KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

# SÜRMENE KOYU YÜZEY SEDİMENTLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAL. TEK. MÜH. Volkan ÖRNEK

ŞUBAT 2013
TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

# SÜRMENE KOYU YÜZEY SEDİMENTLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Bal. Tek. Müh. Volkan ÖRNEK**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**
**"BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"**
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04.01.2013**
**Tezin Savunma Tarihi : 08.02.2013**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nigar ALKAN**

**Trabzon 2013**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı Dalında**

**Volkan ÖRNEK tarafından hazırlanan**

# SÜRMENE KOYU YÜZEY SEDİMENTLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 22/01/2013 gün ve 1490 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Üye : Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ** .....

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Coşkun ERÜZ** .....

**Başkan : Yrd. Doç. Dr. Nigar ALKAN** .....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

# ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmış, KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Biriminin 1133 kod no'lu projesi ile desteklenmiştir.

Araştırma kapsamında, 40º57'27" K - 40º17'15" D ve 40º56'05" K - 40º 04'56" D koordinatları arasında yer alan Sürmene Koyunda belirlenen 17 istasyondan alınan yüzey sedimentlerinde tane boyu analizi yapıldıktan sonra ağır metal birikimleri araştırılmış ve ölçülen diğer parametrelerle ilişkilendirilerek Sürmene Koyunun yüzey sediment profili ortaya konulmuştur.

Bu yüksek lisans tezi çalışmasını yöneten, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, akademik olarak gelişmemde büyük desteği olan Hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Nigar ALKAN'a göstermiş olduğu her türlü yardım ve desteğinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Proje kapsamında ağır metal analizlerini yaptırmış olduğum Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Ekoloji Bölümü Başkanı Sayın Dr. Ali ALKAN'a yardımları ve çalışmalarımın yürütülmesindeki katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarımın tüm aşamalarında desteğini esirgemeyen Araştırma Görevlisi Sayın Kenan Gedik'e teşekkür ederim.

Tezin hazırlanması esnasında beni destekleyen ve bugünlere gelmemi sağlayan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Volkan ÖRNEK

Trabzon 2013

## TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Sürmene Koyu Yüzey Sedimentlerinde Ağır Metal Birikimlerinin Araştırılması" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Nigar ALKAN'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 04/01/2013

Volkan ÖRNEK

## İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**


ÖNSÖZ ..... III
TEZ BEYANNAMESİ ..... IV
İÇİNDEKİLER ..... V
ÖZET ..... VII
SUMMARY ..... VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... IX
TABLOLAR DİZİNİ ..... XI
SEMBOLLER DİZİNİ ..... XII
1. GENEL BİLGİLER ..... 1
1.1. Giriş ..... 1
1.2. Sucul Ortamlardaki Sediment Oluşumu ..... 2
1.3. Karadeniz Sedimentleri ..... 3
1.4. Ağır Metaller ..... 4
1.4.1. Kurşun ..... 5
1.4.2. Bakır ..... 6
1.4.3. Çinko ..... 7
1.4.4. Mangan ..... 8
1.4.5. Alüminyum ..... 9
1.4.6. Krom ..... 9
1.4.7. Kobalt ..... 10
1.4.8. Nikel ..... 10
1.4.9. Arsenik ..... 11
1.4.10. Molibden ..... 11
1.5. Önceki Çalışmalar ..... 12
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR ..... 16
2.1. Araştırma Bölgesinin Genel Özellikleri ..... 16
2.2. Araştırma Planı ..... 17
2.3. Sediment Örneklerinin Alınması ..... 19
2.4. Kullanılan Araç ve Gereçler ..... 19
2.4.1. Araştırma Gemisi ..... 19

2.4.2. Ekman Grap Kepçesi ..... 19
2.4.3. Coğrafik Yer Belirleme Sistemi (GPS) ..... 20
2.4.4. Elek Analiz Seti ..... 20
2.4.5. Mikrodalga Çözündürme Ünitesi ..... 21
2.4.6. ICP-MS İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrofotometresi ..... 21
2.5. Örneklerin Muhafazası ..... 22
2.6. Sediment Örnekleme ve Ölçüm Yöntemleri ..... 22
2.6.1. Elek Analizi ..... 22
2.6.2. Metal Analizleri ..... 23
2.6.3. Diğer Analizler ..... 23
2.6.3.1. Organik Madde Tayini ..... 24
2.6.3.2. Toplam Katılar ve Su İçeriği ..... 24
2.6.3.3. Karbonat (Kireç) Tayini ..... 25
2.6.3.4. Toplam Organik Karbon Tayini ..... 25
2.6.4.5. Sedimentte pH Ölçümü ..... 26
2.6.4.6. Sedimentte Yükseltgenme-İndirgenme Potansiyeli (ORP) Ölçümü ..... 26
2.6.4.7. Kullanılan Reaktifler ..... 26
2.7. Sediment Zenginleşme Faktörü (SZF) Belirlenmesi ..... 27
2.8. İstatistiksel Analizler ..... 28
3. BULGULAR ..... 29
4. TARTIŞMA ..... 48
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME ..... 53
6. ÖNERİLER ..... 54
7. KAYNAKLAR ..... 55
ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

# ÖZET

## SÜRMENE KOYU YÜZEY SEDİMENTLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Volkan ÖRNEK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nigar ALKAN
2013, 60 Sayfa

Bu çalışmada, Sürmene koyu sedimentlerinde ağır metal derişim düzeylerinin belirlenmesi ve metallerin alansal dağılımlarının ortaya konulması sedimentteki güncel metal düzeyleri hedeflenmiştir. Sedimentteki güncel metal düzeylerinin zemin değerler ile karşılaştırılarak sediment zenginleşme faktörleri tespit edilmesi ve Sürmene Koyu için metal zenginleşme durumlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma alanını temsil edecek nitelikte belirlenmiş olan 17 istasyondan alınan yüzey sedimentlerinde Cr, Mn, Al, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, ve Pb metallerinin toplam konsantrasyonları ölçülmüştür. İstasyonlarda alınan sediment örneklerindeki tane boyutu dağılımının silt, kum, kumlu silt, siltli kum ve çakıl şeklinde olduğu görülmüştür.

Sediment örneklerinde, karbonat % 8,54-18,05, toplam organik karbon % 0,26-2,43, organik madde % 1,02-8,52, pH 6,91-8,24, ORP 159-269 mV, kuru madde % 97,9-99,94 ve su içeriğinin % 0.06-2.10 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Cr, Mn, Al, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo ve Pb için tespit edilen minimum ve maksimum derişimler mg/kg kuru ağırlık cinsinden sırasıyla; (13,4-82,3), (200,2- 446,9), (19965- 48723), (8,01-32,8), (9,8-26), (24,9-3107), (102- 4259), (5,4- 58), (0,21- 20) ve (15,5-208) olarak tespit edilmiştir. Sürmene koyu sedimentlerindeki Al, Cr, Mn ve Ni derişimlerinin yer kabuğu ve ortalama şeyl değerlerinin altında Co, Cu, Zn, Mo ve Pb derişimlerinin ise üzerinde olduğu belirlenmiştir. Sediment zenginleşme faktörü (SZF) yönünden Cr, Mn, Co ve Ni elementleri için düşük, Pb için orta, Zn, As ve Mo elementleri için önemli ve Cu elementi için ise yüksek derecede zenginleşme durumu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürmene Koyu, Sediment, Ağır Metal, Sediment Zenginleşme Faktörü.

Master Thesis

SUMMARY

# BAY OF SÜRMENE IN SURFACE SEDIMENTS INVESTIGATION OF HEAVY METAL ACCUMULATION

Volkan ÖRNEK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Fisheries Technology Engineering
Supervisor: Ass. Prof. Nigar ALKAN
2013, 60 Pages

In this study, the purpose is that levels of concentration of heavy metals are determine and areal distributions of metals are set forth in sediment at the Bay of Sürmene. An other purpose is that determination of sediment enrichment factor of curent metal levels in the sediment by comparision to soil investigaion and determination of metal enrichment situations for Bay of Sürmene.

At the surface sediments representing well enough working area and being taken from 17 stations, total concentrations of Cr, Mn, Al, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo and Pb metals was measured. Being seen granulometry shaped like silt, sand, sandy silt, silty sand and gravel on sediment speciments taking form stations.

At the sediment specimens, it was determinated what carbonate 8,54-18,05 %, total organic carbon 0,26-2,43 %, organic substance 1,02-8,52 %, pH 6,91-8,24, ORP 159-269 mV, dry substance 97,9-99,94 % and water content 0,06-2,10 % change between upper percentages. In the study, determined min. and max. concentrations for Cr, Mn, Al, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo ve Pb were determinated as in terms of weight values are (13,4-82,3), (200,2-446,9), (19965-48723), (8,01-32,8), (9,8-26), (24,9-3107), (102-4259), (5,4-58), (0,21-20), (15,5-208).

Al, Cr, Mn in surface sediments of Sürmene Bay and Ni concentrations were below the earth's crust and the average shale values. Co, Cu, Zn, Mo and Pb concentrations were above the averages.

In terms of Sediment Enrichment Factor, low values for Cr, Mn, Co and Ni elements; medium values for Pb; significant values for Zn, As and Mo; a high degree of enrichment for Cu element have been detected.

**Key Words:** Bay of Sürmene, Sediman, Heavy Metals, Enrichment Factor.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No**


Şekil 1. Araştırma sahası ve örnekleme istasyonları ..... 18
Şekil 2. Saha çalışmalarında kullanılan R-V Yakamoz teknesi..... 19
Şekil 3. Sediment örnekleyici (Ekman Grap Kepçesi) ..... 20
Şekil 4. Sediment eleme düzeneği ..... 20
Şekil 5. Sediment çözünürleştirme sistemi (mikrodalga ünitesi) ..... 21
Şekil 6. Metal analizlerinde kullanılan ICP-MS cihazı ..... 22
Şekil 7. İstasyonlara göre 2 mm ve üzerindeki sedimentlerin tane boyu dağılımı ..... 30
Şekil 8. İstasyonlara göre 1-2 mm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı ..... 31
Şekil 9. İstasyonlara göre 500µm - 1 mm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı ..... 31
Şekil 10. İstasyonlara göre 250-500 µm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı ..... 31
Şekil 11. İstasyonlara göre 125-250 µm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı ..... 32
Şekil 12. İstasyonlara göre 63-125 µm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı ..... 32
Şekil 13. İstasyonlara göre 63 µm altındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı..... 32
Şekil 14. Sürmene koyunda krom (Cr) metalinin alansal dağılımı..... 33
Şekil 15. İstasyonlara göre SZF (Cr) dağılımı ..... 33
Şekil 16. Sürmene koyunda mangan (Mn) metalinin alansal dağılımı..... 33
Şekil 17. İstasyonlara göre SZF (Mn) dağılımı ..... 34
Şekil 18. Sürmene koyunda kobalt (Co) metalinin alansal dağılımı ..... 34
Şekil 19. İstasyonlara göre SZF (Co) dağılımı ..... 34
Şekil 20. Sürmene koyunda nikel (Ni) metalinin alansal dağılımı ..... 35
Şekil 21. İstasyonlara göre SZF (Ni) dağılımı ..... 35
Şekil 22. Sürmene koyunda bakır (Cu) metalinin alansal dağılımı ..... 35
Şekil 23. İstasyonlara göre SZF (Cu) dağılımı ..... 36
Şekil 24. Sürmene koyunda çinko (Zn) metalinin alansal dağılımı..... 36
Şekil 25. İstasyonlara göre SZF (Zn) dağılımı ..... 36
Şekil 26. Sürmene koyunda arsenik (As) metalinin alansal dağılımı ..... 37
Şekil 27. İstasyonlara göre SZF (As) dağılımı ..... 37
Şekil 28. Sürmene koyunda molibden (Mo) metalinin alansal dağılımı ..... 37

