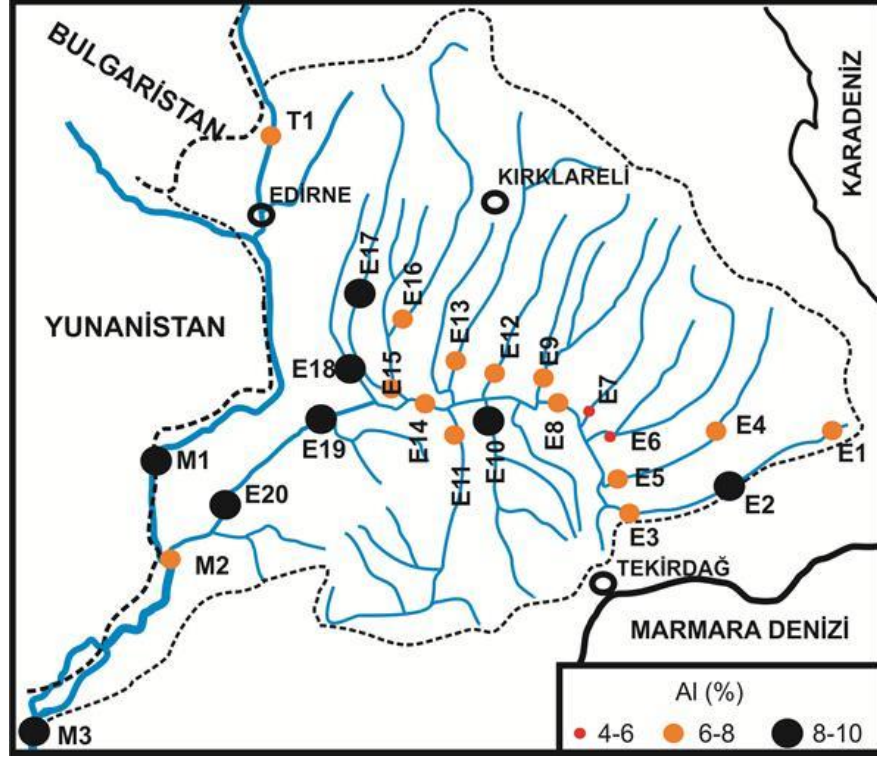


Şekil 14. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Toplam Organik Karbon TOK (%) dağılımı

### 3.4.2. Alüminyum dağılımı

Trakya Bölgesi'ndeki Meriç, Tunca ve Ergene nehirlerinden alınan toplam 24 adet çökel örneklerinde Al konsantrasyonu %4,06 ile %9,61 aralığında ölçülmüştür (Tablo 22). Çalışma alanındaki Al konsantrasyonları tespit edilen 24 numunenin ortalama Al değeri %7,48 olarak hesaplanmıştır. Al miktarı en düşük olarak Sulucak Dere'nin Evrensekiz

lokasyonundan alınan E7 nolu örnekte, en yüksek olarak da Ergene Nehri Uzunköprü civarında alınan E19 numaralı istasyonda tespit edilmiştir. Çalışma alanı Al içeriğine göre 3 gruba ayrılmıştır (Şekil 15).



Şekil 15. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Al (%) dağılımı

Birinci grubu Al içeriğinin düşük (%4-6) olduğu E6 ve E7 numaralı istasyonlar temsil ederken, ikinci grubu Al miktarının %6-8 arasında değiştiği E1, E3-E5, E8, E9, E11-E16, M2 ve T1 numaralı çökel örnekleri oluşturmaktadır. E2, E10, E17-E20, M1 ve M3 nolu istasyonlarda Al konsantrasyonu yüksek (>%8) olup, üçüncü grubu oluşturmaktadırlar (Şekil 15). Bu dağılımda dikkati çeken en önemli özellik Al miktarının Ergene Nehri batısına doğru gidildikçe artmasıdır. Alüminyumun şeyl ortalaması %8 'dir (Krauskopf, 1985).

Tablo 22. Çalışma alanı çökellerinin TOK, Al, Fe, Mn, As, Cr, Cu, Ni, Pb, V ve Zn miktarı dağılımı

Örnek No	TOK	Al	Fe	Mn	As	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
	(%)			ppm							
E1	5.35	7.68	2.29	224	37	221	33	34	99	716	93
E2	6.68	8.17	3.55	458	52	304	98	60	106	966	334
E3	6.80	7.73	3.26	235	32	190	103	77	96	637	192
E4	0.96	6.31	1.77	318	14	122	26	35	94	346	74
E5	2.83	7.13	2.52	430	36	218	48	65	124	705	119
E6	3.54	5.93	2.10	432	31	168	203	54	91	539	139
E7	5.78	4.06	1.44	133	27	174	38	51	77	425	94
E8	6.58	7.24	2.96	234	20	149	138	85	101	390	385
E9	3.28	6.61	2.21	211	23	142	33	59	85	380	106
E10	2.51	8.34	3.96	519	13	98	48	155	81	306	162
E11	4.23	7.12	3.14	469	25	162	40	124	88	440	109
E12	3.80	6.57	2.26	246	17	115	54	65	110	318	189
E13	5.81	6.09	1.40	188	13	101	23	19	91	271	126
E14	6.58	7.09	2.87	341	11	95	121	87	99	258	349
E15	3.46	7.96	3.30	332	31	171	63	108	97	551	170
E16	1.80	7.41	2.51	431	30	169	23	23	96	563	84
E17	5.40	9.13	3.43	207	30	163	51	44	103	559	192
E18	4.27	8.96	3.58	865	28	157	43	68	103	545	127
E19	4.22	9.61	4.18	370	22	164	76	116	112	536	388
E20	4.80	8.79	3.96	321	16	120	76	129	102	457	229
T1	1.13	7.74	2.12	359	27	196	37	27	97	450	128
M1	3.15	8.43	3.21	492	21	169	75	48	145	361	374
M2	4.40	7.35	3.13	304	19	155	61	99	103	415	187
M3	2.41	8.24	2.67	324	22	171	41	51	105	466	188
Ortalama	4.16	7.48	2.82	352	25	162	65	70	100	483	189
Shale Ortalaması		8.00	4.70	850	6.6	100	57	95	20	130	80

Ölçümü yapılan bütün Al değerlerinin ortalama konsantrasyonu (%7,45) şeyl ortalamasının altında iken; E2(%8,17), E10(%8,34), E17(%9,13), E18(%8,96), E19(%9,61), E20(%8,79), M1(%8,43) ve M3 (%8,24) nolu çökel örneklerinde Al miktarı şeyl ortalamasının üzerindedir. Alüminyum Toplam Organik Karbon (TOK), kum, silt, kil ve diğer metallerle aralarındaki korelasyon katsayıları hesaplanarak Tablo 23’de verilmiştir. Buna göre Alüminyum; bakır ( $r=-0,01$ ), TOK (-0,17) ve kumla (-0,42) negatif korelasyon katsayısı gösterirken, demirle pozitif güçlü, diğer metaller, silt ve kil ile de normal veya zayıf pozitif bir ilişki gösterir (Tablo 23). Alüminyum değerleri Saros Körfezi çökellerinde ortalama %5.7 (Sarı ve Çağatay, 2001), Marmara Denizi güney şelfi %7.1 (Algan v.d., 2004), Marmara Denizi Kuzey şelfte %5.7 (Algan v.d., 2004) ve Kocasu Nehri çökellerinde %6.8 (Sarı, 2008) olarak bulunmuştur (Tablo 24).

Tablo 23. Ölçümü yapılan elementlerin birbirleriyle, TOK ve tane boyu içerikleriyle korelasyonu

	Al	Fe	Mn	As	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	TOK	Kum	Silt
Al	1												
Fe	0,86	1											
Mn	0,45	0,45	1										
As	0,17	0,17	0,12	1									
Cr	0,20	0,21	0,06	0,95	1								
Cu	-0,01	0,20	0,05	0,14	0,10	1							
Ni	0,37	0,72	0,22	-0,15	-0,09	0,21	1						
Pb	0,47	0,30	0,26	0,08	0,15	0,09	-0,12	1					
V	0,30	0,25	0,18	0,97	0,95	0,11	-0,13	0,19	1				
Zn	0,45	0,55	0,04	-0,05	0,06	0,53	0,31	0,52	0,01	1			
TOK	-0,17	-0,07	-0,24	-0,01	0,13	0,32	-0,14	-0,04	0,14	0,30	1		
Kum	-0,42	-0,26	-0,31	-0,08	0,09	-0,19	-0,03	-0,10	-0,08	-0,14	-0,45	1	
Silt	0,13	0,15	0,12	0,18	0,06	0,13	-0,05	0,10	0,17	0,18	0,27	-0,70	1
Kil	0,25	0,25	0,33	0,01	-0,14	0,17	0,07	0,07	0,03	0,09	0,45	-0,94	0,41

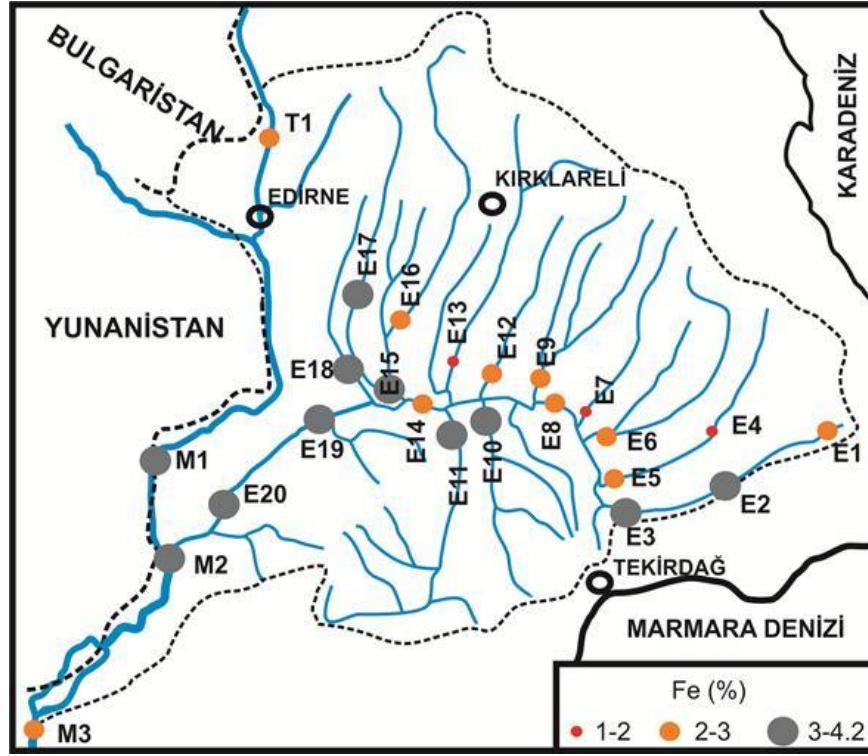
Tablo 24. Ortalama metal içeriğinin diğer nehirlerle, yakın çevredeki deniz ve şeyl değerleri ile karşılaştırılması

	Al %	Fe %	Mn ppm	As ppm	Cr ppm	Cu ppm	Ni ppm	Pb ppm	V ppm	Zn ppm
Bu çalışma	7,5	2,8	352	25	162	65	70	100	483	189
Saros Körfezi (Sarı ve Çağatay, 2001)	5,7	2,8	451	-	-	19	60	22	-	73
Çanakkale Boğazı (İlgar ve Sarı, 2008)	4,0	1,9	545			17	36	29		148
İstanbul Boğazı (Okay v.d., 2008)	4,1	2,7	337	9,5	79	57	30	92	81	128
Marmara Denizi güney şelf (Algan v.d., 2004)	7,1	4,0	504		125	31	67	35		131
Marmara Denizi kuzey şelf (Algan v.d., 2004)	5,7	2,9	300		130	28	56	29		84
Biga Nehri (Sarı, 2008)	7,8	4,6	1138	-	776	46	92	33	-	150
Büyük Menderes Nehri (Akçay v.d., 2003)	-	1,9	388	-	165	137	315	54	-	120
Dicle Nehri (Varol v.d., 2012)				6,0	136	1258		380		510
Gediz Nehri (Akçay v.d., 2003)	-	2,6	510	-	200	140	106	128	-	160
Gönen Nehri (Sarı, 2008)	8,3	4,2	820	-	2036	53	40	66	-	112
Kocasu Nehri (Sarı, 2008)	6,8	3,6	1079	-	142	42	132	43	-	133
Nilüfer Çayı (Sarı, 2008)	5,4	3,3	603	-	462	113	146	33	-	1117
Nil Nehri (Rifaat, 2005)	-	-	2810	-	274	81	112	23	-	221
Odiel Nehri, İspanya (Morillo v.d., 2002)				-	80	1282		649		954
Tuna Nehri (Woitke v.d., 2003)	-	-	1655	388	557	8088	173	542	-	2010
Yangtze Nehri, Çin (Yang v.d., 2009)				30	205	129	-	98	-	1142
Şeyl ortalaması (Krauskopf, 1985)	8,0	4,7	850	6,6	100	57	95	20	130	80

### 3.4.3. Demir dağılımı

Demir yer kabuğunun kimyasal bileşiminde bulunan majör elementlerden birisidir. Ergene, Meriç ve Tunca nehirlerinden alınan çökel örneklerinde Fe konsantrasyonları %1.40 ile %4.18 arasında değişmektedir (Tablo 22). Ortalama demir değeri %2.82 dir. En yüksek yoğunlaşma Ergene Nehri Uzunköprü yakınlarından alınan E19 nolu istasyonda, en düşük konsantrasyon Ergene Nehri Babaeski yakınlarındaki Şeytan Deresi'ndeki E13 nolu örnekte tespit edilmiştir. Ergene, Tunca ve Meriç nehirlerinin çökellerinden alınan örnekler demir içeriğine göre 3 tür sınıflamaya ayrılmıştır (Şekil 16). Ergene Nehri kuzey kollarından E4 (%1.77), E7 (%1.44) ve E13 (%1.40) nolu örneklerde Fe oranı %1-2 aralığındadır (Şekil 16).