Şekil 29. İstasyonlara göre SZF (Mo) dağılımı ..... 38
Şekil 30. Sürmene koyunda kurşun (Pb) metalinin alansal dağılımı ..... 38
Şekil 31. İstasyonlara göre SZF (Pb) dağılımı ..... 38
Şekil 32. Sürmene koyunda aluminyum (Al) metalinin alansal dağılımı ..... 39
Şekil 33. Sürmene koyunda karbonatın alansal dağılımı ..... 39
Şekil 34. Sürmene koyunda organik maddenin alansal dağılımı ..... 39
Şekil 35. Sürmene koyunda pH'nın alansal dağılımı ..... 40
Şekil 36. Sürmene koyunda toplam organik karbonun alansal dağılımı ..... 40
Şekil 37. Sürmene koyunda ORP alansal dağılımı ..... 40
Şekil 38. Sürmene koyunda kuru madde alansal dağılımı ..... 41
Şekil 39. Sürmene koyu sedimentleri su içeriklerinin alansal dağılımı ..... 41

## TABLOLAR DİZİNİ

**Sayfa No**


Tablo 1. Örnekleme istasyonlarının konum ve derinlik bilgileri ..... 18

Tablo 2. Sediment zenginleşme faktörü ve dereceleri ..... 28

Tablo 3. Sedimentlerde tane boyu dağılım oranları ..... 29

Tablo 4. Sedimentlerde karbonat, toplam organik karbon, organik madde, pH, ORP, kuru madde ve su içeriği oranları ..... 29

Tablo 5. Dünya geneli ortalama şeyl ve yerkabuğu değerleri ..... 30

## SEMBOLLER DİZİNİ

**APHA** **:** Amerika Halk Sağlığı Örgütü

**EPA** **:** Amerika Çevre Koruma Ajansı

**ICP-MS** **:** İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi

**AAS** **:** Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi

**mV** **:** Milivolt

**ORP** **:** Yükseltgenme İndirgenme Potansiyeli

**ppm** **:** Milyonda bir kısım

**SZF** **:** Sediment Zenginleşme Faktörü

**µg** **:** Mikrogram

**µm** **:** Mikrometre

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Atıkların kıyısal bölgelerden deniz ortamına verilmesi dünyada çok sık karşılaşılan kirlilik problemlerindendir. Ağır metaller, sulara hem doğal süreçler hem de insan aktiviteleri neticesinde karışabilmektedir. Metallerin doğal sulara karışmasına yol açan antropojenik aktivitelerin en önemlileri kömür ve madencilik faaliyetleri ile kentsel atıklardır (Doğru vd., 2007; Alkan, 2009; Yılgör ve Avcı, 1997).

Sediment; mineral, organik madde ve inorganik madde parçacıklarının gözenekler arası su ile sayısız fizikokimyasal ve biyolojik süreçlerle askıda katı madde özelliğini kaybetmiş ve tabanına doğru çökelme eğilimi göstermeye başlamış ya da çökelmiş, çeşitli kaynaklara göre sınıflandırılan ve çeşitli büyüklüklerde bulunan yarı katı bileşimlerdir (Özşeker, 2012). Mikro ölçeklerden makro ölçeklere kadar değişen çevredeki sediment bileşenlerinin çoğu birbiriyle ilişkilidir. Sediment fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlere bağlı oluşmaktadırlar. 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 yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür ile katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler (Aksoy, 2005). Kıyısal bölgelerden deniz ortamına gelen atıklar kıyısal bölgelerde sucul ortamın yüzey sedimentlerinde metal zenginleşmesine sebep olurlar. Bu süreç kapalı ve yarı kapalı alanlardaki yüzey sedimentlerinin ağır metal içeriklerini artırmaktadır. Ayrıca Sediment de ağır metal birikimi ağır metal çelik endüstrisi, kimyasal ve petrokimyasal endüstrileşme sonunda üretilen katı ve sıvı ve bunların kanalizasyon şebekesi ile sucul ortama taşınması, insan kaynaklı katı ve sıvı haldeki çöp ve atıkların sucul ortama deşarjı ile olduğu belirlenmiştir (Förstner ve Witmann, 1983).

Yüzey sedimentlerinin ağır metal içeriği partikülün tane boyu ile ilişkili olan kimyasal ve mineralojik kompozisyonun bir fonksiyonudur ve çoğu ağır metal sedimentin ince taneli fraksiyonlarıyla birlikte bulunduğu belirtilmiştir (Kennish, 2002). Sucul sistemlerde ağır metaller kompleks veya çözünmüş iyon şeklinde, askıda veya kolloidal iyon şeklinde ve sedimentte çözünmüş olarak bulunabilirler (Karadede ve Ünlü, 2000).

Ağır metaller sucul ortamlarda devamlı bir şekilde su ile sediment arasında geçiş göstermelerinin yanı sıra sediment yüzeyinde birikirler (Günel, 2006).

Deniz ortamındaki organik madde karasal ve denizel kökenlidir. Denizel organik maddenin birincil sağlayıcıları, fitoplanktonlar, zooplanktonlar, bakteri, alg ve mikrofita popülasyonudur. Karasal organik madde deniz ortamına dışarıdan çeşitli yollarla gelir. Karadan gelen organik maddenin taşınmasında nehirler büyük rol oynar. Ayrıca havadan taneli partikül halindeki organik madde de rüzgar sisteminin etkisiyle deniz ortamına kolayca taşınır. Karasal organik madde sıvı ortamda depolanır ve kayma, göçme, yığın akması ve türbitide akıntılarıyla basene doğru taşınabilir (Yılgör ve Avcı, 1997) .

Sucul ortamda ağır metal ile organik madde arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Su kolonunda ki çözünmüş veya partikül haldeki organik madde metaller için taşıyıcı görev görür ve metaller yüzey sedimentlerine dahil edilirler. Aynı zamanda sudaki ağır metallerin taşınmasında, organik madde tarafından emilimi önemli bir işlemdir (Lin ve Chen, 1997).

Metallerin sediment yüzeyine, bentik canlılara, planktonik organizmalara ve besin zincirine katılarak çoğunlukla zaralı limitlerde biyolojik birikimler gösterdikleri ve bu birikimlerin sonucunda sucul organizmaların ve insanların zararlı şekilde etkilendikleri bilinmektedir. Bu nedenle biyolojik hayatın var olabilmesi ve doğanın korunabilmesi açısından sucul ortamlara deşarj edilen metallerin toksikolojik araştırmaları büyük önem taşımaktadır (Ankley vd., 1996).

Bu çalışmada; Sürmene Koyunun tamamını yansıtacak şekilde Araklı ve Of arasında kalan sahada belirlenmiş olan istasyonlarının güncel yüzey sedimentlerinde jeolojik yapıdan ve insan kaynaklı atıklardan gelen ağır metal derişiminin önemli boyutlarda olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca tersane yapımı nedeniyle bundan sonraki tersane yükünün alana ne kadar kirlilik getirebileceği takibine alt yapı olarak hazırlanmıştır.

### 1.2. Sucul Ortamlardaki Sediment Oluşumu

Karbon, hidrojen, azot ve fosfor elementlerinin yanı sıra organik ve inorganik materyaller ve çökelen maddeler sediment oluşumuna büyük katkı sağlarlar. Sucul ortamlarda organik madde yıkımlarının büyük çoğunluğu sedimentlerde gerçekleşir. İnsan aktiviteleri ile oluşan kimyasalların çoğunluğu, organik yapıdadır ve sedimentte birikim yaparlar. Sediment kontaminasyonu ekosistem üzerinde çok sayıda zarar verici etkilere

neden olabilir. Bu ortamlardaki bazı canlıların yok olmasına sebebiyet verebilecekleri gibi, kirliliğe karşı duyarlı, yüksek tolaranslı türlere dönüşebilirler (Özşeker, 2012, URL-1, 2010). Sedimentlerin büyük kısmı karalardaki kayaların parçalanması sonucu kopan partiküllerin, deniz ve göl gibi büyük su kütlelerine taşınmasıyla oluşur. Buz kütlelerinin erimesi, sularda meydana gelen hareketler ve sıcak-soğuk değişiklikleri, don olayları, sıkışmalar, termal genişlemeler, organik aktiviteler ve benzeri olaylar sediment oluşumunu sağlayan diğer önemli unsurlardır. Sediment birikiminde sıcaklıkta oldukça önemlidir. Örneğin, düşük rakımlı yerlerde, yüksek ısı varlığında feldispatlar kile dönüşürler. Aşırı yağmur yağışı ve benzer diğer meteorolojik etkenlerle küçük parçalara ayrılan kayalar, daha çözünebilir minerallere ayrışarak denizel ortamlara taşınır. Denizlerdeki dalga hareketleri ve gelgit olayları da, karalar üzerinde, ufalanan veya kopan kaya parçalarının kıta sahanlığında, kıta eğiminde veya deniz dibi düzlüklerinde birikmesinde etkili olmaktadır. Bir kısım sediment değişik etkenlerle karalara geri taşınabilir veya yer altı kaynaklarına katılabilir (Ergül, 2004 ).

### 1.3. Karadeniz Sedimentleri

Karadenizde güncel sedimentasyon karbonat içeriği düşük olan kara kökenli materyal ve biyolojik kökenli karbonat (Coccolith) kontrolünde gelişmektedir. Doğu ve Batı basenlerin merkez bölümlerinde kil ve karbonat içerikleri hayli yüksektir. Biyojenik materyalin kil boyutlu kalsistten oluşması nedeniyle toplam karbonat içeriği Coccolith oranına bağlı olarak artmaktadır (Alemdağ, 1999).

Karadeniz'de üç ana sediment tabakası oluşmuştur. Son zamanlarda (0-3000 yıl) denizin dip bölgelerinde çok ince bir sediment tabakası karbon'ca zenginleşmiştir ve tabaka yaklaşık 30 cm civarındadır. Bu birinci tabaka olarak bilinir. Karadeniz'in ikinci eski sediment tabakası ise organik maddeler ile zenginleştirilmiş tabakadır ve bu tabaka 3000 ile 7000 yıl önce oluşmaktadır. Üçüncü sediment tabakası ise karasal taşınımlarla (Neoxine period) oluşmuştur. Bu taşınımın büyük bir kısmı akarsular tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu oluşum 7000 ile 25000 yılları arasında meydana gelmiştir (Straklov, 1947).

Aktüel jeolojik dönem olarak tanımlanabilecek son 500.000 yıl içinde ise Karadeniz tabanındaki istiflenmiş sedimentlerde yapılan çalışmalarda birikim hızı ortalama 10 cm/1000 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu sedimentler içinde yalnızca doğal olarak nehir suları

ile gelen çözünmüş yüklerin 0.025 inin metal olması halinde bile yıllık metal birikiminin 218.700 tona ulaştığı, bazı sediment seviyelerinde ise bu miktarın 10 ile yüz katı arttığı bilinmektedir (İzdar ve Ergün, 1987).

### 1.4. Ağır Metaller

Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadırlar. Ağır metal tanımı, fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm$^3$ten daha yüksek olan metaller için kullanılır (Çınar, 2008).

Ağır metaller biyolojik proseslere katılıp katılmamalarına göre yaşamsal ve yaşamsal olmayanlar olarak sınıflandırılır. Yaşamsal olanlar organizmanın yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunan ve yaşamsal aktivitelerde kullanılanlardır. Bunların düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Yaşamsal olmayanlar ise çok küçük konsantrasyonlarda dahi canlıyı etkileyerek çeşitli sağlık problemlerine yol açabilirler. Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı canlı türlerine göre değişmektedir (Kahvecioğlu vd., 2003). Sayısız kullanım yeri olan metaller biyolojik anlamda üç gruba ayrılır (Clark, 1992):

Major: Canlının yaşaması için mutlaka gerekli olan metallerdir. Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Kalsiyum, potasyum, sodyum, magnezyum gibi.

Minor: Düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yapan elementlerdir. Demir, bakır, kobalt, manganez, çinko, molibden, krom gibi.

Eser elementler (Metaloitler): Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan ve oldukça düşük konsantrasyonlarda toksik etki yapan elementlerdir. Kadmiyum, arsenik, civa, kurşun, kalay, selenyum, berilyum gibi.

Denizler, göller ve akarsular insan aktiviteleri (endüstriyel ve evsel atıklar gibi) sonucu metallerle kirlenmekte ve bazı metaller çevrede lipofil özellik kazanarak su, bitki ve hayvanlarda birikim yaparak besin zinciri ile insanlara kadar ulaşmaktadır.

Metallerin biyolojik parçalanmaya dayanıklı olmaları, dağılım ve taşınma sonucu emisyona uğradıkları yerlerden çok uzaklarda da birikerek çevredeki derişimlerinin artması çevresel etkileri bakımından oldukça önemlidir. Toksik etki her metalin özelliklerine göre değişim göstermektedir. Ancak genel olarak metallerin hepsi birden fazla organ ve sistemi etkilemektedir (Kartal vd., 2004).

### 1.4.1. Kurşun

Periyodik tablonun IV A grubunun beşinci elementidir. Atom numarası 82, atom ağırlığı 207,19, erime noktası 327 ºC, kaynama noktası 1749 ºC ve özgül ağırlığı 11,34 g/cm$^3$'tür. İyonik halde +2 ve +4 değerlikleri alır. Sulu çözeltilerinde bilinen türleri $Pb^{2+}$, hidroksit ve karbonat kompleksleridir (Baş, 1992; APHA, 1998).

Yerkabuğunda ortalama 13 ppm civarında mevcut olan kurşun, toprakta 2,6-25 ppm; nehirlerde 3 μg/L ve yeraltı sularında <0,1 mg/L seviyelerinde bulunur. Doğal olarak bulunabilen metaller arasında yer almaktadır. Kurşunun en çok rastlanılan cevherleri, sülfür minerali galen (PbS) ve onun oksitlenmiş ürünleri olan serusit ($PbCO_3$) ve anglezit'tir ($PbSO_4$). Bu mineraller arasında en önemli olanı galendir. Genel olarak sfalerit (ZnS), gümüş ve pirit ($FeS_2$) ile birlikte bulunur (APHA, 1998).

Kurşun kullanımının tarihçesi eski Romalılara kadar uzanır. Günümüzde batarya, boya, alaşım, pil, seramik, porselen, cephane, kauçuk sanayi, insektisit, oyuncak yapımında ve matbaacılıkta kullanılmaktadır (Baş, 1992). Kurşun aynı zamanda uzun yıllar benzinde vuruntu önleyici olarak tetraetil kurşun formunda kullanılmıştır.

Kurşun bitki ve hayvanlar için gerekli değildir. Bilindiği kadarıyla, insan vücudunda hiçbir gerekli fonksiyonu yerine getirmez. Toksiktir ve birikim yaparak zehirlerleyici etki göstermektedir (APHA, 1998).

Kurşun su kaynaklarına endüstri, maden, eritme tesisleri ve deşarjlarından karışabilmektedir. İçme sularına boruların korozyonu yolu ile girebilmekte suyun biraz asidik olması durumunda ise bu olay daha kolay gerçekleşmektedir. Sigara dumanı da az miktarda kurşun içermektedir.

Kurşun hemoglobin biyosentezinde aksama ve anemi, kan basıncında artış, böbrek hasarı, düşük yapma, sinir sisteminde aksama, beyin hasarı, sperm hasarları ile erkeklik verimliliğinde azalma, çocukların öğrenme kabiliyetlerinde azalma, saldırganlık, dürtülerle hareket ve hiperaktivite gibi çocuklarda birçok istenmeyen etkiye neden olabilir. Gıdalardan kaynaklanan kurşun toksisitesi son derece nadirdir ve neredeyse tamamı çevresel kirlenmelerden oluşmaktadır (Kartal vd., 2004).

### 1.4.2. Bakır

Periyodik tablonun I B grubunun ilk elementidir. Atom numarası 29, atom ağırlığı 63,54 olup, bileşiklerinde +1 ve +2 değerliklidir. Erime noktası 1084,62 ºC, kaynama noktası 2562 ºC ve özgül ağırlığı 8,96 g/cm$^3$ tür (Baş, 1992; APHA, 1998). Atmosfer koşullarında metalik gri tonunda bulunmayan iki metalden biri olan bakır, M.Ö. 5000 yılından beri tanınmaktadır ve adını ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın Latincesinden (aes cyprium: Kıbrıs cevheri, cyprium ve daha sonra Cuprum) almıştır. Yerkabuğunda ortalama 68 ppm civarında mevcut olan bakır, toprakta 9,33 ppm; nehirlerde 4-12 µg/L yeraltı sularında <0,1 mg/L seviyelerinde bulunmaktadır. Bakır doğal olarak sülfür bileşikleri, oksitleri ve karbonatları halinde birçok mineral içinde bulunur (APHA, 1998).

Elektrik kabloları, çatı kaplama malzemeleri, çeşitli alaşımlar, pigmentler, mutfak eşyaları, boru imalatlarında ve kimyasal endüstride kullanılmaktadır. Bakır tuzları, su sağlama sistemlerindeki rezervuarlar ve dağıtım borularında biyolojik gelişmeleri kontrol altına almak ve manganın oksidasyonunu katalizlemek için kullanılmaktadır.

Bakır doğal sularda organik ve anorganik ligandlarla bir çok kompleks oluşturur. Sulu çözeltilerdeki bilinen türleri $Cu^{2+}$, $Cu(OH)_2$ ve $CuHCO_3$' tır. Borularda bakır içeren alaşımların korozyonu sulara ölçülebilir miktarda bakır karışmasına yol açabilmektedir.

Bakır bitki ve hayvanlar için esansiyel bir elementtir ancak bazı bileşiklerinin ağızdan alınması veya solunması toksik etki gösterir. Sulama suları için FAO tarafından belirlenen izin verilen maksimum bakır derişimi 200 µg/L'dir. İçme suları için EPA tarafından belirlenen sınır değer ise 1,3 mg/L'dir (APHA, 1998).

Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özellikleri arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyona karşı direnç, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca çok sayıda alaşımı endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vd.) değişik amaçlarla kullanılmaktadır.

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapılı canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Örneğin % 1-20 $CuSO_4$ içeren kireç sütü karışımı "Bordo-

Karışımı" olarak bilinir ve üzüm bağlarında fungusit olarak kullanılır. Hastanelerde kapı kolları ve elle sıkça temas edilen bölgeler bakır alaşımlarından imal edilen malzemelerden yapılır ve malzemenin antiseptik özelliğinden yararlanılarak mikropların yayılması engellenir.

Çoğu bakır bileşiği ya su tortusuna ya da toprak parçacıklarına yerleşip bağlanır. Çözünür bakır bileşikleri insan sağlığı için en büyük tehdidi oluşturmaktadır. Genellikle doğada suda çözünür bakır bileşikleri tarım uygulamalarında kullanım sonucu ortaya çıkmaktadır (Kartal vd., 2004).

### 1.4.3. Çinko

Periyodik tablonun II B grubunda bulunan bir geçiş elementidir. Atom numarası 30, atom ağırlığı 65,38, erime noktası 419,53 ºC, kaynama noktası 907 ºC ve özgül ağırlığı 7,14 g/cm$^3$ tür. Bileşiklerinde +2 değerliği alır (Baş, 1992).

Yerkabuğunda ortalama 76 ppm civarında mevcut olan çinko, toprakta 25-68 ppm; nehirlerde 20 μg/L yeraltı sularında <0,1 mg/L seviyelerinde bulunmaktadır (APHA, 1998).

Metalik çinkonun tarihteki ilk üretimi hakkında kesin bir bilgi mevcut değildir. M.Ö. 1000 yıllarında Çinlilerin ve 14. yy da Hindistanlıların metalik çinko ürettikleri ileri sürülmektedir. Avrupa'da Löhyenns ilk kez Goslar da metali bulmuştur (1617) ve muhtemelen ismini de vermiştir. İlk çinko üretimi destilasyonla yapılmış ve işletme 1743' de Bristol' de açılmıştır.

Çinko, pirinç ve bronz alaşımlarının hazırlanması ile bataryalar, fungusitler ve pigment üretimlerinde kullanılır. Demire göre daha elektronegatif olduğundan, çinko kaplamalar çelik yapılar için çok iyi korozyondan korunma sağlarlar ve bu özellik en önemli kullanım alanını oluşturur. Diğer taraftan düşük erime sıcaklığına sahip olması nedeniyle kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılmaktadır. Çinko beyazı veya Çin beyazı olarak bilinen çinko oksit (ZnO), boya pigmenti olarak kullanılır (APHA, 1998).

Çinko bitki ve hayvanlar için gerekli elementtir, fakat yüksek düzeyleri bazı akuatik türler için toksiktir. Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metalle göre daha düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Çinko tuzlarının toksikliği, yapısında bulunan çinkodan ziyade,

bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatın ($ZnCrO_4$) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği $Zn^{2+}$ yüzünden değil anyonik $CrO_4^{2-}$bileşeni sebebiyledir.

Sulama suları için FAO tarafından belirlenmiş olan maksimum izin verilen çinko derişimi 2 g/L'dir. İçme suları standardı olarak ikinci sınıf sular için EPA tarafından belirlenen müsaade sınırı (MCL) 5 mg/L'dir.