Ergene Nehri E1, E5, E6, E8, E9, E12, E14, E16, M3 ve T1 nolu örneklerinde demir miktarı %2-3 arasındadır. Bu grupta demir miktarı en fazla Ergene Nehri Eskibedir lokasyonundan alınan E8 nolu istasyonda, en düşük ise %2.10 ile Ergene Nehri Anaçay istasyonundan elde edilen E6 numaralı çökel örneğinde ölçülmüştür (Tablo 22).



Şekil 16. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Fe (%) dağılımı

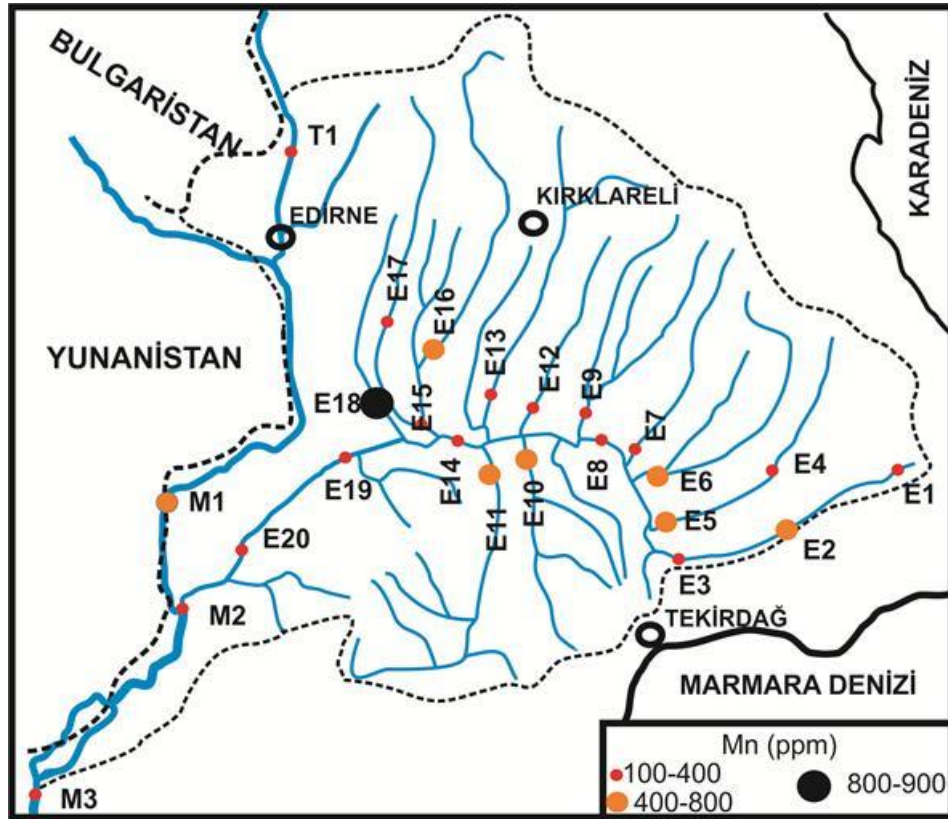
Çalışma alanında özellikle Ergene Nehri doğusu (E2 ve E3) ve batısı (E10, E11 ve E15-E20) ile Meriç Nehri ana kolundan alınmış örneklerde (M1 ve M2) demir oranının yüksek (>%3) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 16 ve Tablo 22). Çalışma alanı çökellerindeki Fe içeriğini şeyl ortalaması ile karşılaştırdığımızda bütün örneklerin Fe içeriğinin şeyl ortalamasının altında olduğu görülür (Tablo 22). Bu durumda çalışma alanı örneklerinde Fe zenginleşmesinden söz etmek doğru değildir. Demirin Toplam Organik Karbon (TOK), kum, silt, kil ve diğer metallere olan ilişkisi Tablo 23’de verilmiştir. Buna göre demir; Al ve Ni ile pozitif güçlü; silt, kil ve diğer elementlerle normal pozitif; kum ve Toplam Organik Karbon (TOK) ile negatif korelasyon katsayısı gösterir (Tablo 23). Yakın çevredeki çökel



örneklerinde ortalama Fe içeriği; İstanbul boğazında %2,7 (Okay v.d., 2008), Saros körfezinde %2.8 (Sarı, 2001), Güney Marmara şelfinde %4 (Algan v.d., 2004), Kocasu Nehri %3.6 (Sarı, 2008), Nilüfer Çayı %3,3 (Sarı, 2008) ve Kuzey Marmara şelfi %2.9 (Algan v.d., 2004), Gediz Nehri (Akçay v.d., 2003) %2,6 ve Büyük Menderes Nehri (Akçay, v.d., 2003) %1,9 olarak belirlenmiştir (Tablo 24).

#### 3.4.4. Manganez dağılımı

Atom numarası 25 ağırlığı, 54.9 g/mol olan manganez elementi doğada, Mn(II)+, Mn(III)+ ve Mn(IV)+ olarak minerallerde ve sulara bulunur. Ergene, Tunca ve Meriç Nehri çökellerinde Mn konsantrasyonları 133 ppm ile 865 ppm arasında değişmektedir (Tablo 22).



Şekil 17. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Mn (ppm) dağılımı

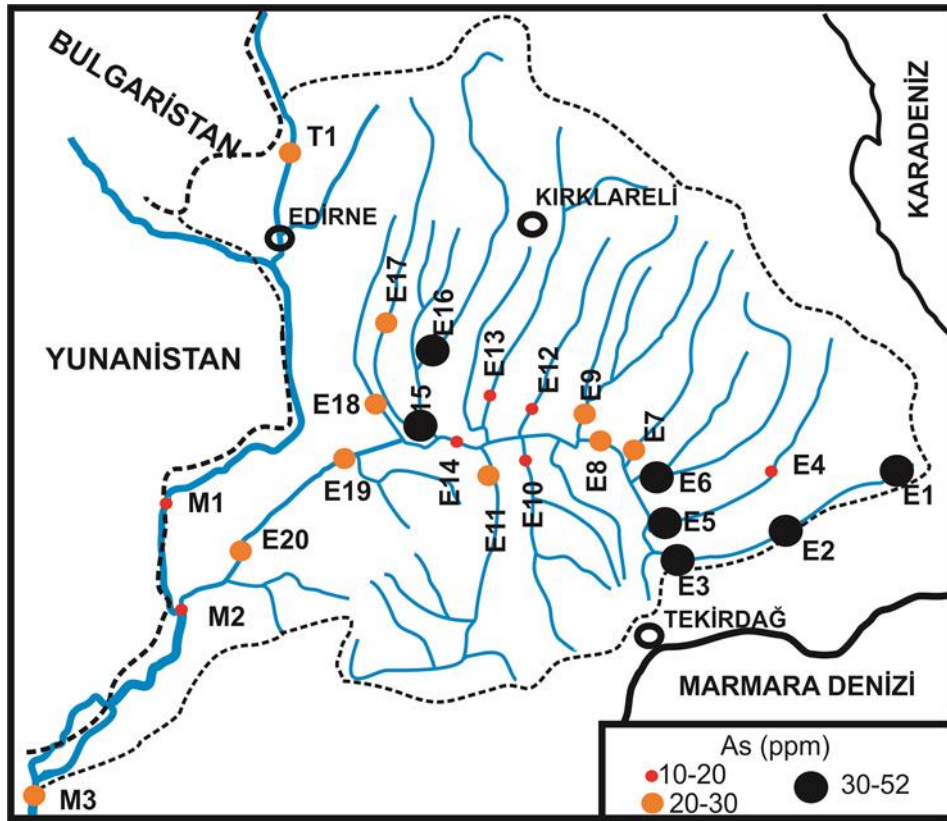
Krauskopf (1985)' e göre şeyllerde ortalama Mn değeri 850 ppm olarak ifade edilmekte olup, çalışma alanında sadece E18 nolu akarsu çökel örneğinde 850 ppm değeri aşılmaktadır.

Bölgede 24 çökel örneğinde ölçülen Mn değerlerinin aritmetik ortalaması 352 ppm olarak hesaplanmıştır. Mn içeriği açısından bölge üç gruba ayrılmıştır. Buna göre; E1, E4, E7-E9, E12-15, E17, E19, E20 T1, M2 ve M3 nolu örnekler birinci grubu; E2, E5, E6, E10, E11, E16 ve M1 akarsu çökelleri ikinci grubu; E18 nolu istasyon üçüncü grubu temsil etmektedir (Şekil 17). Bu grupların Mangan değerleri sırasıyla 100-400, 400-800 ve 800-900 ppm aralığında değişmektedir. Manganın; Toplam Organik Karbon (TOK), kum, silt, kil ve diğer metallerle aralarındaki korelasyon katsayıları hesaplanarak Tablo 23’de verilmiştir. Buna göre Mn TOK (-0,24) ve kumla (-0,31) negatif korelasyon katsayısı gösterirken; diğer metaller, silt ve kil ile de normal veya zayıf pozitif bir ilişki gösterir (Tablo 23). Ergene, Meriç ve Tunca nehirlerinden elde edilen 24 akarsu çökel örneklerinde Mn ortalaması 352 ppm olup, bu değer Kocasu Nehri, Gönen Nehri, Biga Nehri (Sarı, 2008), Saros Körfezi (Sarı ve Çağatay, 2001), Marmara Denizi Güney şelfi (Algan v.d., 2004), Çanakkale Boğazı (İlgar ve Sarı, 2008), Büyük Menders (Akçay, v.d., 2003), Gediz Nehri (Akçay, v.d., 2003), Nil Nehri (Rifaat, 2005), Tuna Nehri (Woitke v.d., 2003) çökellerindeki Mn değerlerinden küçük, Marmara Denizi Kuzey şelfi (Algan v.d., 2004) ve İstanbul Boğazı (Okay v.d., 2008) çökelleri Mn konsantrasyonu ortalamasından büyüktür (Tablo 24).

#### **3.4.5. Arsenik dağılımı**

Doğada arsenoprit olarak, antropojenik olarak da fosil yakıtlarında, metal alaşımlarının sertleştirilmesinde, yarı iletkenlerde, cam, boya, böcek ve haşere öldürücü ilaçların yapımında kullanılan arsenik çok zehirleyici bir metaldir. Meriç, Tunca ve Ergene Nehri çökellerinde analiz edilen metallerden As konsantrasyonu Şekil 18 ve Tablo 22’ de verilmiştir. Bu tabloya göre en yüksek As değeri (52 ppm) Çorlu ilçesini drene eden Çorlu Suyu deresinden alınan E2 numaralı istasyonda, en düşük (11 ppm) Ergene Nehri ana kolu Kadriye köyü lokasyonundan elde edilen E14 numaralı çökel örneğinde tespit edilmiş olup, ortalama 25 ppm’dir. Bu değer şeyl birimindeki ortalama As konsantrasyonundan (6,6 ppm, Krauskopf 1985) yaklaşık 3.8 kat daha fazladır. Örneklerdeki As konsantrasyonu içeriğine göre çalışma alanı Şekil 18’de görüldüğü gibi 3 ayrı gruba ayrılmıştır. Bu şekilde göre Ergene Nehri’ne Çorlu, Çerkezköy, Ergene, Anaçay ve Teke derelerinden daha çok arsenik taşındığı görülmektedir. As ile Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn, TOK, kum, silt ve kil arasındaki ilişki Tablo 23’de gösterilmiştir. Bu verilere göre As ile Cr ve V güçlü pozitif ( $r > 0,94$ ); Al,

Fe, Mn, Cu, Pb, silt ve kil ile zayıf pozitif; Ni, Zn, TOK ve kum ile de negatif korelasyon katsayısı gösterir (Tablo 23). Arseniğin terrijen kaynağın göstergesi olan Al ile zayıf pozitif korelasyon vermesi, akla antropojenik zenginleşmenin daha baskın olduğunu getirir.. Çalışma alanındaki As ortalaması İstanbul Boğazı (Okay v.d., 2008), Çanakkale Boğazı (Çağatay v.d., 2006), Gemlik Körfezi (Çağatay v.d., 2006) Dicle Nehri (Varol v.d., 2012) ve Tekirdağ çukurluğu (Yiğit, 2006) çökel örneklerindeki As ortalamalarına göre daha yüksektir (Tablo 24). Bu kıyaslama bize çalışma alanında As kirliliğinin olduğuna işaret etmektedir.