Çinko içme sularına galvanizli demirin bozunması ve pirinç alaşımından çinkonun seçimli olarak uzaklaşması ile karışır. Böyle durumlarda suya kurşun ve kadmiyum da karışabilir. Çünkü galvanizlemede çinko da safsızlık olarak vardır. Çinko endüstriyel atık sulardan da gelir (APHA, 1998).

Çinko, beslenme açısından esansiyel bir metaldir. Yetersizliği neticesinde önemli sağlık problemleri oluşur. Ayrıca besin kaplarından çinkonun çözünmesiyle kirlenen besinin tüketilmesi veya mesleki koşullar altında çinko ya da çinko oksit tozunun solunumuyla zehirlenme ortaya çıkabilmektedir (Baş, 1992).

### 1.4.4. Mangan

Periyodik tablonun VII B grubunun ilk elementidir. Atom numarası 25, atom ağırlığı 54,94'tür. Genelde +2, +4 ve +7 değerliklidir. Nadiren 1, 3, 5 ve 6 değerlikleri alabilir. Yerkabuğunda ortalama 1060 ppm civarında mevcut olan mangan, toprakta 61-1010 ppm; nehirlerde 7 μg/L ve yeraltı sularında < 0,1 mg/L seviyelerinde bulunur. En yaygın mineralleri pyrolusite ($MnO_2$) ve psilomelane'dir. Çelik alaşımları bataryalar ve besin katkısı olarak kullanılır. Sulu çözeltilerdeki yükseltgenme basamakları $Mn^{2+}$ ve $Mn^{4+}$, tür. Sudaki kimyası demire benzer. Mangan demir mineralleri ile su, toprak ve okyanuslarda yumru halinde bulunur. Yeraltı suları anoksik olduğundan bütün mangan indirgenmiş halde $Mn^{2+}$ dir. Hava ve oksidantlarla muamele sonucu siyah renkli $MnO_2$ çökeleği oluşur. Bitki ve hayvanlar için gerekli eser element olduğu düşünülmektedir. Sulama suları için FAO tarafından belirlenen sınır değeri 0,2 mg/L'dir. İçme suları için EPA tarafından belirlenen sınır değer ise 50 μg/L'dir (APHA, 1998). İnsan vücudunda çok yüksek derişimlerde bulunursa toksiktir. Hem yetersizliği hem de aşırı alınması sonucunda önemli sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır (Kartal vd., 2004).

### 1.4.5. Alüminyum

Alüminyum; Periyodik çizelgenin III A grubunda yer alır. Doğada tek bir izotopu vardır: 27Al. Altı tane radyoaktif izotopu bilinir. Yerkabuğunda oksijen ve silisyumdan sonra en bol bulunan elementtir. Yerkabuğunun % 8,8 'ini oluşturur.

Alüminyum simgesi Al' dir. Gümüş renkte sünek bir metaldir. Atom numarası 13' tür. Doğada genellikle boksit cevheri halinde bulunur ve oksidasyona karşı üstün direnci ile tanınır. Endüstrinin pek çok kolunda milyonlarca farklı ürünün yapımında kullanılmakta olup dünya ekonomisi içinde çok önemli bir yeri vardır. Alüminyumdan üretilmiş yapısal bileşenler uzay ve havacılık sanayii için vazgeçilmezdir. Hafiflik ve yüksek dayanım özellikleri gerektiren taşımacılık ve inşaat sanayiinde geniş kullanım alanı bulur.

Yerkabuğunda bol miktarda (% 7,5-8,1) bulunmasına rağmen serbest halde çok nadir bulunur Alüminyumun hurdalardan geri kazanımı, günümüz alüminyum endüstrisinin önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Alüminyum kolay soğuyup ısıyı emen bir metal olması nedeniyle soğutma sanayinde geniş bir yer bulur. Bakırdan daha ucuz olması ve daha çok bulunması, işlenmesinin kolay olması ve yumuşak olması nedeniyle birçok sektörde kullanılan bir metaldir. Alüminyum genel manada soğutucu yapımında, spot ışıklarda, mutfak gereçleri yapımında, hafiflik esas olan araçların yapımında (uçak, bisiklet otomobil motorları, motorsikletler v.b) kullanılır. Bunun yanında sanayide önemli bir madde olan alüminyum günlük hayatta her zaman karşımıza çıkan bir metaldir (APHA, 1998).

### 1.4.6. Krom

Periyodik çizelgenin IV B grubunda yer alır. Atom numarası 24, atom ağırlığı 51.996'dır. Ekonomik olarak işletilen tek krom minerali kromittir ($FeCr_2O_4$). Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kâğıt yakıtların yanması nedeni ile doğada altı değerlikli krom oluşmaktadır. Okside krom havada ve suda nispetten kararlı iken, ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerlikli halinde bulunur. Kromun kayalardan ve topraktan suya ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanına çökelir.

Gümüş beyazı renkte, sert ancak kolay kırılabilen bir metaldir. Krom doğada saf biçimde bulunmaz. Sürekli başka elementlerle bileşik durumundadır. Başlıca biçimi, kristalleri pek görülmeyen özellikte, ağır bir mineral olan kromittir ($FeOCr_2Os_3$). Saf kromite ender rastlanır. Bu maddeyi kuşatan kristal çeper çoğu kez alüminyum, magnezyum ve demir gibi kromitin bileşimindeki asıl atomların yerini alacak atomlar içeren iyonlarla birleşik haldedir (APHA, 1998).

### 1.4.7. Kobalt

Demir ve nikel ile benzer özellikler gösteren, periyodik cetvelde VIII grubunda yer alan bir kimyasal elementtir. Atom numarası 27 ve atom ağırlığı 58,9 olup tipik bir geçiş elementidir. Kobalt, maviye çalan gümüş beyazlığında, dövülgen katılığında bir metaldir. Yerkabuğunda 0,001 oranında bulunur. Demir, nikel, bakır, çinko, mangan ve arsenik cevherlerinden bir yan ürün olarak elde edilir. Kobalt sert, gümüş renginde, davranış ve özellik bakımından nikel ile demire çok benzeyen bir metaldir. Erime noktası 1495°C ve kaynama noktası da 2967°C civarındadır. Özgül ağırlığı 8,99 $g/cm^3$tür. Sertliği, saf demirinki kadardır. Çekme direnci 25 $kg/mm^2$dir. Yeryüzünde 25 mg/ton ortalama ile kobalt en az sıklıkla bulunan elementler grubundadır (APHA, 1998).

### 1.4.8. Nikel

Periyodik çizelgenin VIII grubunda yer alır. Gümüş beyazı renginde, oldukça sert ve ağır bir elementtir. Yerkabuğundaki elementler arasında 22. sırada yer alır. Yerin merkezinde % 6-7 oranında bulunur. Atom numarası 28 atom ağırlığı 8,8’ dir.

Dünyadaki nikel rezervlerinin % 20′si sülfit filizlerinden (kükürt bileşikleri) ve başlıca nikel filizi olan pentlanditten elde edilir. Bunlar nikelin yanı sıra (% 1-12 oranında) genellikle bakır, bol miktarda demir, bazen ticarette kullanılan platin grubu metallerle (platin, iridyum ve palladyum) kobalt, altın ve gümüş gibi metalleri de içerir. Nikel’in organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında, kalp damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir vakadır. Dünya nikel rezervleri toplamının 60 milyon ton olduğu sanılmaktadır (APHA, 1998).

### 1.4.9. Arsenik

Periyodik çizelgenin VA grubunda yer alan kimyasal bir elementtir. Atom numarası 33 atom ağırlığı 74.921'dir. Bir yarı metaldir. Doğal izotopu (75) ve yapay izotopları (68-74 ve 76-81) vardır. Bileşikleri ilkçağdan beri bilinir ve kullanılır.

Yerkürenin kabuğunda çok az bulunan ve geniş olarak dağılmış bir elementtir. Yer kabuğunda kalay ve antimon nispetinde bulunmaktadır. Arsenik, bileşiklerinde 5+, 3+ ve -3 değerlikleri alabilir. Arsenik ihtiva eden pestisitlerin birkaç yıl kullanılmaları sonucu arsenik derişimi birkaç yüz misli artmaktadır. Deniz suyunda milyonda on oranında bulunmaktadır. Bazı elementel arsenik yatakları biliniyorsa da, arseniği, arsenit ve arsenat gibi filizleri şeklinde bulunduran mineraller daha yaygındır. Arseniğin zehirli etkilerinin, vücuttaki bazı enzimlerle birleşerek hücre metabolizmasına bozucu etkide bulunmasından ileri geldiği zannedilmektedir (APHA, 1998).

### 1.4.10. Molibden

Geçiş metallerinden olan molibdenin atom ağırlığı 95.94 g/moL, atom numarası 42 ve yoğunluğu 10.28 g/cm$^3$'tür. Kimyasal özellikleri bakımından krom ve volfram ile benzerlik gösteren molibden, yüksek erime ve kaynama noktası, yüksek ısı dayanımı, yüksek ısı iletkenliği ve düşük termal genleşme gibi üstün özelliklere sahiptir. Molibden 2623 °C'de erir. Bu özelliği ile metaller arasında altıncı sırayı alır. 4639 °C'de kaynayan molibden, soğukta havadan etkilenmez, akkor halindeyken oksitlenir, nitrik ve sülfürik asitlerden etkilenir, yüksek sıcaklıkta su buharını ayrıştırır. Üretilen molibdenin üçte ikisinden fazlası alaşımlarda kullanılır. Bu alaşımlardan en önemlileri; yüksek mukavemetli alaşımlar ve yüksek sıcaklık çelikleridir. Hastelloy gibi bazı molibden içeren alaşımlar, ısı ve korozyon dayanımı yüksek alaşımlardır. Molibden, uçak ve füze parçalarının yapımında ve ayrıca filamanlarda kullanılır. Petrol endüstrisinde, petrol ürünlerinden organik sülfürün uzaklaştırılmasında, katalizör olarak kullanılır (APHA, 1998).

### 1.5. Önceki Çalışmalar

Tarım bakanlığına bağlı Su ürünleri Araştırma Enstitüsü ve ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsünün ortaklaşa yapmış oldukları çalışmada materyal olarak deniz suyu, tatlı su (nehirler), midye ve sediment seçilmiştir. 1993-1996 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmada; doğu Karadeniz'e Hg, Cu, Pb ve Zn en çok Bakır işletmelerinin atıklarının denize ulaştığı Hopa'dan ve Giresun-Tirebolu Harşit Çayı'nın denize döküldüğü noktadan girdiği tespit edilmiştir. Bu iki noktayı Sinop Merkez Sanayii izlemekte olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Kızılırmak, Yeşilırmak ve Giresun-Bulancak Pazar suyu yoluyla da önemli miktarda bakır, kurşun ve bir miktarda civa ve kadmiyum Doğu Karadeniz'e ulaştığı tespit edilmiştir. Batı Karadeniz'de referans istasyonu olarak seçilmesine karşın en yüksek metal kirliliği Şile'de gözlenmiş, bunu Sakarya Nehri'nin denize döküldüğü alan izlemiştir. Şile'deki kirlilikte Tuna Nehri yoluyla Batı Karadeniz'e ulaşan ve akıntılar yoluyla doğu yönünde hareket eden kirleticilerin de büyük rolü olduğu vurgulanmıştır.

Topçuoğlu ve ark. (2004), Rize ili Pazar ilçesinde gerçekleştirilen bir çalışmada, yüzey sedimentinde Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Fe ve Mn konsantrasyonları yüzey sedimentinde elde edilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur. Yüzey sedimentinde buldukları ağır metal değerleri Cd için < 0,02 µg/g, Cu için 47-111 µg/g, Cr için 39-245 µg/g, Co için 22,5-86,2 µg/g, Ni için 36,5-79,2 µg/g, Zn için 68-148 µg/g, Fe için 4,2-29,6 µg/g, Mn için 907-2830 µg/g, Pb içi <0,1-52,9 µg/g olarak belirlemişlerdir.

Özşeker'in (2006) Güneydoğu Karadeniz (Trabzon) kıta sahanlığı oksik tabaka hidrografik özellikleri, sedimanlarının tane boyutu dağılımı ve ağır metal içeriklerinin araştırılması konulu çalışmasının sonucunda; Akçaabat-Of arasında kalan sahadaki güncel dip sedimanlarının element kompozisyonunun farklılık gösterdiği, Sürmene ve doğusundaki sahadan alınan örneklerin daha yoğun metal elementi barındırdığı ortaya çıkmıştır. Elek analizlerinde ise Akçaabat ve Karadere istasyonları sedimanları haricinde, diğer istasyonların sedimanları üniform ve iyi derecelenmemiş sedimanlardan oluştuğu tespit edilmiştir. Su sütununun fiziksel özellikleri bölge genelinde aynı karakterde olduğundan dolayı sediman dağılımı ve kompozisyonu üzerinde bölgeler arası farklılık doğurmadığı sonucuna varılmıştır.

Ergül ve arkadaşları (2008) Karadenizin doğu kıyılarından alınan dip sedimenti ve askı yükte bazı metal analizlerini (Cd, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb, As, ve Sb)

mevsimsel çalışmışlardır. Sedimentte Cd, Cd, Mn konsantrasyonları yaz mevsimi hariç yüksek çıkmıştır. Yüzey sedimentin de Co, Ni, Fe konsantrasyonları çok düşük çıkmıştır.

Özşeker ve Erüz (2011) tarafından Trabzon kıyılarında yapılan bir çalışmada ise Trabzon bölgesinin batı ve doğu bölgeleri ağır metal konsantrasyonu bakımından kıyaslanmıştır. Bu çalışma kapsamında batı bölgesi ve doğu bölgesinden 32 şer farklı istasyon olmak üzere 64 istasyondan örnekleme yapılmıştır. Trabzon'un batısında Zn değeri 81,37 ppm, Cu değeri 62,33 ppm, Ni değeri 57,10 ppm ve Pb değeri ise 25,66 ppm olarak bulunurken, doğu bölgesinde Zn değeri 101,69 ppm, Cu değer, 57,83 ppm, Ni değeri 20,40 ve Pb değeri ise 28,45 ppm olarak belirtmişlerdir.

Yücesoy ve Ergin (1992) tarafından Karadeniz'de yapılan araştırmanın sonuçlarına göre, Cu için 15-119 µg/g, Cr için 13-239 µg/g, Co için 0-22 µg/g, Ni için 11-22 µg/g, Zn için 24-141 µg/g, Fe için 0,2-5,3 µg/g, Mn için 112-1109 µg/g, Pb için 12-69 µg/g arasındaki değerleri belirlemişlerdir.

Akyüz ve arkadaşları (1995) tarafından Karadeniz dip sedimentlerinde 40 farklı istasyondan toplam 100 adet sediment kor örneklemesi gerçekleştirilmiştir. Sediment kesitinin farklı derinliklerine göre analizlerin yapıldığı bu çalışmada (Br+I) ile $U_3O_8$ ve (Br+I) veya Mo ve organik karbon arasında doğrusal korelasyonlar bulunmuştur.

Güven ve arkadaşları (1997) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Sinop ve Güneybatı Karadeniz sahilinde yer alan toplam dört istasyondan alınan yüzey sedimenti örnekleri incelenmiştir. Sb'nin Şile'de, As'nin Riva'da, Cr, Fe ve Zn'nin ise Sinop'ta yüksek olduğu bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre metal kirliliği Karadeniz'in Türkiye kıyılarında arttığı bildirilmiştir.

Topcuoğlu ve arkadaşları 1997-1998 yılları arasında Karadenizin kıyılarından farklı istasyonlardan almış oldukları biyota ve sediment de örneklerinde bazı metal (Pb, Cd, Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Cr, Ni) içeriklerini atomik absorpsiyon spektrofotometrisinde (AAS) çalışmışlardır. Çalışmaya göre Karadeniz kıyısı metal kirliliği ile karşı karşıya olduğu tespit etmişlerdir.

Bakan ve arkadaşları (1998) tarafından Samsun-Mert Irmağı'nda gerçekleştirilen çalışmada, ırmağın genellikle kirli su özellikleri taşımakta olduğu, sediman tabakasında da özellikle yüksek organik madde içeriğinin olduğu tespit edilmiştir.

Topçuoğlu ve arkadaşları (2002) 1997–1998 yılları arasında Karadeniz'in Türkiye kıyılarında sediment değerlerini ise Cd için <0.002-0.93 µg/g, Cu için 69,9-95,5 µg/g, Cr

için 21,8-38,9 µg/g, Zn için 33,9-267,4 µg/g, Pb için <0.05-31.10 µg/g, Mn için 214,1-870,3 µg/g olarak belirlemişlerdir.

Karaalioğlu ve Orhan (URL2) yapmış oldukları çalışmada Sinop ili kıyı şeridinde sediman örneklerinin yıllık ortalamaları Pb (63,46 mg/kg), Cu (56,07 mg/kg), Zn (204,12 mg/kg) olarak bulmuşlardır.

Arıman ve arkadaşları (2007) Orta Karadeniz Kıyı Şeridi Nehirleri Su ve Sediman Ortamlarında Ağır Metal Kirliliği İzlenmesi üzerine yapılan çalışmada, Orta Karadeniz kıyı şeridinde yer alan nehirlerin (Yeşilırmak, Abdal, Mert, Kürtün, Engiz ve Kızılırmak) ağır metal kirlilik yükünü belirlemek amacıyla su ve yüzey sediment örnekleri alınmıştır. Yapılan ilk mevsimsel analiz sonuçlarına göre, ağır metal kirlilik seviyeleri su örnekleri için özellikle Pb (0.148-1.115 mg/L) ve Ni (0.189-1.227) açısından nispeten daha yüksek iken diğer ağır metal türleri için düşük bulunmuştur. Sediment örneklerinde ise özellikle Mn(713-17995 mg/kg), Ni (385-5775 mg/kg) ve Pb (654-1022 mg/kg) konsantrasyonları diğer ağır metal türlerine göre daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, Orta Karadeniz kıyı şeridi nehir su ve sediment ortamlarında ağır metal kirliliği izlenmesi ve buna bağlı olarak oluşabilecek çevresel risklerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Balkıs ve arkadaşları (2007) tarafından Karadeniz, Marmara ve Ege Denizi sığ sedimentlerinde Toplam Cd, Co, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb ve Cu içerikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada genelde Yeşilırmak, Kızılırmak, Sakarya nehrindeki örneklerde Cd ve Pb konsantrasyonları tayin sınırının altında çıkmış iken Co, Cr, Ni, Fe ve Mn içeriği sığ sediment örneklerinde yüksek çıkmıştır. İstanbul boğazı ve Marmara sedimentlerinde Cd, Gökova sedimentlerinde ise Cd ve Mn sığ bölge ortalamalarından oldukça yüksek bulunmuştur.

Yiğiterhan ve arkadaşları (2007) Karadeniz'in farklı bölgelerinde ki nehirlerde (Danube, Sakarya, Filyos, Kızılırmak, Yeşilırmak) askıda katı madde ve yüzey sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonları çalışılmıştır ve metal girdisinin daha fazla insan etkisinden kaynaklandığı ortaya koyulmuştur.

Çoban ve arkadaşları (2009) Zonguldak kıyılarında yapılan çalışmada sedimentte ağır metal derişimleri Cd için 0,47 µg/g, Cr için 67,95 µg/g, Cu için 30,21 µg/g, Mn için 274,4 µg/g, Ni için 37,03 µg/g, Pb için 39,14 µg/g ve Zn için 84,6 µg/g olarak belirlenmiştir.

Algan ve arkadaşları (1999) tarafından İstanbul'un etrafındaki Marmara ve Karadeniz kıyı sularında yapılan çalışmada 6'sı Karadeniz'in İstanbul Boğaz'ı girişi önlerinde ki kıyı sularında olmak üzere toplam 28 yüzey sediment örneği alınmış ve analizler sonucunda Cu, Pb ve Zn miktarlarında zamana bağlı bir azalma görülmezken, Fe ve Mn'nin arttığı, Hg ve Ni'nin azaldığı belirlenmiştir. İstanbul Boğazı'nın Marmara Denizi girişinde metal değerleri daha yüksek bulunmuş bu durum kara kaynaklı kirletici girdisi ile ilişkilendirilmiştir.

Yılgör ve arkadaşları (2004) Fethiye limanı ağır metal kirliliği üzerine yapılan çalışmada, liman da belirlenen toplam 42 istasyondan alınan sedimentte Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Fe, Mn ve Co metallerinin toplam konsantrasyonları saptanmıştır. Dünya geneli ortalama şeyl değerlerine göre, çalışma alanı sedimentlerinde saptanan Cu ve Zn konsantrasyonları ortalamanın altında kalmakta, Mn ve Fe konsantrasyonları ortalamaya yakın sonuçlar vermekte, Co, Cr, Pb, ve Ni konsantrasyonları ise ortalamanın 4-20 katına ulaşmaktadır. Fethiye Limanı güncel sedimentlerinde en sık görülen litoloji killi silttir, bunu kumlu silt, silt, siltli kum ve kum takip ettiği gözlenmiştir. Ölçülen tüm metaller ince taneli sediment (killi silt) fraksiyonunda zenginleştiği tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde organik karbon içerikleri % 0.4-1.7, karbonat içerikleri ise % 19.84-24.51 arasında değişim göstermektedir. Organik karbon, ölçülen tüm ağır metallerle pozitif korelasyona, karbonat ise negatif korelasyona sahip olduğu bulunmuştur. Çalışma alanının yarı kapalı bir deniz olması ve su sirkülasyonunun sınırlı olması kirliliği arttıran etkenler olarak gösterilmiştir.