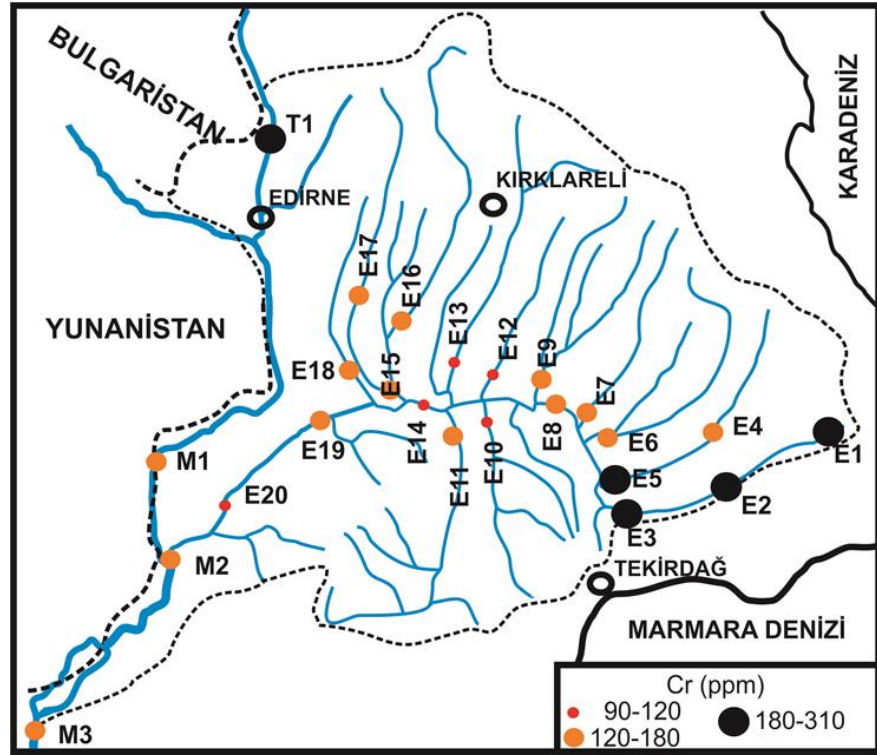


Şekil 18. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde As (ppm) dağılımı

### 3.4.6. Krom dağılımı

Krom sanayi ve endüstrinin vazgeçilmez metallere biridir. Deri tabaklama işleminde, paslanmaz çelik yapımında, renk maddesi ve kuru pil yapımında kullanılır. Ayrıca konvansiyonel silahların üretimi, denizaltı, gemi, otomotiv ve uçak sanayi gibi birçok sektörlerde krom alaşımlı çelikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışılan 24 örnekte Cr

ortalaması 162 ppm olup, 95 ppm ile 304 ppm arasında değişmektedir (Şekil 19 ve Tablo 22). Bölgede minimum krom içeriği Ergene Nehri Kadriye lokasyonundan alınan E14 nolu örnekte tespit edilirken, en yüksek değer Ergene Nehri Çorlu Suyu'ndan elde edilen E2 numaralı istasyonda tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki çökel örnekleri krom içeriğine göre 3 gruba ayrılmıştır (Şekil 20). E10, E12-E14 ve E20 çökelleri birinci grubu temsil etmekte olup, krom konsantrasyonu 120 ppm'den daha düşüktür. Krom içeriği 120-180 ppm arasında değişen ikinci grup çökel örnekleri E4, E6-E9, E11, E15-E19, M1, M2 ve M3 istasyonlarından oluşur (Şekil 19).



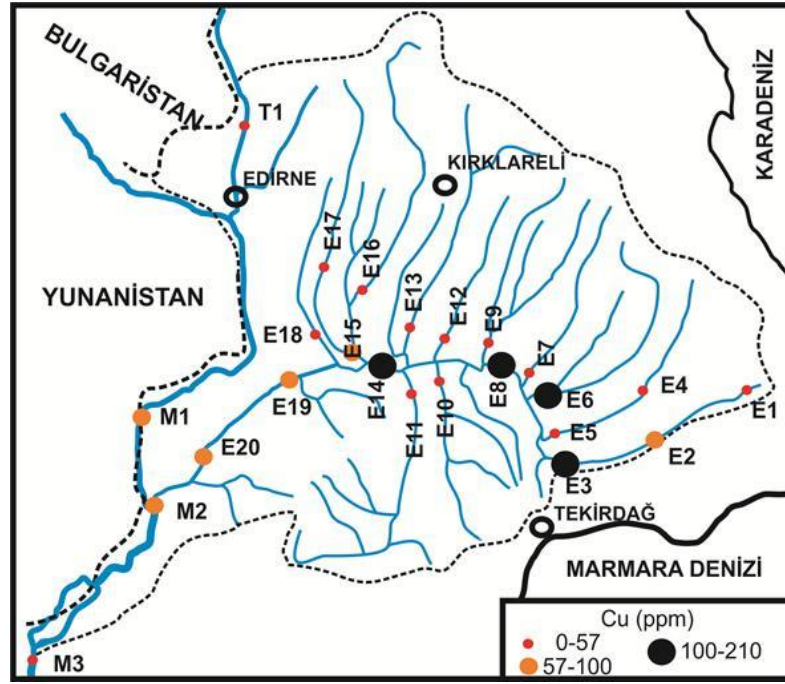
Şekil 19. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Cr (ppm) dağılımı

Ergene Nehri çökellerinde en yüksek (180-310 ppm) krom değeri üçüncü grubu oluşturmakta olup, Çorlu Suyu (E1-E3), Ergene Dere (E5) ve Tunca Nehri (T1) çökel örneklerini içermektedir. Ölçümü yapılan 24 akarsu çökel örneği şeyl ortalaması (100 ppm, Krauskopf 1985) 1 ile 30 katı arasında değişen değerlere sahiptir. Cr değerleri As ( $r = 0.95$ ) ve V ( $r = 0.95$ ) ile güçlü pozitif, Al, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, TOK, kum ve silt ile normal veya zayıf pozitif, Ni ( $r = -0.09$ ) ve kil ( $r = -0.14$ ) ile de negatif korelasyon katsayısı verir (Tablo

23). Kromun çalışma alanı akarsu çökellerinde As ve V metalleriyle birlikte hareket ettiği görülmüştür. Başka bir anlatımla, bu metallerin ortak bir kökenleri bulunmaktadır. Nilüfer Çayı, Biga Nehri, Gediz Nehri, Gönen Nehri, Nil Nehri, Tuna Nehri ve Yangtze Nehri'nin krom kirliliğinin Ergene Nehri'ne göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 24).

#### **3.4.7. Bakır dağılımı**

Çalışma alanı akarsu çökellerinde analiz edilen metallere Cu konsantrasyonu Şekil 20 ve Tablo 22'de verilmiştir. Bu tabloya göre; en yüksek Cu değeri (203 ppm) olarak Ergene Nehri Anaçay kolu Büyükkarıştıran mevkiinde alınan E6 numaralı örnekte, en düşük bakır değeri (23 ppm) ile Ergene Nehri yan kollarından Şeytan Dere (E13) ve Teke Dere (E16) çökel örneklerinde tespit edilmiştir. Ölçümü yapılan 24 numunenin ortalama bakır değeri 54 ppm olarak bulunmuştur. Çalışma alanı bakır miktarı içeriğine göre üç ayrı gruba ayrılmıştır (Şekil 20). Bakır içeriğinin şeyl ortalamasından (57 ppm, Krauskopf 1985) düşük olduğu birinci grup E1, E4, E5, E7, E9-E13, E16-E18, T1 ve M3 nolu örnekleri içermektedir. İkinci grubu ise Cu içeriğinin 57-100 ppm arasında değiştiği E2, E15, E19, E20, M1 ve M2 örnekleri oluşturmaktadır. Ergene Nehri ve yan kollarında bakır miktarının daha yüksek (> 100 ppm) olduğu Muratlı (E3), Büyükkarıştıran (E6), Eskibedir (E8) ve Kadriye (E14) istasyonları ise üçüncü grubu temsil etmektedir. Meriç Nehri'nin Ege Denizi'ne döküldüğü bölümde de bakır değeri 47 ppm olup diğer sonuçlara göre oldukça düşüktür. Bakırın diğer metaller, Toplam Organik Karbon (TOK) ve tane boyu ile yapılan korelasyon katsayısı (r) hesabı Tablo 23'de gösterilmiştir. Bu tabloya göre bakır en güçlü pozitif korelasyonu Zn (+0,53) ile gösterirken Al ve kum ile negatif korelasyon vermektedir. Al, kilin kimyasal bileşiminde olan önemli bir metal olup ortam yorumlamalarında terrijen getirimleri gösteren önemli bir veridir. Buna göre çalışma alanında Cu içeriğinin daha çok antropojenik kaynaklardan beslendiği görülmektedir. Ergene Havzası ortalama bakır içeriğini çevre denizel ve akarsu ortamları ile kıyasladığımızda; çalışma alanı Saros Körfezi (Sarı ve Çağatay, 2001), Çanakkale Boğazı (İlgar ve Sarı, 2008), Marmara Denizi güney ve kuzey selfi (Algan v.d., 2004), İstanbul Boğazı (Okay v.d., 2008), Kocasu, Gönen ve Biga nehirlerine (Sarı, 2008) göre daha çok, Nilüfer Çayı, B. Menderes, Dicle, Gediz, Nilüfer, Nil, Odiel, Tuna ve Yangtze nehirlerine göre de daha az bakırca kirlendiği görülür (Tablo 24).

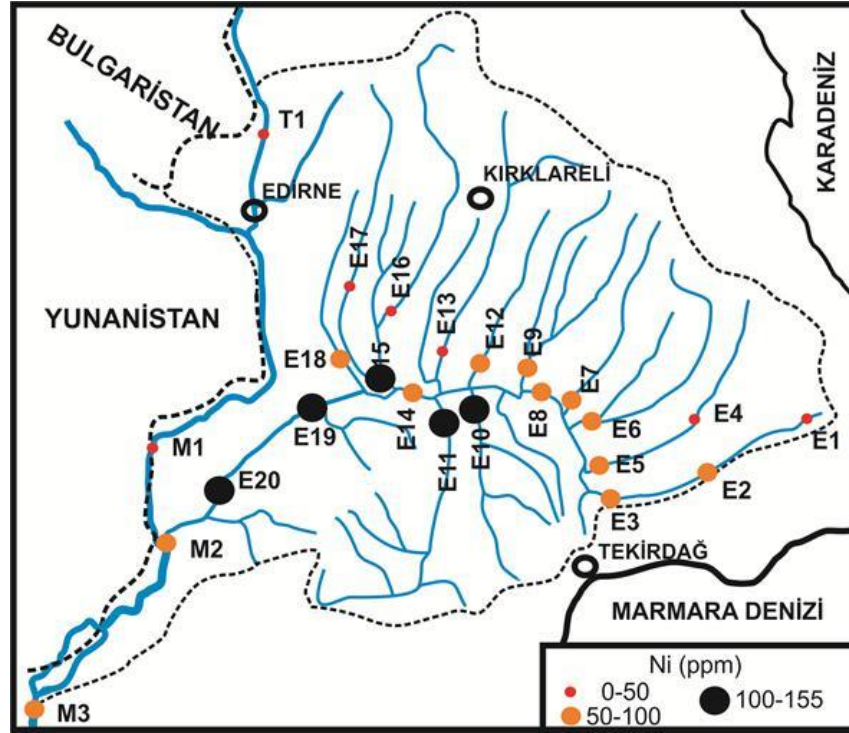


Şekil 20. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Cu (ppm) dağılımı

### 3.4.8. Nikel dağılımı

Nikel yer kabuğunda başlıca; nikelin, kloantit, pendlandit, millerit, annabergit ve garnierit minerallerinde bulunur. Endüstri ve sanayinin vazgeçilmez metallere biridir. Meriç, Tunca ve Ergene nehirlerinde çalışılan 24 akarsu çökel örneklerinde Ni konsantrasyonu 19 ppm ile 155 ppm arasında değişmekte ve ortalama 70 ppm'dir (Şekil 21 ve Tablo 22). Nikel değişimine göre bölgeye bakacak olursak; en yüksek nikel değeri Ergene Nehri'nin yan kollarından olan Beşiktepe Dere'sinden alınan E10 nolu istasyonda, en düşük nikel değeri ise Babaeski yerleşim merkezini direne eden Ergene Nehri yan kollarından olan Şeytan Dere'si E13 nolu çökel örneğinde tespit edilmiştir. Havzada ayrıca düşük Ni değerleri (<50 ppm) E1, E3, E4, E13, E16, E17, T1 ve M1 nolu örneklerde ölçülmüştür (Tablo 22). Ergene Havzası'nın doğu ve orta kesimlerinde nikel miktarı çoğunlukla 50-100 ppm arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 21). Bu değerler ayrıca Meriç Nehri M2 ve M3 nolu çökel örneklerinde de tespit edilmiştir (Şekil 21). Bölgede Nikelin ortalama konsantrasyonu şeyl ortalamasının (95 ppm, Krauskopf 1985) altında olmasına rağmen, E10 (155 ppm), E11 (124 ppm), E15 (108 ppm), E19 (116 ppm), E20 (129 ppm) ve M2 (99 ppm) numaralı istasyonlardaki nikel değerleri şeyl ortalamasının 1.1 ile 1.6 katı arasında değişen miktarlarda