Ergin ve Günel (2006) Antalya körfezinde yapmış oldukları çalışma sonucunda toplam organik karbon değerlerini % 15-80 arasında tespit etmişlerdir. Toplam karbonat miktarlarının hem denizde yaşayan bentik organizmalara ait kavkı ve parçalardan hemde karasal kırıntılardan kaynaklandığını mikroskobik incelemeler sonucunda belirlemişlerdir. Çamur türü sedimentlerin nispeten yüksek karbonat oranları kil-silt boyutundaki plantik, bentik ve karasal kökenli karbonat çamurlarından, kaba taneli, sedimentlerde ise tespit edilen yüksek karbonat miktarlarının makrofaunadan kaynaklandığı ifade etmişlerdir.

Yılgör ve Yaşar (2009) Büyük Menderes Nehri çökellerinde yapmış oldukları araştırma sonucunda sedimentlerdeki karbonat içeriğini % 5,9-30,54, organik karbon değerlerinin ise % 0,1-4,87 arasında bulmuşlardır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Araştırma Bölgesinin Genel Özellikleri

Karadeniz'e nehirler vasıtasıyla yılda 357 $km^3$ su girmekte buna ilaveten 225 $km^3$ yağış almaktadır. Yağış miktarı batıdan doğuya doğru artış gösterir ve 2500 mm'ye kadar ulaşır. Buna rağmen Karadeniz'in yarı kurak bir iklim kuşağında bulunması sonucu, buharlaşma miktarı yağış miktarından fazladır. Buharlaşma yolu ile kayıplar yaklaşık 350 $km^3$/ yıl dır. Karadeniz'e büyük nehir deşarjlarına karşın Akdeniz ve boğaz vasıtasıyla su değişimi olan kapalı bir denizdir. Yaklaşık 1.864.000 $km^2$ lik drenaj alanında yılda 175 milyon tona yakın malzeme Karadeniz'e taşınmaktadır.

Karadeniz'de güncel sedimantasyon; karbonat içeriği düşük olan kara kara kökenli materyal ile biyolojik kökenli karbonat kontrolü ile oluşmaktadır. Doğu ve basenlerin merkez bölümlerinde kil ve karbonat içeriği hayli yüksektir. Biyojenik materyalin kil boyutlu kalsitten oluşması nedeniyle toplam karbonat içeriği biyolojik kökenli karbonat oranına bağlı olarak artmaktadır (Alkan, 1999). Araştırma sahası 40°57'27" K–40°17'15" D ve 40°56'05"K–40°04'56" D koordinantları arasında yer almaktadır. Bu çalışma da su kirliliği göstergesi olarak değerlendirilen Sürmene Koyu güncel yüzey Sedimentlerin de tane boyu analizi, karbonat, toplam organik karbon, organik madde, pH, ORP, toplam katılar ve su içeriği, askıdaki katı madde ve ağır metal birikimlerinin araştırılması ve birbirleriyle ilişkilendirilmeleri amaçlanmıştır. Çalışma alanı içerisinde Trabzon'a bağlı Of, Sürmene ve Araklı ilçeleri yer almaktadır. Sürmene Koyu'nda Solaklı ve Sürmene dereleri başta olmak üzere 5 tatlı su girdisi vardır. Bu dereler:

Solaklı Deresi: Çaykara ilçesinin Bayburt ili sınırlarına kadar ulaşan Solaklı deresi havzası güney ve kuzey yamaçlarından gelen çok sayıda yan dereler ile beslenerek Of ilçesinde Karadeniz'e karışmaktadır. Solaklı deresinin uzunluğu 41,3 km ve yıl içindeki ortalama debisi 19,2 $m^3$/s' dir (DSİ, 2006).

Gelincik Deresi: 1194 m yüksekliğindeki Kıran tepe eteklerinden doğar, kuzeye doğru güzergahı boyunca birçok yan kolla birleşir ve bu şekilde 13 km yol kat ederek, Of ilçe merkezi ile Çamburnu beldesi arasındaki Çamburnu Orman İçi Dinlenme yerinin doğu kısmından Karadeniz'e dökülmektedir. Toplam havza alanı 19 $km^2$ 'dir.

Gökçesu Deresi: Aysa Tepeleri (615 m) mevkisinden kaynaklanan Köy deresi ile Kocabeti Sırtlarından kaynaklanan Kirazlı dereden beslenmektedir. Gökçesu deresi, Çamburnu belde merkezinden Karadeniz'e dökülür. Derenin güzargah uzunluğu 3,5 km ve yağış havzası 5,3 $km^{2'}$ dir.

Sürmene Deresi (Manahoz Çayı): Kemer Dağları'nın kuzeyinden kaynaklandıktan sonra Aşot Yaylası'ndan gelen bir kolla birleştikten sonra kuzeye yönelip Karadeniz'e dökülmektedir. Yıllık ortalama debisi 7,2 $m^3$/s 'dir.

Küçükdere Deresi: Yalıköy'ün yakınlarından doğup, Ağaçbaşı Yaylası'ndan gelen küçük dere ile birleştikten sonra kuzeye yönelip ve Karadeniz'e dökülmektedir. Yıllık ortalama debisi 3,7 $m^3$/s' dir. (DSİ, 2008).

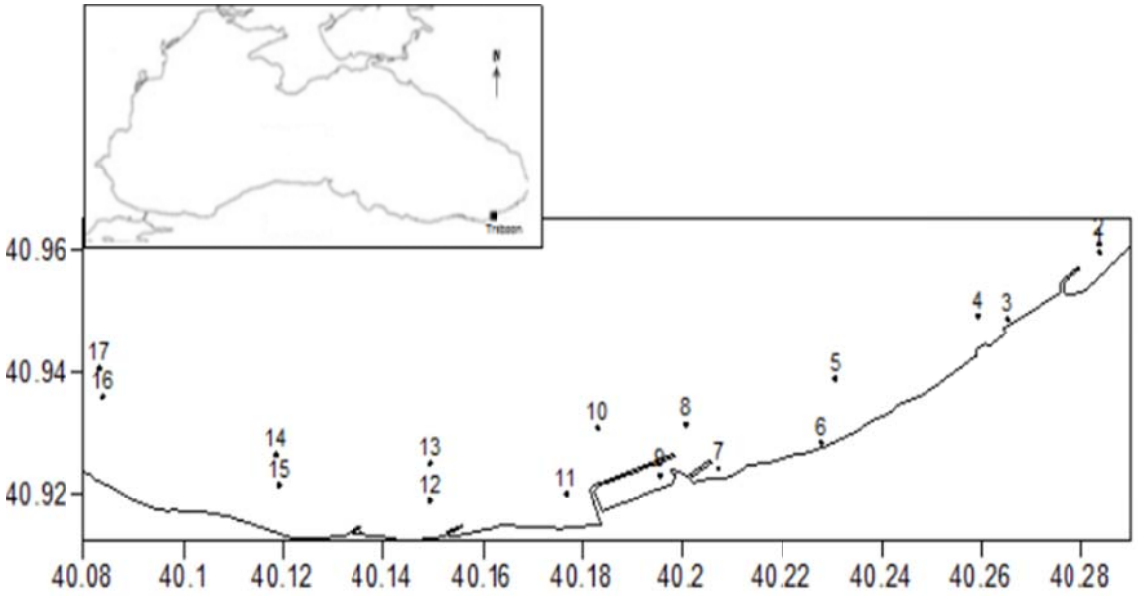
Bu derelerin ortalama yıllık debilerine bakıldığında getirdikleri tatlı su girdisinin, özellikle kıyı bölgelerini etkileyebilecek miktarda olduğu görülmektedir (DSİ, 2012).

Çalışma alanında hakim rüzgar yönü Kıble-Lodos (SSW) ve şiddetli rüzgarlar ise daha çok kuzeybatı (NW) yönünden gelmektedir (Başar, 1996). Çalışma alanı içerisinde 26 kıyı koruma tahkimatı, 3 balıkçı barınağı 1 gemi tersanesi ve 1 liman mevcuttur.

### 2.2. Araştırma Planı

Karadeniz'in kıyı yakınındaki sedimentler, yüzey ve kıyı akıntıları ile dalgalardan etkilenmektedir. Ayrıca, Doğu Karadeniz'e dereler vasıtasıyla oldukça fazla girdi girmektedir. Bu dereler bölgenin dağlarından doğmakta ve geçtikleri bölgeden aldıkları element ve bileşikleri havzaya taşımaktadırlar. Sürmene Koyu gerek insan kaynaklı atıkların, gerekse çevrede bulunan maden yataklarından gelen atık suların etkisinde kalmış ve bünyesinde tersane barındıran bir koydur.

21-22 Aralık 2011 tarihleri arasında Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesine ait YAKAMOZ adlı araştırma teknesiyle yürütülmüş bu çalışmada Sürmene Koyunun genelini yansıtacak şekilde Araklı ve Of arasında belirlenmiş olan 17 istasyondan Ekman Grap kepçesi yardımıyla, oksik zondaki güncel yüzey sedimentleri örneklenmiştir. Örneklemenin yapıldığı Sürmene koyu Şekil 1'de ve bu istasyonlara ait koordinatlar Tablo 1'de verilmiştir.




Şekil 1. Araştırma sahası ve örnekleme istasyonları

Tablo 1. Örnekleme istasyonlarının konum ve derinlik bilgileri

| İstasyon No | Koordinatlar | Kıyıdan Uzaklık (m) | Derinlik (m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 40° 17' 02" E - 40° 57’ 34” N | 385 | 14 |
| 2 | 40° 17' 02" E - 40° 57' 39" N | 483 | 20 |
| 3 | 40° 15' 55" E - 40° 56' 55" N | 175 | 15 |
| 4 | 40° 15' 34" E - 40° 56' 57" N | 555 | 39 |
| 5 | 40° 13' 51" E - 40° 56' 20" N | 993 | 54 |
| 6 | 40° 13' 41" E - 40° 55' 42" N | 140 | 12 |
| 7 | 40° 12' 26” E - 40° 55' 27" N | 241 | 14 |
| 8 | 40° 12' 03" E - 40° 55' 53" N | 1153 | 58 |
| 9 | 40° 11' 57" E - 40° 55' 14" N | 334 | 10 |
| 10 | 40° 10' 59" E - 40° 55' 51" N | 1720 | 38 |
| 11 | 40° 10' 37" E - 40° 55' 12" N | 669 | 11 |
| 12 | 40° 08' 58" E - 40° 55' 08" N | 720 | 16 |
| 13 | 40° 09' 06" E - 40° 55' 30" N | 1378 | 38 |
| 14 | 40° 07' 07" E - 40° 55' 35" N | 1342 | 30 |
| 15 | 40° 07' 09" E - 40° 55' 17" N | 845 | 11 |
| 16 | 40° 05’ 02” E - 40° 55' 17" N | 1270 | 34 |
| 17 | 40° 05' 00" E - 40° 56' 28" N | 1567 | 10 |

### 2.3. Sediment Örneklerinin Alınması

Bu çalışmada Hydro-Bios marka sediment kepçesi (Ekman Grap) kullanılmıştır. Bu amaçla sistem mandalı açık haldeyken kilitlenip halat ile zemine kadar bırakılır, Zemine değdiği noktada mandal otomatik olarak açılır. Halat yukarı çekilmeye başlandığında numune kepçenin içine hapsolur. Yukarı çekildikten sonra istenen yere ağzı açık olarak boşaltılır. Örnekleme yapılan sediment bloğunun en üst kısmından alınan örnekler derin dondurucuda -20º C' de analiz edilinceye kadar bekletilmiştir (EPA, 1997).

### 2.4. Kullanılan Araç ve Gereçler

#### 2.4.1. Araştırma Gemisi

Örnekleme ve ölçümler için Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesine ait YAKAMOZ adlı araştırma teknesi kullanılmıştır (Şekil 2).

Şekil 2. Saha çalışmalarında kullanılan R-V Yakamoz teknesi

#### 2.4.2. Ekman Grap Kepçesi

Deniz tabanında yüzeye yakın tabakalardan küçük örnekler almak için kullanılırlar. Örnekleme yapılan Ekman Grap kepçesi Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3. Sediment örnekleyici (Ekman Grap Kepçesi)

### 2.4.3. Coğrafik Yer Belirleme Sistemi (GPS)

Koordinatları belirlenmiş istasyonların pozisyon tespitleri Garmin marka Etrex 20 model GPS coğrafik konum belirleme cihazı kullanılarak yapılmıştır.

### 2.4.4. Elek Analiz Seti

Sedimentte tane boyu analizi için Retsch As 200 model elek analiz seti kullanılmıştır (Şekil 4).

Şekil 4. Sediment eleme düzeneği

### 2.4.5. Mikrodalga Çözündürme Ünitesi

Sediment örneklerinin çözünürleştirilmesi için Milestone Ethos 1 model mikrodalga sistemi kullanılmıştır (Şekil 5).

Şekil 5. Sediment çözünürleştirme sistemi (mikrodalga ünitesi)

### 2.4.6. ICP-MS İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrofotometresi

Ağır metal analizleri için, Trabzon Merkez Su Ürünleri Araştırma Enstitüsüne ait (BRUKER) 820 model indüktif eşleşmiş plazma ve kütle spektrometresi (ICP-MS) cihazı kullanılmıştır. Kütle spektrometrisi iyonların kütle/yük oranına bağlı olarak ayrılmasını sağlayan en temel metottur. ICP-MS tekniği düşük gözlenebilme sınırları, yüksek seçiciliği, yüksek doğruluk ve kesinliği nedeni ile son yıllarda tercih edilen bir tekniktir (Şekil 6).

Şekil 6. Metal analizlerinde kullanılan ICP-MS cihazı

### 2.5. Örneklerin Muhafazası

Belirlenen istasyonlardan Ekman Grap kepçesi ile alınan yüzey sedimentleri daha önceden asitle temizlenmiş, kurutulmuş naylon poşetlere konularak analiz edilinceye kadar -20°C kadar korunmuştur (Csuros ve Csuros 2002).

### 2.6. Sediment Örnekleme ve Ölçüm Yöntemleri

Islak haldeki sediment örnekleri iyice karıştırılarak homojenize edilmiş analiz amacına uygun şekilde kısımlara ayrılmıştır. Bunlar; Elek analizi, metal analizleri ve diğer analizler olmak üzere gruplandırılmıştır.

#### 2.6.1. Elek Analizi

Kuru hali en az 50 gram olacak kadar sediment örneği alüminyum kaplara alınıp 105 °C'de etüvde kurumaya bırakılmıştır. 105 °C'de kurutulmuş sediment örneği derin bir kaba alınıp, kuru ağırlığı tartılmış (A) ve bolca su eklenerek yumuşaması beklenmiştir. Elle büyük taneler ezilerek ufalanıp, büyük parça kalmayınca, elek analizine başlanmıştır. Alttan üste sırasıyla 63µ-125µ-250µ-500µ-1mm-2mm gözenek aralığına sahip elekler dizilmiş ve en üstten örnek boşaltılmış ve çeşme suyu açılarak üstten suyla yıkanmıştır. Elek üstünde kalan materyal, petrilere alındıktan sonra ıslak elemeye devam edilmiştir. Her

bir elek iyice yıkanarak elek üstünde kalan materyal petri kablarına alınmıştır. Örnekler tamamen kuruyana kadar etüvde 105 °C'de kurutulup ve soğuduktan sonra tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir (B+D). Petri kapları boşaltılıp yıkanıp, etüvde kurutulup soğuduktan sonra daraları tartılmıştır (D) (Aytekin, 2004).

Hesaplama her bir elek aralığı için aşağıdaki formülle hesaplama yapılmıştır. 63µ'un altı ise tüm elek aralıklarının kuru ağırlıkları (B) toplanarak 100'den çıkarılmasıyla bulunup aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Dağılım} = [(B+D)-(D)] / A*100 = B/A*100 \quad (1)$$

### 2.6.2. Metal Analizleri

Sediment örneği plastik geniş ağızlı kapaklı örnek kabına konulup kabın yarıdan fazlasına kadar saf u eklenip iyice çalkalanmıştır. 63 µm Ø'luk elekten geçirilerek elek altı cam beherlere alınıp etüvde en fazla 45°C'de kurutulmuştur. Kuruyan sediment örneği porselen tokmakla ezilerek mikrodalgada eritilmek üzere poşetlenmiştir. Bunun için 0,5000 g civarında homojenize edilmiş numune hassas bir şekilde tartılarak alınmış ve Milestone Ethos 1 model mikrodalga ünitesinde analitik saflıktaki 6 mL % 65' lik $HNO_3$, 1 mL % 30'luk $H_2O_2$ ve 1 mL % 65'lik $HCIO_4$ asit karışımı yardımıyla Milestone Ethos DG-EN-34 prosedürüne göre Milestone 1 mikrodalga ünitesinde çözünürleştirilmiştir. Çözünürleştirilen sediment örnekleri filtreden geçirilip deiyonize su (Barnsted easypure) ile 25 mL ye tamamlanmıştır. Kör örnek (blank) aynı prosedüre göre hazırlanmıştır. Bu çalışmada sonuçların doğruluğu Deniz Sedimenti Sertifikalı referans numune (MESS 3 National Research Council, Canada) ile test edilmiştir. Metal analizleri için Bruker 820 model ICP-MS (CRI) cihazı kullanılmıştır. Analizlerde Sc (Skandium), Y (Yitrium) ve In (İndium) internal standart olarak kullanılmıştır. Metallerin geri kazanımı % 92-107 olarak tespit edilmiştir.

### 2.6.3. Diğer Analizler

Kuru hali en az 50 gram olacak kadar sediment örneği alüminyum kaplara alınıp ve en maksimum 55 °C olacak şekilde etüvde kurutulmuştur. Kurutulan sediment örnekleri

ufalanarak 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Bir kısmı ayrılarak organik madde ve organik karbon tayini için 500 µ'luk elekten geçirilip elek üstü atılmıştır.

### 2.6.3.1. Organik Madde Tayini

Porselen krozeler, kül fırınında 550 °C'de yaklaşık 10-12 saat tutularak sabit tartıma getirilip ve soğuduktan sonra tartılarak daraları kaydedilmiştir (D). Darası alınmış olan krozelere, oda sıcaklığında (en fazla 55 °C'de) kurutulmuş ve 500 µ'luk elekten elenmiş 10-20 gram kadar sediment örneği tartılıp, örnekler, etüvde 105 °C'de 2-3 saat bırakıldıktan sonra desikatörde soğuması beklenmiştir. Örneklerin, yakmadan önceki ağırlığını belirlemek için krozeler tartılıp kaydedilmiştir (A+D). Sonra örnekler kül fırınına yerleştirilip fırının sıcaklığı kademeli olarak yükseltilmiştir. Sıcaklık 550°C'ye gelindikten sonra 4-5 saat bu sıcaklıkta tutulmuştur. Desikatöre alınan örnekler soğuduktan sonra tartılarak yakmadan sonraki ağırlığı kaydedilmiştir (B+D) (Jackson, 1962; Chapman ve 1982).

Hesaplama:

Organik Madde (%) =[(A+D)-(B+D)] / [(A+D)-(D)]* 100 (2)

### 2.6.3.2. Toplam Katılar ve Su İçeriği

Petri kapları, etüvde 105 °C'de yaklaşık 8 saat tutularak sabit tartıma getirilmiş ve soğuduktan sonra tartılarak daraları kaydedilmiştir (D). Darası alınmış olan petrilere, oda sıcaklığında (en fazla 55 °C'de) kurutulmuş ve 2mm'lik elekten elenmiş 3-5 gram kadar sediment örneği tartılıp ve kaydedilmiştir (A+D). Örnekler, etüvde 105 °C'de sabit tartıma gelene kadar bırakılır (yaklaşık 24 saat). Desikatöre alınan örnekler soğuduktan sonra tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir (B+D) (Jackson, 1962; Chapman ve Pratt, 1982).

Hesaplama:

Kuru Madde (%) = [(B+D)-(D)] / [(A+D)-(D)]*100 (3)

Su İçeriği (%) = 100 - Kuru Madde (%) (4)

### 2.6.3.3. Karbonat (Kireç) Tayini

250'lik erlenlere, oda sıcaklığında (en fazla 55 °C) kurutulmuş ve 2mm'lik elekten elenmiş yaklaşık 0,5 gram kadar sediment örneği tartılıp, ağırlığı kaydedilmiştir (W). Üzerine 20 ml 0,5 N HCI çözeltisi ($V_a$) konup ve tüm sediment örneğinin asitle temas etmesini sağlamak için hafifçe çalkalanmıştır. Erlenlerin kenar yüzeylerine sediment yapışmamasına dikkat edilmelidir. Erlenlerin ağzına küçük huniler takılıp sıcak hot plate üzerinde 15-20 dakika kaynatılmıştır. Soğuduktan sonra huni şeklinde katlanmış kaba filtrelerden (kurutma kâğıdı) 250 ml'lik erlenlere süzülüp erlenler ve filtre kâğıdı, mümkün olduğunca az miktarda saf su ile iyice yıkanmıştır. 12 damla bromofenol indikatörü damlatılıp (sarı renk oluşur) hiç beklemeden hemen titre edilmiştir. Çözeltinin rengi sarıdan pembemsi mavi-menekşe rengine dönene kadar 0,35 N NaOH ile titre edilip ve harcanan miktar ($V_b$) kaydedilmiştir (Piper 1974; Carver 1971; Grimaldi, 1966).