zenginleştığı tespit edilmiştir (Tablo 22). Ni ile Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, V, Zn, TOK, kum, silt ve kil ile aralarındaki korelasyon katsayıları (r) sırasıyla; (+) 0.37, (-) 0.15, (-) 0.09, (+) 0.21, (+) 0.72, (+) 0.22, (-) 0.12, (-) 0.13, (+) 0.31, (-) 0.14, (-) 0.03, (-) 0.05 ve (+) 0.07' dir. Bu veriler bize nikelin çalışma alanında demir ile birlikte hareket ettiğini göstermektedir (Tablo 23). Komşu denizel ve akarsu çökellerinde Ni konsantrasyonu ortalamalarını karşılaştırdığımızda; Ergene Nehri ve yan kollarının Saros Körfezi (Sarı ve Çağatay, 2001), Marmara Denizi Güney ve Kuzey Şelfi (Algan v.d., 2004), İstanbul Boğazı (Okay v.d., 2008), Çanakkale Boğazı (İlgar ve Sarı, 2008) ve Gönen Nehrine göre Ni kirliliğinin daha fazla; olduğu görülmektedir (Tablo 24).



Şekil 21. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Ni (ppm) dağılımı

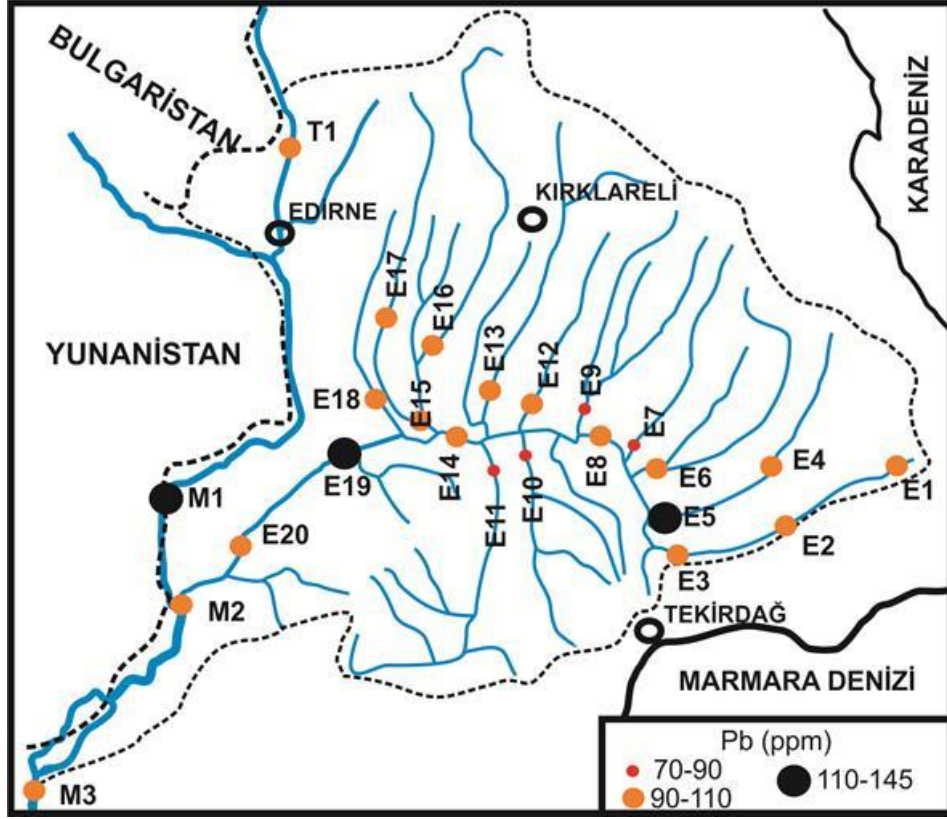
### 3.4.9. Kurşun dağılımı

Kurşun, yumuşak ve işlenebilir olması, korozyona dayanıklılığı ve düşük ergime sıcaklığı (327°C) nedeniyle son beş bin yıldır değişik metal eşya ve gereçlerin yapımında kullanılmıştır. Kurşun-kalay alaşımli kaplar, seramik sırları, böcek ilaçları, aküler, eski

evlerde kurşun tesisatlı borular, kurşunlu benzin ve boya maddelerinde kullanılan metallere aittir. Bütün bunların yanı sıra endüstriyel olarak kuyumculuk sektöründe altın rafinasyonu ve geri kazanımı sırasında önemli oranda kurşunun oksit halinde atmosfere ve doğaya bırakılmasına neden olmaktadır. Sanayide kullanılan önemli metallere aittir olan kurşun yer kabuğunda başlıca; galen, serüsit ve anglezit minerallerinde bulunur.

Çalışma alanında kurşun miktarı 77-145 ppm arasında değişmekte olup, ortalama kurşun değeri 100 ppm olarak hesaplanmıştır (Tablo 22). Çalışılan 24 akarsu çökel örneğinde en düşük kurşun içeriği Ergene Nehri'nin Sulucak Dere Evrensekiz beldesindeki E7 numaralı örneğinde ölçülmüştür. Kurşunun çalışma alanındaki bölgesel dağılımını incelediğimizde; Ergene Havzası çökel örneklerinde Pb içeriğine göre düşük kurşun konsantrasyonları (<90 ppm) E7 (77 ppm), E9 (85 ppm), E10 (81 ppm) ve E11(88 ppm) nolu istasyonlarda tespit edilmiştir. Bölgenin çoğunda kurşun değerleri 90-110 ppm arasında ölçülmüş olup aşağıdaki şekilde ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Şekil 22). Çalışma alanında yüksek kurşun değerleri (>110 ppm) 3 farklı örnekte (E5, E19 ve M1) belirlenmiştir. Bu grupta en yüksek kurşun değeri Meriç Nehri M1 nolu çökel örneğinde 145 ppm olarak ölçülmüştür (Tablo 22). Tunca, Meriç ve Ergene Nehri çökellerinde Pb değerleri şeyl ortalamasının (20 ppm, Krauskopf 1985) 3.8 ile 7.2 katı arasında değişen miktarlarda zenginleştiği görülür (Tablo 22). Pb ile diğer metaller, TOK, kum, silt ve kille aralarındaki korelasyon katsayıları Tablo 23'de gösterilmiş olup, en yüksek korelasyonlar Zn ( $r=0,52$ ) ve Al ( $r=0,47$ ) metalleriyle verirken Ni, TOK ve kum ile negatif korelasyon gösterir. Çalışma alanına yakın denizel ve akarsu çökellerinde ortalama kurşun değerleri; Saros Körfezi 22 ppm (Sarı ve Çağatay, 2001), Çanakkale Boğazı 29 ppm (İlgar ve Sarı, 2008), Marmara Denizi Kuzey şelfi 29 ppm (Algan v.d., 2004); Marmara Denizi güney şelfinde 35 ppm (Algan v.d., 2004), İstanbul Boğazı (Okay v.d., 2008), Biga Nehri 33 ppm, Gönen Nehri 66 ppm, Kocasu Nehri 43 ppm, Nilüfer Çayı 33 ppm (Sarı, 2008) olarak bulunmuştur. Bu akarsu ve denizlerdeki Pb ortalamalarının çalışma alanındaki verilere kıyasla düşük olması, bölgede kurşun kirliliğinin açık bir göstergesidir. Dicle ve Gediz nehirlerindeki ortalama kurşun değerleri ise Ergene Nehri kurşun değerinden yüksektir. Yine dünyadaki nehirlerden Odiel Nehri ve Tuna Nehri kurşun değerlerinin bu çalışmadan çok daha yüksek olduğu görülür (Tablo 24).



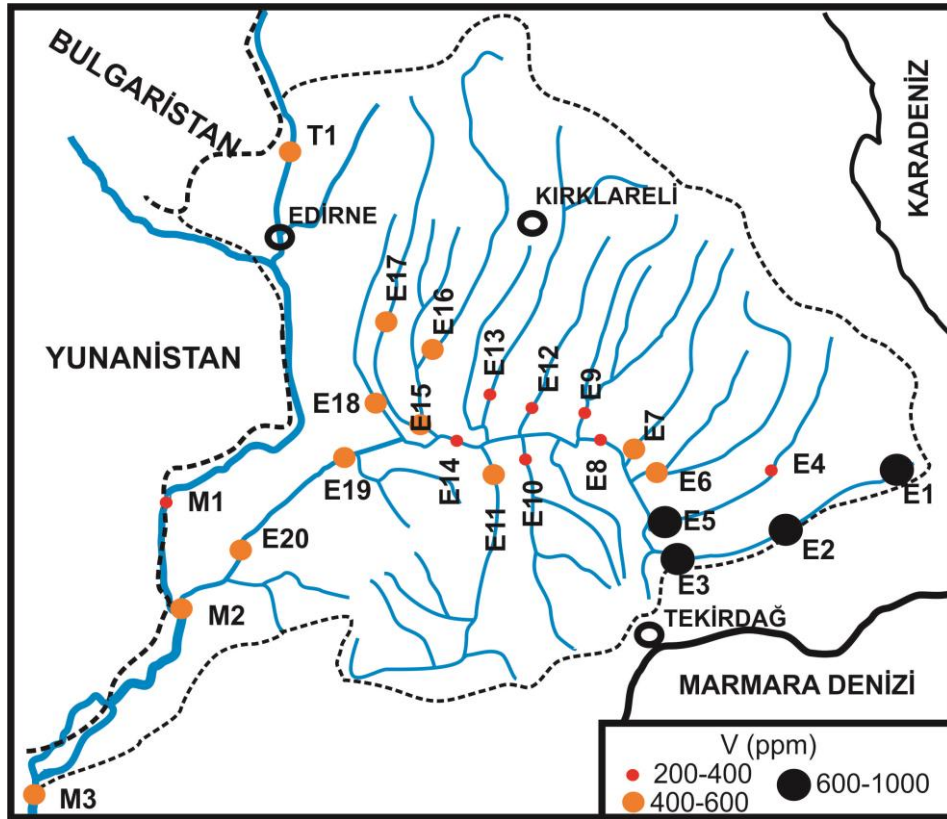


Şekil 22. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Pb (ppm) dağılımı

#### 3.4.10. Vanadyum dağılımı

Vanadyum demir çelik alaşımlarında çeliklerin mekanik özelliklerini iyileştirmede, katalizör olarak kimya endüstrisinde, boya olarak fotoğrafçılıkta ve seramiklerde, renk verici ve ultraviyole ışınlarının geçişini engellemekte ise cam sanayisinde kullanılır. Çalışma alanından alınan numunelerde V miktarı 258-966 ppm arasında değişmektedir. Ortalama V miktarı ise 483 ppm' dir (Tablo 22). En düşük V miktarı Kadriye Köyü yakınında Ergene Nehri ana kolunda E14 nolu örnekte tespit edilirken, en yüksek V içeriği Çorlu suyu E2 numaralı çökeltide ölçülmüştür. Çalışma alanında V değerlerinin tümü şeyl ortalamasının (130 ppm, Krauskopf 1985) üstündedir. Bölge V içeriğine göre üç ayrı gruba ayrılmıştır (Şekil 23). Ergene Nehri doğu bölümü E1, E2, E3 nolu numunelerin alındığı Çorlu Suyu ve E5 numunesinin alındığı Ergene Dere'sinin Ergene Nehri olarak akmaya başladığı İnanlı istasyonunda V değeri 600-1000 ppm arasındadır. Havzanın orta bölümünde doğu bölümüne

göre daha düşük V miktarları (200-400 ppm) görülmektedir (Şekil 23). V değeri T1 numunesinin alındığı Tunca Nehri'nde 450 ppm olarak ölçülürken, Meriç Nehri'nde Ergene Nehri ile birleşmeden hemen önce yer alan M1 istasyonunda daha düşük (361 ppm ) bir değer ölçülmüştür. Meriç Nehri'nin Ege Denizi'ne döküldüğü Enez ilçesinde ise V miktarı 466 ppm'dir. Çalışma alanındaki ölçümü yapılan V değerlerinin tümü şeyl ortalamasının 2 ile 7.4 katı arasında değişen miktarlarda zenginleştiği belirlenmiştir. V ile Al, Fe, Mn, As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, TOK, kum, silt ve kil ile aralarındaki korelasyon katsayıları ( r ) sırasıyla; (+) 0.30, (+) 0.25, (+) 0.18, (+) 0.97, (+) 0.95, (+) 0.11, (-) 0.13, (+) 0.19, (+) 0.01, (+) 0.14 (-) 0.08, (+) 0.17 ve (+) 0.03 dir. Vanadyum çalışma alanı akarsu çökellerinde As ve Cr ile pozitif güçlü korelasyon göstermesi; bu elementlerin birlikte hareket ettiği, ortak bir kökenlerinin bulunduğunu gösterir.

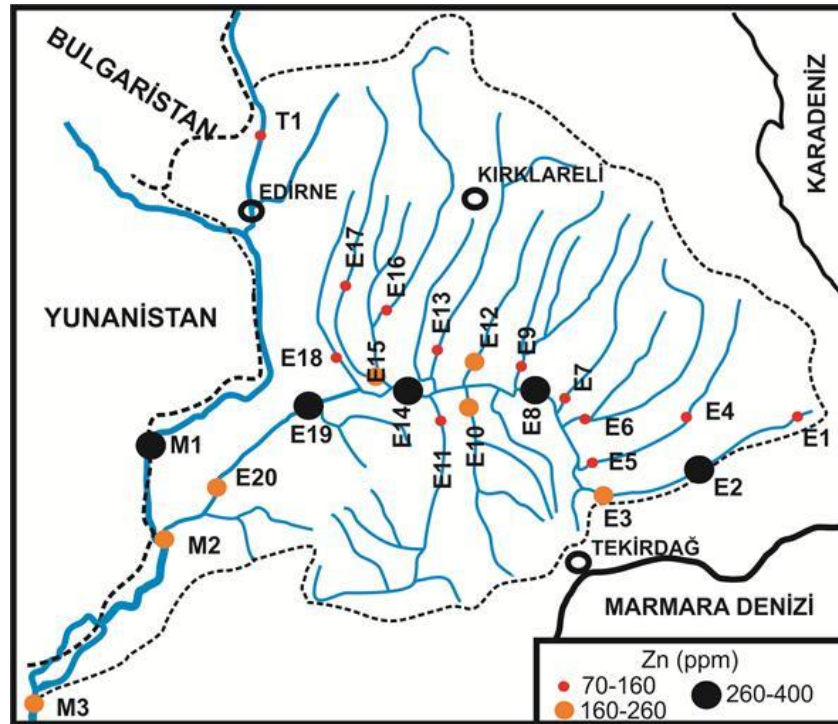


Şekil 23. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde V (ppm) dağılımı

### 3.4.11. Çinko dağılımı

Çinko; demir, alüminyum ve bakırdan sonra sanayide en çok kullanılan metallere aittir. Yerkabuğunda daha çok sfalerit, smitsonit, hemimorfit ve franklinit minerallerinde bulunur. Korozyondan korunma amacıyla demir ve benzeri metallerin galvanizlenmesinde, otomotiv, elektrik ve donanım endüstrilerinde kullanılan döküm kalıplarının yapımında, boya, yazıcı mürekkepleri, sabun, yer kaplamaları ve daha birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılır.

Ergene, Meriç ve Tunca nehirlerinin çökellerinde analiz edilen metallere Zn konsantrasyonu Tablo 22’de verilmiştir. Çalışma alanında alınan çökül örnekleri üzerinde yapılan analizler sonucunda çinko miktarı 74-388 ppm arasında değişmektedir. Ortalama çinko miktarı 189 ppm’dir. En yüksek çinko değeri Uzunköprü istasyonunda (E19) en düşük de Karamehmet istasyonundaki (E4) çökül örneklerinde bulunmuştur (Tablo 22). Çinko içeriğine göre çalışma alanı üç gruba ayrılmıştır (Şekil 24).



Şekil 24. Ergene, Meriç ve Tunca nehirleri çökellerinde Zn (ppm) dağılımı

Bölgede E1, E5-E7, E9, E11, E13, E16-E18 ve T1 örnekleri şeyl ortalamasının (80 ppm, Krauskopf 1985) 1 ile 2 katı (160 ppm) arasında değişen miktarlarda çinko konsantrasyonuna sahip olup, havzada en düşük Zn değeri içeren birinci grubu oluşturmaktadır (Şekil 24). İkinci grubu ise çinko miktarının 160-260 ppm arasında olduğu E3, E10, E12, E15, E20, M2 ve M3 örnekleri temsil etmektedir. Analiz edilen numunelerden 5 örnekte çinko değeri oldukça yüksek (260-400 ppm) olup, üçüncü grubu oluşturmaktadır (Şekil 24). Bu çökeller genelde Ergene ve Meriç nehirlerinin ana kolu ile Çorlu Suyu'ndan alınan örneklerdir. Yüksek çinko değerleri Çorlu (E2)'da 334 ppm, Eskibedir (E8)'de 385 ppm, Kadriye (E14)'de 349 ppm, Uzunköprü (E19)'de 388 ppm ve Bosna (M1)'da 374 ppm'dir. Zn değerleri Fe ( $r = 0.55$ ), Cu ( $r = 0.53$ ), Pb ( $r = 0.52$ ), Al ( $r = 0.45$ ), Ni ( $r = 0.31$ ) ve TOK ( $r = 0.30$ ) ile normal pozitif, Silt ( $r = 0.18$ ), Kil ( $r = 0.09$ ), Cr ( $r = 0.06$ ), Mn ( $r = 0.04$ ) ve V ( $r = 0.01$ ) ile zayıf pozitif, As ( $r = -0.05$ ) ve Kum ( $r = -0.14$ ) ile de negatif korelasyon katsayısı verir. Ergene, Tunca ve Meriç Nehri çevresine yakın Saros Körfezi (Sarı ve Çağatay, 2001), Çanakkale Boğazı (Ilgar ve Sarı, 2008), Marmara Denizi kuzey ve güney şelfi (Algan v.d., 2004), İstanbul Boğazı (Okay v.d., 2008), Kocasu, Biga ve Gönen nehirleri (Sarı, 2008) çökellerinde Zn konsantrasyonu çalışma alanındaki benzer metalle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Dicle Nehri (Varol v.d., 2012) ve Türkiye dışındaki akarsulardan Yangtze Nehri (Yang v.d., 2009), Tuna Nehri (Woitke v.d., 2003) ve Odil Nehri (Morillo v.d., 2002) deki Zn değerleri ise Ergene nehri Zn değerlerinden daha yüksektir. Nilüfer Çayı (Sarı, 2008) çökellerinde Zn içeriği çalışma alanındaki Zn ortalamasının yaklaşık 6 katı kadardır (Tablo 24).

### **3.5. Akarsu Çökel Kalitesinin Zenginleşme Faktörüyle (ZF) Değerlendirmesi**

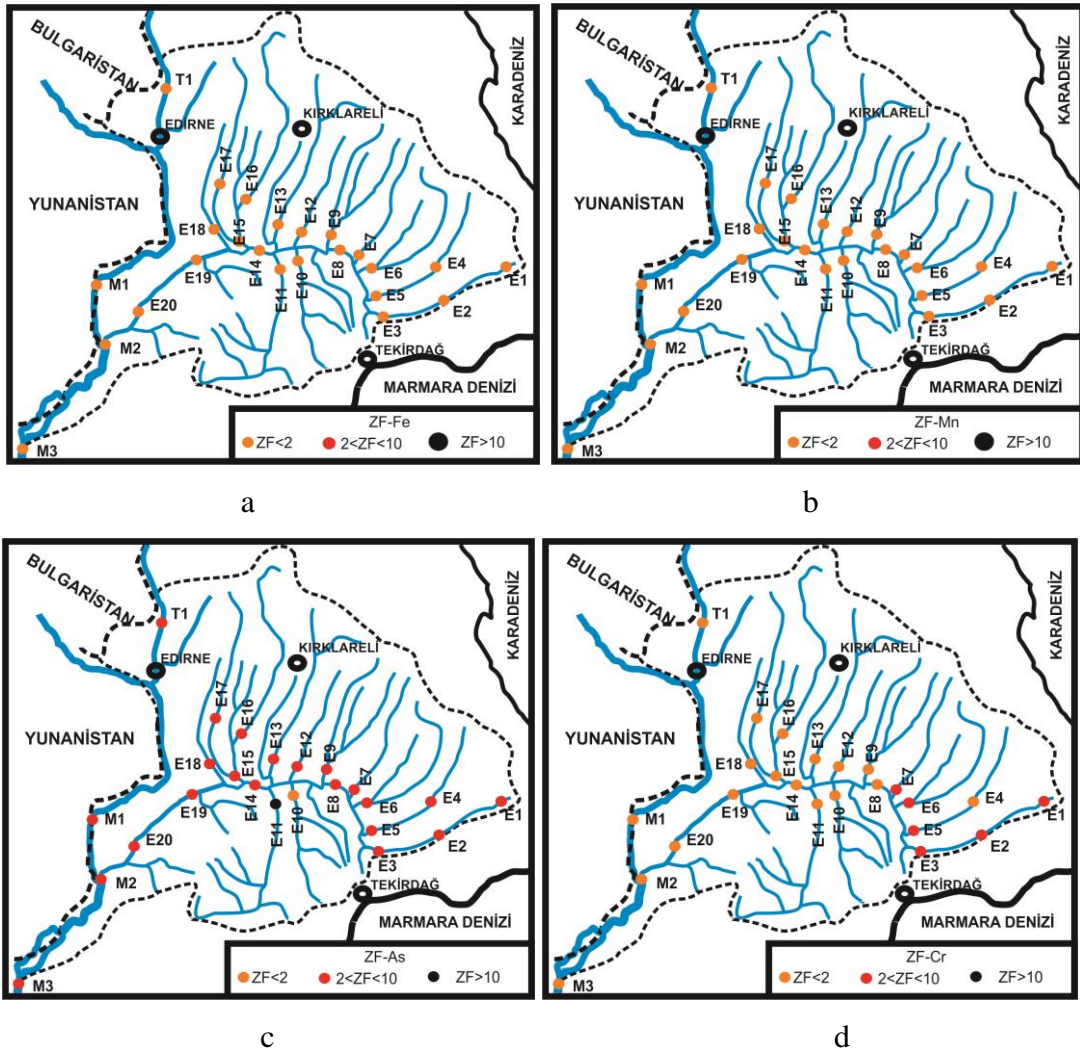
Çalışma alanı akarsu çökellerinde ölçülen metaller ya doğal süreçlerden veya antropojenik süreçlerden etkilenirler. Birçok araştırmacı metallerin doğal ortamlarına kıyasla ne derecede biriktiklerini ifade etmek amacıyla zenginleşme faktörünü kullanmıştır (Algan v.d., 2004, Valdes v.d., 2005, Pekey, 2008, Sarı, 2008, Esen, 2010, Cukrov v.d., 2011). Trakya havzası akarsu çökellerinde Fe, Mn, As, Cr, Cu, Ni, Pb, V ve Zn metallerinin ZF değerleri hesaplanarak Tablo 25 ve Şekil 25'de verilmiştir. Bu verilere göre metallerin ZF değişim aralığı; demir 0.4-0.8, mangan 0.2-0.9, arsenik 1.8-8.0 krom 0.9-3.4, bakır 0.4-4.8, nikel 0.3-1.6, kurşun 3.9-7.6, vanadyum 2.2-7.3 ve çinko 1.1-5.3'dir. 24 istasyondaki Fe, Mn ve Ni metallerinin ZF değerlerinin tümü ikiden küçüktür. Valdes v.d.'nin 2005 yılı çökel kalitesi

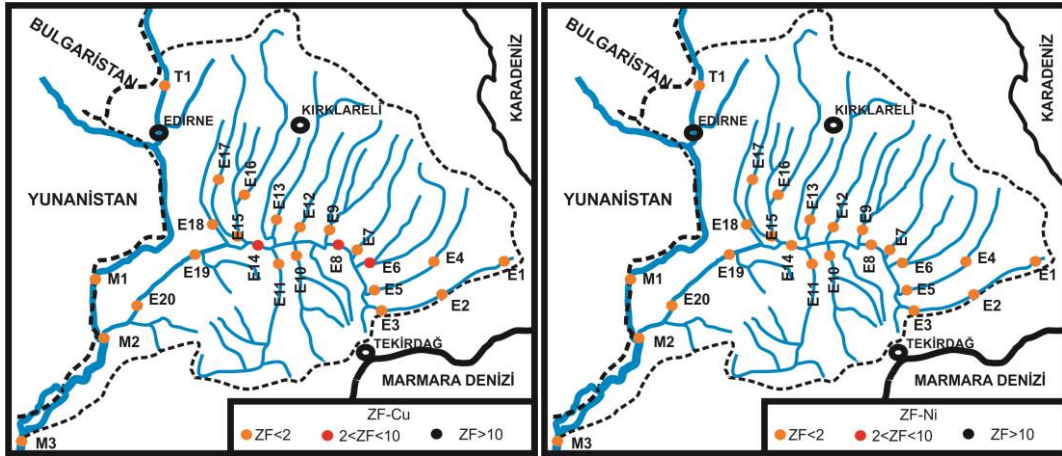
sınıflamasına göre; bu örnekler Fe, Mn ve Ni açısından kirletilmemiş ( $ZF < 2$ ) olup, normal doğal koşulları yansıtmaktadır. Bölgede E1-E3 ve E5-E7 nolu örnekler krom açısından; E6, E8 ve E14 nolu örnekler bakır açısından; örneklerin tümü As (E10 hariç) kurşun ve vanadyum açısından; E2, E3, E6-E8, E12, E14, E15, E17, E20, T1, M1-M3 nolu istasyonlar da çinko içeriği bakımından orta derecede ( $2 < ZF < 10$ ) zenginleşmiştir (Tablo 25).

Tablo 25. Ölçümü yapılan metallerin zenginleşme faktörü dağılımı

Örnek No	ZF-Fe	ZF-Mn	ZF-As	ZF-Cr	ZF-Cu	ZF-Ni	ZF-Pb	ZF-V	ZF-Zn
E1	0.5	0.3	5.8	2.3	0.6	0.4	5.1	5.7	1.2
E2	0.7	0.5	7.7	3.0	1.7	0.6	5.2	7.3	4.1
E3	0.7	0.3	5.0	2.0	1.9	0.8	5.0	5.1	2.5
E4	0.5	0.5	2.6	1.6	0.6	0.5	5.9	3.4	1.2
E5	0.6	0.6	6.1	2.4	1.0	0.8	7.0	6.1	1.7
E6	0.6	0.7	6.4	2.3	4.8	0.8	6.2	5.6	2.4
E7	0.6	0.3	8.0	3.4	1.3	1.1	7.6	6.4	2.3
E8	0.7	0.3	3.4	1.7	2.7	1.0	5.6	3.3	5.3
E9	0.6	0.3	4.1	1.7	0.7	0.8	5.1	3.5	1.6
E10	0.8	0.6	1.8	0.9	0.8	1.6	3.9	2.3	1.9
E11	0.8	0.6	4.2	1.8	0.8	1.5	4.9	3.8	1.5
E12	0.6	0.4	3.1	1.4	1.1	0.8	6.7	3.0	2.9
E13	0.4	0.3	2.6	1.3	0.5	0.3	6.0	2.7	2.1
E14	0.7	0.5	2.0	1.1	2.4	1.0	5.6	2.2	4.9
E15	0.7	0.4	4.7	1.7	1.1	1.1	4.9	4.3	2.1
E16	0.6	0.5	5.0	1.8	0.4	0.3	5.2	4.7	1.1
E17	0.6	0.2	3.9	1.4	0.8	0.4	4.5	3.8	2.1
E18	0.7	0.9	3.7	1.4	0.7	0.6	4.6	3.7	1.4
E19	0.5	0.4	3.4	1.7	0.7	0.3	5.0	3.6	1.7
E20	0.6	0.5	2.3	1.1	1.2	0.5	6.9	2.6	4.4
T1	0.7	0.4	3.4	1.6	1.1	1.0	4.7	3.4	4.0
M1	0.8	0.3	3.0	1.5	1.2	1.2	4.6	3.2	2.6
M2	0.7	0.4	3.1	1.7	1.2	1.1	5.6	3.5	2.5
M3	0.6	0.4	3.3	1.7	0.7	0.5	5.1	3.5	2.3
Minimum	0.4	0.2	1.8	0.9	0.4	0.3	3.9	2.2	1.1
Maksimum	0.8	0.9	8.0	3.4	4.8	1.6	7.6	7.3	5.3
Ortalama	0.6	0.4	4.1	1.8	1.2	0.8	5.4	4.0	2.5

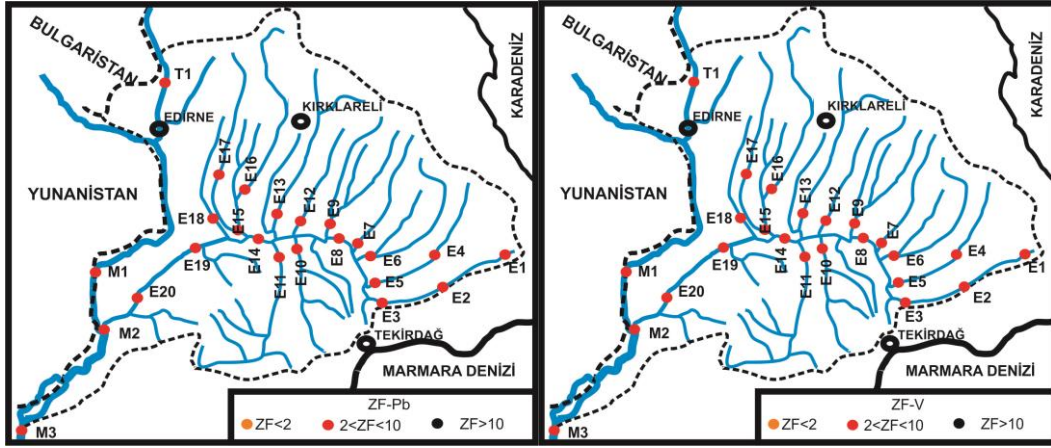
Çalışma alanında ölçümü yapılan metallerin en yüksek zenginleşme faktörü değerleri: arsenik (ZF=8.0), krom (ZF=3.4) ve kurşun (ZF=7.6) için E7; demir (ZF=0,8) için E10, E11 ve M1; Manganez (ZF=0,9) için E18; bakır (ZF=4.8) için E6; nikel (ZF=1.6) için E10, vanadyum (ZF=7.3) için E2 ve çinko (ZF=5.3) için E8 nolu örneklerde tespit edilmiştir. M3 örneği Meriç Nehri'nin bütün kollarının birleşerek Ege Denizine aktığı ana kolu temsil etmektedir. Bu akarsuların Ege Denizi'ne olan kirletici etkisinin belirlenmesi amacıyla M3 çökel örneği alınmıştır. Bu numunede Fe, Mn, Cr, Cu ve Ni elementlerinin ZF değerleri 2 den küçüktür. Başka bir anlatımla; söz konusu metaller açısından kirletilmemiş olup, normal doğal koşulları yansıtmaktadır. Yani bu metallerce Ege Denizi'nin kirletilmediğinin göstergesidir. M3 örneği As, Pb, V ve Zn içeriği bakımından orta derecede ( $2 < ZF < 10$ ) Ege Denizi'ne kirlilik etkisi olduğu tespit edilmiştir (Tablo 25 ve Şekil 25).





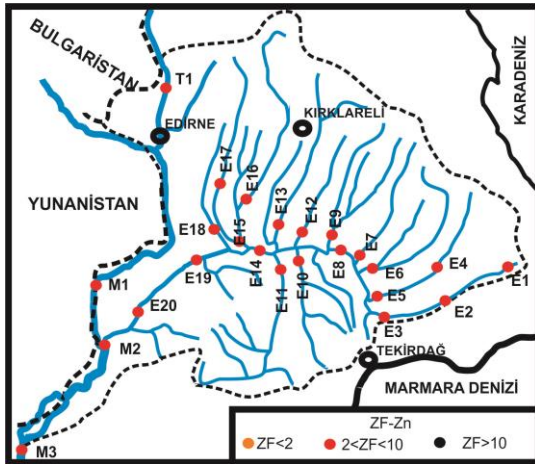
e

f



g

h



i

Şekil 25. Çalışma alanı çökeltilerinde ZF-Fe(a), ZF-Mn(b), ZF-As(c), ZF-Cr(d), ZF- Cu(e), ZF- Ni(f), ZF-Pb(g), ZF-V(h) ve ZF-Zn(i) dağılımı

#### IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye’de son 30 yılda sanayileşme ve endüstrileşme belli bölgelerde yoğunlaşmaya başlamıştır. Ergene havzası da ulaşım kolaylığı, ham madde ve diğer sanayi merkezlerine yakınlığı, düz ve uygun arazi yapısının yanı sıra su kaynaklarının bolluğu gibi özellikleri nedeniyle birçok sanayi kuruluşu için Çorlu, Çerkezköy, Lüleburgaz ve Muratlı ilçeleri cazibe merkezi haline gelmiştir. Ayrıca Ergene Havzası topraklarının büyük bir çoğunluğu tarımsal faaliyetlere uygun olması nedeniyle de zirai amaçlı kullanılmaktadır. Artan nüfus ve gelişen sanayiye paralel olarak Ergene Nehri’nin bir kısmı yerleşim merkezi sınırları içerisinde kalmıştır. Bu nedenle nehir suyunun ve çökel kalitesinin evsel, endüstriyel ve tarımsal kirliliklerle olumsuz yönden etkilenmesi beklenen bir sonuçtur. Bu çalışmayla; Ergene Nehri ve yan kollarından 20 adet yüzey çökel örneği alınarak tane boyu dağılımı, organik karbon ve ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen ağır metal miktarlarının zenginleşme faktörleri hesaplanarak kirliliğin çökeldeki boyutu araştırılmıştır. Ayrıca Ergene, Meriç ve Tunca nehirlerinin birleşme öncesinden ve sonrasında alınmış 4 adet akarsu çökel örneklerinin sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri tespit edilerek de; Ergene Nehri’nin Ege Denizi’ne olan olası kirlilik etkisi incelenerek şu değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışma alanı akarsu çökelleri litolojik olarak %1.17 çakıl, %23.97 kum, %23.09 silt ve %51.77 kil fraksiyonundan oluşmuştur. Çakıl ve kum boyutu çökeller kaya kırıntısı, alkali feldispat, plajiyoklas, kuvars, kalsit ve ağaç parçacıkları bileşenlerini içerir. Her bir istasyonda elde edilen tane boyu miktarları Shepard diyagramında sınıflandırılarak isimlendirilmiştir. Elde edilen litofasiyes dağılımında siltli kil biriminin yoğun olması; dip akıntı hızlarının düşüklüğü ve taban topografyasının az eğimli olmasıyla açıklanabilir. Tunca ve Meriç nehirleri çökellerinin ise tümü (M2 hariç) killi kum biriminden oluşur. Bu akarsularda kaba taneli malzemenin fazla olması Tunca ve Meriç Nehri enerji koşullarının ve eğiminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Çökel örneklerinde ortalama boylanma değeri ise +0.16 olup, bu değer Folk ve Ward (1957) sınıflamasına göre çok iyi boylanmış



çökel grubuna karşılık gelmektedir. Bölgeden alınan çökel örneklerinin boylanması iyi veya çok iyidir. Kum oranının yüksek olduğu Tunca ve Meriç ana kollarında boylanma iyi ve kil oranının yüksek olduğu Ergene Nehri'nde ise çok iyi boylanmanın olduğu görülmektedir.

Ergene, Meriç ve Tunca nehir çökellerinde Toplam Organik Karbon (TOK) değerleri araştırılarak organik kirliliğin boyutu ortaya çıkarılmıştır. Bölgede elde edilen 24 adet akarsu çökel örneğinde ortalama Toplam Organik Karbon (TOK) değeri %4.1 olarak bulunmuştur. Meriç ve Tunca nehirlerindeki Toplam Organik Karbon (TOK) değerlerinin diğer istasyonlara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Ergene Nehri akarsu çökellerinin antropojenik organik madde içerdiği Çorlu Deresi Toplam Organik Karbon (TOK) değeri (%6.80) ile desteklenmektedir. En yüksek Toplam Organik Karbon (TOK) değerlerinin Çorlu Dere'sinde ölçülmesi ve Çorlu bölgesinde deri, gıda sanayi tesisleri ile nüfus yoğunluğunun fazla olması; bu çökellerin evsel ve endüstriyel organik karbonlu maddelerden etkilendiğini göstermektedir. Ayrıca, çökellerin mikroskopik incelemelerinde çok miktarda bitki ve bitki parçacıklarının görülmesi karasal organik karbonun da Toplam Organik Karbon (TOK) miktarı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar Toplam Organik Karbon (TOK) kaynağının evsel, tarımsal ve sanayi tesislerinden gelen organik atıklardan oluştuğunu göstermektedir. Ergene Nehri'nin Ege Denizi'ne olan kirletici etkisinin belirlenmesi için Tunca, Meriç ve Ergene nehirlerinin birleşme öncesi ve sonrasında E20 (Adasarhanlı- Ergene Nehri), T1 (Karaağaç- Tunca Nehri), M1 (Bosna-Meriç Nehri), M2 (Sarıçalı- Meriç Nehri) ve M3 (Enez-Meriç Nehri) örnekleri alınmıştır. Nehirlerdeki mevcut Toplam Organik Karbon değerleri ölçülerek TOK getiriminin Meriç Nehrinin hangi kolunda ne ölçüde olduğu belirlenmiştir. Örneklerde TOK değerleri sırasıyla %4.80 (E20), 1.13 (T1), 3.15 (M1), 4.40 (M2) ve 2.41 (M3) olarak ölçülmüştür. Bu veriler Ergene Nehri'nin taşıdığı TOK değerlerinin Meriç Nehrinin diğer ana kollarına göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ergene, Tunca ve Meriç Nehri çevresine yakın Saros Körfezi (Sarı ve Çağatay, 2001), Marmara Denizi kuzey ve güney şelfi (Algan v.d., 2004), Kocasu , Biga ve Gönen nehri (Sarı, 2008) çökellerinde TOK konsantrasyonu çalışma alanındaki TOK değerleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşük kalmaktadır. Saros Körfezi yüzey çökellerinde yaptıkları çalışmada Sarı ve Çağatay (2001), Toplam Organik Karbon (TOK)'ın Meriç Nehri'ne yaklaştıkça artmış olmasını Meriç

Nehri'nin etkisi olarak açıklamışlardır. Bu görüş çalışma alanı akarsu çökellerindeki yüksek TOK değerleri ile desteklenmektedir.

Ergene Nehri havzasında yer alan endüstriyel ve evsel atıkların güncel çökellerdeki metal birikimini ne ölçüde etkilediği ve olası kirliliğin Ege Denizi'ne etkisi 24 yüzey çökel örneğindeki Al, Fe, Mn, As, Cr, Cu, Ni, Pb, V ve Zn içerikleri ile incelenmiştir. Grab örneklerinde metallerin değişim aralığı; Al %4 - 9.6, Fe %1.4 – 4.2, Mn 133-865, As 11 - 52 ppm, Cr 95 - 304 ppm, Cu 23-203 ppm, Ni 19-155 ppm, Pb 77 - 145 ppm, V 258 - 966 ppm ve Zn 74 – 388 ppm olup, ortalama değerleri sırasıyla; %7.5 (Al), %2.8 (Fe), 352 ppm (Mn), 25 ppm (As), 162 ppm (Cr), 65 ppm (Cu), 70 ppm (Ni), 100 ppm (Pb), 483 ppm (V) ve 189 ppm (Zn) olarak tespit edilmiştir. Bütün bu metallerin ortalamaları ile şeyl ortalamalarını karşılaştırdığımızda; Al, Fe, Mn ve Ni, değerlerinin düşük, As, Cr, Cu, Pb, V ve Zn değerlerinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu yüksek metal değerlerinin suda çözünmüş veya askıda partiküllerle birlikte Ege Denizi'ne taşınması kaçınılmazdır. Erbay (2010) Meriç Nehri suyunda çözünmüş ağır metal iyonlarının yılda 5.8 ton As, 8.5 ton Cu ve 11.2 ton Pb'nun Ege Denizi'ne taşındığını hesaplamış ve As, Cu ve Pb değerlerinin Yunanistan ve İtalya'dan Akdeniz'e katılan nehir sularına göre yüksek olduğunu belirlemiştir. Ayrıca Meriç Havzası'ndaki yaygın tarımsal faaliyetlerin içerdiği pestisit ve gübrelerin özellikle As'in yükselmesine, sanayi artıklarını da diğer metallerin artmasına neden olduğunu dile getirmiştir.

Akarsu çökellerindeki metal verilerin her biri zenginleştirme faktörü (ZF) formülünde kullanılarak, istasyon bazında kirlilik düzeyleri belirlenmiştir. Buna göre metallerin ZF değişim aralığı; ZF-Fe 0.4-0.8, ZF-Mn 0.2-0.9, ZF-As 1.8-8.0, ZF-Cr 0.9-3.4, ZF-Cu 0.4-4.8, ZF-Ni 0.3-1.6, ZF-Pb 3.9-7.6, ZF-V 2.2-7.3 ve ZF-Zn 1.1-5.3 olarak bulunmuştur. Çalışma alanında ölçümü yapılan metallerin ortalama ZF değerleri büyükten küçüğe doğru ZF-Pb > ZF-As > ZF-V > ZF-Zn > ZF-Cr > ZF-Cu > ZF-Al > ZF-Ni > ZF-Fe > ZF-Mn şeklinde sıralanmaktadır. Valdes, v.d. (2005)'ne göre  $ZF \leq 2$  ise çökel ilgili metale kirlenmemiştir. Buna göre; çalışma alanı Fe, Mn ve Ni elementleri açısından normal doğal koşulları ( $ZF \leq 2$ ) yansıtmaktadır. Ergene Nehri doğu havzası Çorlu Suyu, Ergene Dere, Ana Çay (+Cu) ve Sulucak Dere'den alınan çökel örneklerinin As, Cr, Pb, V ve Zn elementlerince orta derecede ( $2 < ZF < 10$ ) kirlendiği tespit edilmiştir. Ergene Nehri orta havzası Büyük Dere, Şeytan Dere,

Teke Dere, Süloğlu Dere, Ovaçay ve Kuru Dere yüzey çökellerinin de As, Pb, V, Zn açısından, Beşiktepe Dere ve Hayrabolu Dere (+ As) çökellerinin ise V, Zn ve Pb açısından orta derece kirletildiği belirlenmiştir. Ölçümü yapılan metallerin her birinin ortalama ZF değerleri dikkate alındığında çalışma alanı çökel örneklerinin orta derecede As, Pb, V ve Zn elementlerince kirletildiği ortaya çıkarılmıştır. Ergene Nehri'nin doğu havzasındaki akarsularının Çerkezköy, Kızılpınar, Veliköy, Velimeşe, Çorlu ve Muratlı belediyelerinin evsel atık suları, çeşitli zirai atıklar ile Çerkezköy, Çorlu, Muratlı ilçeleri sınırlarındaki değişik sektörlere ait sanayi kuruluşlarının evsel ve endüstriyel arıtılmış veya arıtılmamış atık sularını topladığı yüksek As, Cr, Pb, V ve Zn değerleri ile desteklenmektedir. Ayrıca As, Cr, Pb, V ve Zn'nun kil ve Al ile zayıf pozitif veya negatif korelasyon katsayısı vermesi bu metallerin daha çok antropojenik kaynaklar tarafından beslendiğini göstermektedir. Coşkun v.d. (2006) bütün Trakya Bölgesi'ni temsil eden topraklardan 73 örnek alarak jeokimyasal olarak incelemiş ve bu topraklarda ortalama As 8, Cr 173, Cu 20, Ni 50, Pb 33, V 78 ve Zn 45 ppm olarak tespit etmiştir. Çalışma alanındaki çökel örneklerinin ortalama metal içeriğinin (Cr dışında) Trakya Bölgesi topraklarındaki ortalama metal değerlerinden (Coşkun v.d., 2006) daha yüksek olması, söz konusu metallerin litojenik olarak değil de antropojenik olarak zenginleştirdiği görüşümüzü desteklemektedir.

Meriç, Tunca ve Ergene nehirlerinin Ege Denizi'ne olan kirletici etkisinin belirlenmesi amacıyla Ege Denizi'ne en yakın istasyondan (Enez'den) alınan M3 çökel örneği değerlendirilmiştir. Bu numunede Fe, Mn, Cr, Cu ve Ni elementlerinin ZF değerleri 2 den küçüktür. Başka bir deyişle söz konusu metaller açısından Ege Denizi kirletilmemiş olup, normal doğal koşulları yansıtmaktadır. M3 çökel örneği As, Pb, V ve Zn içeriği ZF değerleri bakımından Valdes, (2005) sınıflamasına göre orta derecede ( $2 < ZF < 10$ ) kirletilmiş gruba denk düşmektedir. Akarsuların birleşme öncesi son durumlarını temsil eden Ergene Nehri E20, Meriç Nehri M1 ve Tunca Nehri T1 nolu örneklerinde As, Pb, V ve Zn ZF değerleri  $2 < ZF < 10$  aralığında bulunmuş olması, bu kirlilikte 3 akarsuyun da etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca Sarı ve Çağatay (2001), Saros Körfezi çökellerinin Meriç Nehri'ne yakın olan bölümlerinde Pb ve Zn değerlerinin körfezin diğer kısımlarına göre oldukça yüksek olmasını Meriç Nehri'nin taşıdığı antropojenik kökenli kirliliğe bağlamışlardır. Bu iddia çalışma alanındaki yüksek metal değerleriyle de desteklenmektedir.

Sonuç olarak; Meriç Nehri'nin Ege Denizi'ne yüksek miktarda As, Pb, V ve Zn taşımış olması neticesinde Ege Denizi kıyı kesimlerindeki çökellerin de bu metallerce zenginleşmesi kaçınılmazdır. Çalışma alanındaki akarsuların Ege Denizine olan kirletici etkilerinin boyutunu belirlemek için; Meriç Nehri'nin Ege Denizine döküldüğü yerde (delta çökellerinde) karot örneklerinin alınarak, jeokimyasal analizlerle birlikte yaşlandırılması önerilir. Ayrıca bu çalışma ile elde edilen kirlilik parametre bulgularının, akarsu bölgesinde daha sonra yapılacak çevre etki değerlendirme çalışmalarında karşılaştırmalı veri olarak değerlendirilmesi ve bentik ekosistem üzerindeki etkilerinin incelenmesi önerilmektedir

## KAYNAKLAR

- AKÇAY, H., OĞUZ, A. ve KARAPIRE, C. (2003): Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in B. Menderes and Gediz River Sediments Water Research, 37, 813-822.
- AKGÜL, R., MIÇOOĞULLARI C., ERDUĞAN, H. ve AYSEL, V. (2010): Ergene Havzasından İzole Edilen Mikroalgler, 20.Ulusal Biyoloji Kongresi, 21-25 Haziran, Bildiriler Kitabı, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 523, 926-927.
- ALGAN, O., BALKIS, N., ÇAĞATAY, M.N. ve SARI, E. (2004): The Sources of Metal Contents in the Shelf Sediments from The Marmara Sea, Environmental Geology, 46, 932-950.
- ARKOÇ, O. ve ERDOĞAN, M. (2006): Ergene Havzası Çorlu-Çerkezköy Arasındaki Kesiminin Hidrojeokimyası, İTÜ Dergisi, 5 (2), 125-134.
- AVŞAR, F., GÜRBÜZ, M.A. ve KURŞUN, İ. (1999): Ergene Nehri'nden Sulanan Çeltiklerin Bazı Mikro Besin Elementi ve Bazı Ağır Metal İçerikleri, TMMOB Makine Mühendisleri Odası 3.Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Edirne, 351-367.
- AYDINLIYIM, F. ve ÖZBAYRAM, Y. (1998): Ergene Nehri Kirlilik Araştırması, DSİ Teknik Bülteni, Ankara, 90, 13-23.
- AZABAĞAOĞLU, Ö., GAYTANCIOĞLU, O., KUBAŞ, A. ve ERBAY, R. (2002): Trakya Bölgesinde Süt Sanayi Sektör Analizi Trakya Üniversitesi Araştırma Fonu, TÜBAP-298 nolu Proje, Edirne.
- BALCI AKOVA, S. (2002a): Ergene Havzasında Mekânsal Kullanımlar, Çantay Kitabevi, ISBN 975-7206-60-1, İstanbul.
- BALCI AKOVA, S. (2002b): Ergene Havzasının Coğrafi Potansiyeli, Çantay Kitabevi, ISBN 975-7206-61-X, İstanbul.
- BAYRAK YILMAZ, G. (2011): Yüzey Sularında Uzun Süreli Besi Yüklerinin Etkisinin Belirlenmesi: Ergene Havzası Örneği, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BEŞER, N., KARAHAN, A., ŞENYURT, M. ve SÜREK, H. (2007): Ergene Nehrinden ve Diğer Su Kaynaklarından Sulanan Çeltiklerinden Elde Edilen Pirinçlerden Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8 (1), 49-53.
- BOLU, E. (2007): Kentsel Alanlardaki Akarsuların Ekolojik Açından Değerlendirilmesi: Meriç Nehri Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

COŞKUN, M., STEINNES, E., FRONTASYEVA, M.V., SJOBAKK, T. E. ve DEMKINA, S. (2006): Heavy Metal Pollution of Surface Soil in The Thrace Region, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 119, 545–556.

ÇAĞATAY, G., ve ÇOBANOĞLU, Z. (1997): *Kimyasallar ve Çevre*, İlköz Matbaası, ISBN 975-8088-12-6, Ankara.

ÇAĞATAY, M. N., BALKIS, N., SANCAR, Ü., ÇAKIR, Z., YÜCESOY ERYILMAZ, F., ERYILMAZ, M., SARI, E., EREL, L., AKÇER, S. ve BİLTEKİN, D. (2006): *Marmara Denizi Çökel Jeokimyası Atlası*, TÜBİTAK projesi, proje kodu: 103Y053, İTÜ-EMCOL Doğu Akdeniz Deniz ve Göl Araştırmaları Merkezi, İstanbul.

ÇAKIR, R., GİDİRİŞLİOĞLU, A., TOK, H.H., AVŞAR, F., EKİNCİ, H. ve YÜKSEL, O. (1997): Kirli Nehir Sularının Entisol Ordosuna Ait Toprağın Bazı Özelliklerine ve Ayçiçeği Bitkisinin Gelişimine Etkileri, I. Toprak ve Gübre Sempozyumu, 20-22 Ekim, *Bildiriler Kitabı*, 190, T.Ü. Ziraat Fakültesi, Tekirdağ.

ÇENGEL, Ş., CANDEĞER, O. ve KIRSAÇ, L. (2001): Ergene Havzası Hidrojeolojisi, Yer Altı Suları ve Çevre Sempozyumu, 21-23 Mart, *Bildiriler Kitabı*, 55-70, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

CUKROV, N., FRANCISKOVIC BILINSKI, S., HLACA, B. ve BARISIC, D. (2011): A Recent History of Metal Accumulation in the Sediments of Rijeka Harbor, Adriatic Sea, Croatia, *Marine Pollution Bulletin*, 62, 154-167.

DAĞDEVİREN, Ş. (2007): Çorlu ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi ve Sonuçlarının Yapay Sinir Ağları ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

DEMİR, A., KANAT, G. ve DEBİK, E. (2000): Atık Su Arıtımında Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Metotlar, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, YTÜ. İN. DK-2000.0586, ISBN 975-461-286-2, İstanbul.

DSİ 11. Bölge Müdürlüğü (2009): Ergene Nehri 2003-2008 Yılı Kalite Gözlem Çalışmaları, Edirne, 19.

ERBAY, Y. (2010): Meriç Nehri ile Saros Körfezi'ne Taşınan Sediment, Tatlı Su ve Ağır Metaller, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.

ERGENE HAVZASI ÇEVRE DÜZENİ PLANI (2007): Trakya Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları, 78 (2-3), ISBN 978-975-374-079-4, Edirne.

ESEN, E., KUCUKSEZGIN, F. ve ULUTURHAN, E. (2010): Assessment of Trace Metal Pollution in Surface Sediments of Nemrut Bay, Aegean Sea *Environ. Monit. Assess.* 160, 257-266.

- ESENLİ, F., GÜLTEKİN, A.H. ve ŞANS EKİNCİ, B. (2010): Ergene Formasyonu Kumlarından (Çorlu Tekirdağ Bölgesi) Bentonik Malzeme Kazanımı, Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi, İstanbul, 1(4), 227-238.
- ETİZ, A. (2007): Trakya Bölgesinin Havadan Mağnetik Anomalilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- FOLK, R. L. (1980): Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphill, ISBN 0914696149, Austin.
- GALEHOUSE, J.S. (1971): Sedimentation Analysis. In: Procedures in Sedimentary Petrology (Ed. R. E. Carver), 69-95, Wiley, New York.
- GAUDETTE, H., FLİGHT, W., TONES, L. ve FOLGER, D. (1974): An Inexpensive Titration Method for The Determination of Organic Carbon in Recent Sediments. J Sediment Petrol 44, 249-253.
- GENÇ, S. (2006): Edirne Tunca Bölgesinde Sürdürülebilir Yerleşmenin Yeniden Biçimlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- GİDİRİŞLİOĞLU, A. ve ÇAKIR, R. (1996): Ergene Nehri ve Kollarının Evsel ve Endüstriyel Atıklarla Kirlenmesinin Tespiti ve Toprak Üzerine Etkileri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 102, 70, Kırklareli.
- GÖKDEMİR, Y. (2006): Ergene Nehrindeki Ağır Metallerin Ekstraksiyon Metodu ile Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- GÖRÜR, N. ve OKAY, A. (1996): Fore-arc Origin of The Thrace Basin, Northwest Turkey. Geologische Rundschau 85, 662-668.
- GÜRPINAR, E. (1994): Bir Çevresel Analiz Örneği: Trakya, Der Yayınevi, ISBN 9789759000240, İstanbul.
- GÜLER, Ç. ve ÇOBANOĞLU, Z. (1997): Su Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:12, Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Aydoğdu Ofset ISBN 975-7572-60-8, Ankara.
- GÜNEŞ HEPSAĞ, E. (2009): Havzalar için Zehirlilik Parametresi ile Deşarj Etki İndeksi Geliştirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- GÜNEŞ, H., (1993): Ergene Havzası Yeraltı Sularının Kimyasal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- HURMA, H. (2007): Çevre Kalitesinin Tarımsal Arazi Değeri Üzerine Etkilerinin Analizi: Edirne Örneği, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- KAHVECİOĞLU, Ö., KARTAL, G., GÜVEN, A. ve TİMUR, S. (2004): Metallerin Çevresel Etkileri II. Metalurji Dergisi, 137, 46-51.
- KALEBAŞI, Y. (1994): Meriç Nehrinin Kimyasal Kirliliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- KALEM, H. (1989): Ergene Havzasında Ziraat Hayatı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- KOCAMAN, H., KOLDERE AKIN, Y. ve OĞUZHAN, A. (2011): Trakya’da Ergene Nehri Kirliliğinin Tarım Üretimine Olan Etkisi: Edirne Örneği, Giresun Üniversitesi Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 5, 89-104.
- KONTAŞ, A. (1990): Meriç Nehri Kirliliği ve Bu Kirliliğin Ege Denizi’ne Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir
- KRAUSKOPF, K. B. (1979): Introduction to Geochemistry, Mc Graw-Hill Kogakusha, ISBN 0070358206 Ltd. Tokyo.
- KURTER, A. (1975-1976): Meriç Nehri’nin Akım Özellikleri, Güney-Doğu Avrupa Araştırmaları Dergisi, İstanbul, 4-5, 285-294.
- LIU, E., JI, S., LIYUAN, Y., ENLOU, Z., XIANGHUA, M. ve JIANJUN, W. (2010): Assessment of Heavy Metal Contamination in the Sediments of Nansihu Lake Catchment, China. Environmental Monitoring and Assessment, 161, 217–227.
- LORING, D. H. ve RANTALA, R. T. T. (1992): Manual for the Geochemical Analyses of Marine Sediment Sand Suspended Particulate Matter. Earth-Sci Rev 32, 235-283.
- MCMANUS, J. (1991): Grain Size Determination and Interpretation. Techniques in Sedimentology (Ed. M.E. Tucker), 63-85, Blackwell, Oxford.
- MORILLO, J., USERO, J. ve GRACIA, I. (2002): Partitioning of Metals in Sediments from The Odiel River (Spain). Environment International 2002, 28 (4), 263-271.
- OKAY, O.S., PEKEY, H., MORKOC, E., BAŞAK, S. ve BAYKAL, B., (2008): Metals in the Surface Sediments of İstanbul Strait (Turkey), Journal of Environmental Science and Health Part A -Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 43, 1725–1734.
- ORDU SAĞLAM, Ş., (2005): Ergene Havzasında Yüzeysel Su Kirlenmesinin Çevre Bilgi Sistemi Yardımıyla İzlenmesi ve Kontrol Yöntemlerinin Geliştirilmesi , Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ORDU, Ş. ve DEMİR, A. (2007): Determination of Water Quality of Ergene River by Planning Environmental Information System, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, İstanbul, 25 (1), 101.



- ÖZKAN, E. ve KUBAŞ, A., (2008): Ergene Havzasındaki Kirliliğin Sosyo Ekonomik Etkileri, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları Havza Kirliliği Konferansı Bildiri Kitabı, DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, İzmir, 15-18.
- ÖZKAN, N. (1998): Meriç ve Ergene Nehirleriyle Bazı Kollarında Chironomidae (Diptera) Larvalarının Dinamiği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- PEKEY, H. (2006): Heavy Metal Pollution Assessment in Sediments of The İzmit Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 123, 219–231.
- RIFAAT, A. E., (2005): Major Controls of Metals Distribution in Sediments off The Nile Delta, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 31, 16-28.
- RÜCKERT ÜLKÜMEN, N., ÖZKAR ÖNGEN, İ. ve ÇEVİK, B., (2010): Doğu Paratetis'in Ergene Havzasında Paleobiyocoğrafik Özellikleri, *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, İstanbul, 22(2), 119-140.
- SEZEN, J. (2005): Tekirdağ İlinde Sanayileşme ve Çevre Sorunları, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- SARI, E. (2008): Source and Distribution of Heavy Metals in River Sediments from the Southern Drainage Basin of The Sea of Marmara, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 7/12a, 2007-2019.
- SARI, E. ve ÇAĞATAY, N. (2001): Distribution of Heavy Metals in the Surface Sediments of The Gulf of Saros, NE Aegean Sea, *Environment International*, 26, 169-173.
- SHEPARD, F.P. (1954): Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios, *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.
- SUNDARARAJAN, M. ve NATESAN, U. (2011): Environmental Geochemistry of Core Sediments from Serthalaikkadu Creek, East Coast of India. *Environmental Earth Sciences* 62, 493–506.
- ŞENEL, H. (2005): Trakya (Ergene) Baseni-Hisarlıdağ Resurgent Kalderasının Gravimetrik İncelemesi ve Jeotermal Potansiyeli, MTA Genel Müdürlüğü Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart, Kocaeli, 149-153.
- TAN, A. (2006): Atık Sularda Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- TAŞ, M., KIRGIZ, T., ASLAN, N., ÇAMUR ELİPEK, B. ve GÜHER, H. (2008): Çorlu Deresi'nin (Tekirdağ) Oligochaeta Faunası ve Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Zamana Bağlı Değişimi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi/E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25 (4), 253-257.

TOPAL, O. (2000): Ergene Nehri'nin Kirlilik Durumunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

TURGUT, S., TÜRKASLAN, M. ve PERİNÇEK, D. (1991): Evolution of The Thrace Sedimentary Basin and Its Hydrocarbon Prospectivity. The European Association of Petroleum Geoscientists, EEPG, 415-437.

TÜNAY, O. (1988): Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Ders Notları, İ.T.Ü. İnşaat Fak., İstanbul.

TÜRKİYE ÇEVRE ATLASI, (2004): T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 63-93.

ÜLKÜSEVEN, N. (1993): Kirlenmiş Sulardan Killerle Ağır Metal İyonlarının Giderilmesi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

VALDES, J., VARGAS, G., SIFEDDINE, A., ORTLIEB, L. ve GUINEZ, M. (2005): Distribution and Enrichment Valuation of Heavy Metals in Mejillones Bay (23°S), Northern Chile: Geochemical and Statistica Lapproach, Marine Pollution Bulletin, 50, 1558–1568.

VAROL, M. ve ŞEN, B. (2012): Assessment of Nutrient and Heavy Metal Contamination in Surface Water and Sediments of Upper Tigris River, Turkey, 92 (0), 1-10.

WOITKE, P., WELLMITZ, J., HELM, D., KUBE, P., LEPOM, P. ve LITHERATY, P. (2003): Analysis and Assesment of Heavy Metal Pollution in Suspended Solids and Sediments of The River Danube. Chemosphere, 51, 633-642.

YANG, Z., WANG, Y., SHEN, Z., NIU, J. ve TANG, Z. (2009): Distribution and Speciation of Heavy Metals in Sediments from The Mainstream, Tributaries and lakes of The Yangtze River Catchment of Wuhan, China. Journal of Hazardous Materials 166, 1186-1194.

YİĞİT, F. (2006): Tekirdağ Çukuru'nun (Batı Marmara Denizi) Geç Kuvaterner Sedimantolojisi ve İnorganik Jeokimyası, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

**İnternet Kaynakları:**

<http://www.tuik.gov.tr>

## ÖZGEÇMİŞ

- Doğum tarihi : 04.04.1970
- Doğum yeri : Edirne
- Lise : 1984-1987 , Edirne Lisesi
- Lisans : 1989-1994 , İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü
- Yüksek Lisans : 1994-2013 , İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü  
Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Ana Bilim Dalı  
Deniz Jeolojisi Bilim Dalı
- Çalıştığı kurum (lar) : 1998-2001, Gima Mağaza  
2001-Devam ediyor, Kültür ve Turizm Bakanlığı  
Döner Sermaye İşletmesi İstanbul İşletme Müdürlüğü