Hesaplama:

% Karbonat (Kireç)= 100 * 0,05* [(Va*Na) -( Vb*Nb)] / W (5)

Va : Eklenen HCI miktarı (20ml)

Na : Eklenen HCI'in normalitesi (0,5 N)

Vb : Titrasyonda harcanan NaOH miktarı (20ml)

Nb : Titrasyonda harcanan NaOH'ın normalitesi (0,35 N)

W : Sediment örneğinin miktarı (g)

### 2.6.3.4. Toplam Organik Karbon Tayini

250 mL'lik ölçülü erlenlere, oda sıcaklığında (en fazla 55 °C) kurutulmuş ve 500 µ'luk elekten elenmiş 0,2-0,5 gram kadar sediment örneği tartılıp, ağırlığı kaydedilmiştir (W). Örneklerle beraber tanık olarak kullanılacak olan boş bir erlene de aynı işlemler uygulanıp, Üzerlerine 10 ml 1 N $K_2Cr_2O_7$ konulup hafifçe karıştırılmıştır. Üzerine 20 ml derişik $H_2SO_4$ konup ve 1 dakika kadar hafifçe karıştırılmıştır. Bu aşamada turuncu-kahve renk oluşmalıdır. Erlenlerin ağzı saat camı, küçük petri kabı veya alüminyum folyo ile kapatılıp 30 dakika beklenilmiştir. 200 mL'ye kadar (yaklaşık 170 ml) saf su, 10 mL % 85'lik $H_3PO_4$ Yaklaşık 0,2 gram (yarım spatula) NaF konulup hafifçe karıştırılmıştır. 15 damla difenilamin indikatör damlatılıp (siyahımsı renk oluşur) ve hiç beklemeden titrasyona başlanır. Erlen çok dolduğu için büyük behere aktarılır ve erlenin içi mümkün

olduğunca az saf su ile behere yıkanır. Çözeltinin rengi yeşile dönene kadar 0,5 N $Fe(NH_4)_2(S0_4)_2.6H_20$ ile titre edilmiştir ve harcanan miktar kaydedilmiştir. Tanık için harcanan miktar örneklerin titrasyonunda harcanan miktardan büyük olmalıdır (Gaudette, 1974).

Hesaplama:

% Toplam Organik Karbon = 10* [1-(S/T)] * (1*0,003*100/W) (6)

10: $K_2Cr_2O_7$ miktarı (10 ml)

S: Sediment örneği için harcanan demir amonyum sülfat miktarı (ml)

T: Tanık için harcanan demir amonyum sülfat miktarı (ml)

1: $K_2Cr_2O_7$ 'nin normalitesi (1 N)

0,003: Karbonun milieşdeğer ağırlığı (12/4000)

W: Sediment örneğinin miktarı (g)

#### 2.6.4.5. Sedimentte pH Ölçümü

2 mm'lik elekten elenmiş ve 105 °C de etüvde kurutulmuş 10 g sediment örneğine 50 mL kapasiteli erlene konulup üzerine 50 mL saf su ilave edilmiştir. Bir saat karıştırıldıktan sonra, HQ40 D su analiz setinde yer alan pH probuyla ölçümler yapılmıştır (Jackson, 1958).

#### 2.6.4.6. Sedimentte Yükseltgenme-İndirgenme Potansiyeli (ORP) Ölçümü

2 mm'lik elekten elenmiş ve 105 °C de etüvde kurutulmuş 10 g sediment örneği 50 mL kapasiteli erlene konulup üzerine 50 mL saf su ilave edilmiştir. Bir saat karıştırıldıktan sonra, HQ40 D su analiz setinde yer alan ORP probuyla ölçümler miliVolt (mV) olarak ölçülmüştür (Jackson, 1958).

#### 2.6.4.7. Kullanılan Reaktifler

Deneylerde kullanılan kimyasal maddeler analitik saflıktadır.

0,5 N HCI: İçinde bir miktar saf su bulunan 1 L'lik ölçü balonuna 40,5 ml derişik HCI konur, çalkalanıp ve soğuduktan sonra saf su ile derecesine tamamlanmıştır.

0,35 N NaOH: İçinde bir miktar saf su bulunan 1 L'lik ölçü balonuna 14 gram NaOH tartılır, çalkalanarak çözünmesi sağlanıp ve saf su ile derecesine tamamlanmıştır.

Bromofenol Mavisi: 0,1gram bromofenol mavisi, 100'lük balonda 100 ml % 20'lik etanol'de (20 ml etanol+80 ml saf su) çözüp ve plastik numune kabına aktarılarak saklanmıştır.

1 N $K_2Cr_2O_7$: İçinde bir miktar saf su bulunan 1 L'lik ölçü balonuna 40 $^{\circ}$C'de kurutulmuş 49,4 gram $K_2Cr_2O_7$ tartılır, çalkalanarak çözünmesi sağlanır ve saf su ile derecesine tamamlanır.

0,5 N $Fe(NH_4)_2(S0_4)_2.6H_20$: İçinde bir miktar saf su bulunan 1 L'lik ölçü balonuna 196,1 gram $Fe(NH_4)_2(S0_4)_2.6H_20$ konulup saf su ile 1 L'ye tamamlanmıştır.

Derişik $H_2SO_4$

% 85'lik $H_3PO_4$

NaF

Difenilamin İndikatörü: 0,5 gram difenilamin, 250 ml'lik balonda 20 ml saf suda çözünüp, 100 ml derişik $H_2SO_4$ eklenip karıştırıldıktan sonra plastik numune kabına aktarılarak saklanmıştır.

### 2.7. Sediment Zenginleşme Faktörü (SZF) Belirlenmesi

Bu çalışmada zemin değeri olarak Sürmene koyundan sediment kor örnekleyici ile alınmış 15-20 cm aralığındaki sedimente ait (890 kodlu araştırma projesinden elde edilen) metal verileri kullanılmıştır. Normalizasyon prosedürü Al verileri kullanılarak yapılmıştır (Fernandes vd., 2011; Fang vd., 2009; Chatterjee vd., 2007; Hung ve Hsu 2004; Reddy vd., 2004).

Sediment Zenginleşme Faktörü hesaplanması aşağıdaki formül kullanılarak yapılmıştır:

$$SZF = \frac{(Metal/Al)örnek}{(Metal/Al)zemin} \quad (7)$$

Tablo 2. Sediment zenginleşme faktörü ve dereceleri, (Cukrov vd., 2011; Feng vd., 2011; Wang vd., 2010).

| SZF Değerleri | Zenginleşme Dereceleri |
|---|---|
| <2 | Düşük derecede zenginleşme |
| 2-5 | Orta derecede zenginleşme |
| 5-20 | Önemli derecede zenginleşme |
| 20-40 | Çok yüksek zenginleşme |
| >40 | Son derece yüksek zenginleşme |

### 2.8. İstatistiksel Analizler

Elde edilen analiz sonuçlarının normal dağılıma uygunluk testleri Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirov testleri ile yapılmıştır. Al ve Mn dışındaki parametrelerin normal dağılıma uygun olmaması nedeniyle çeşitli veri dönüştürme teknikleri kullanılmıştır. Ancak, verilerin çoğunluğunun normal dağılım göstermemesi nedeniyle istatistiki değerlendirme sonucunda ortaya konulacak sonuçların daha güvenli olması için non-parametrik veri analiz yöntemleri kullanılmıştır. Değişkenler arasında bir ilişki olup olmadığı ve eğer varsa bu ilişkinin derecesinin ölçülmesi için verilere korelasyon analizi uygulanmıştır. Korelasyon analizi, değişkenlerin dağılımının normalden uzak olduğu durumlarda kullanımı tercih edilen Spearman korelasyonu ile yapılmıştır (Kalaycı, 2010; Miller ve Miller, 2008).

## 3. BULGULAR

Sürmene Koyu sediment örneklerinde yapılan tane boyu analizi Tablo 3, karbonat, toplam organik karbon, organik madde, pH, ORP, kuru madde ve su içeriği Tablo 4 ve dünya geneli ortalama şeyl ve yerkabuğu değerleri Tablo 5'te verilmiştir. Sediment tane boyutlarının alansal dağılımları Şekil 7-13, metallerin alansal dağılımları ve istasyonlara göre sediment zenginleşme dereceleri Şekil 14-32, karbonat, toplam organik karbon, organik madde, pH, ORP, kuru madde ve sediment su içeriklerinin alansal dağılımları Şekil 33-39'da verilmiştir.

Tablo 3. Sedimentlerde tane boyu dağılım oranları

| **Tane Boyutu** | **Bulunma Oranı (%)** | | |
|---|---|---|---|
| | **Minimum** | **Maksimum** | **Ortalama / Standart Sapma** |
| > 2 mm | 0,02 | 12,68 | 1,79 ± 3,61 |
| 1-2 mm | 0,01 | 1,47 | 0,16 ± 0,34 |
| 0,500 -1 mm | 0,03 | 0,23 | 0,11 ± 0,04 |
| 0,250 -0,500 mm | 0,10 | 3,41 | 0,84 ± 1,06 |
| 0,125 -0,250 mm | 0,70 | 54,14 | 17,99 ± 19,37 |
| 0,063 -0,125 mm | 6,54 | 52,87 | 28,43 ± 16,28 |
| < 0,063 mm | 4,69 | 91,00 | 50,76 ± 33,77 |

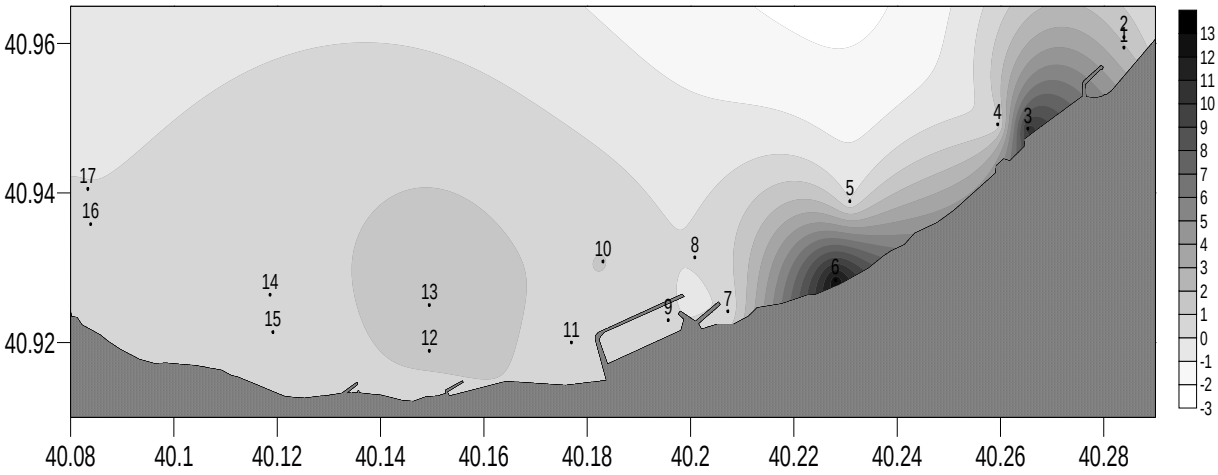
Tablo 4. Sedimentlerde karbonat, toplam organik karbon, organik madde, pH, ORP, kuru madde ve su içeriği oranları

| **Parametre** | **Minimum** | **Maksimum** | **Ortalama / Standart Sapma** |
|---|---|---|---|
| Karbonat (% ) | 8,54 | 18,05 | 15,81 ± 2,87 |
| Toplam Organik Karbon (% ) | 0,26 | 2,43 | 0,96 ± 0,56 |
| Organik Madde (% ) | 1,02 | 8,52 | 4,03 ± 2,05 |
| pH | 6,91 | 8,24 | 7,79 ± 0,33 |
| ORP (mV) | 159,80 | 269,70 | 192,58 ± 23,13 |
| Kuru Madde (% ) | 97,9 | 99,94 | 99,27 ± 0,53 |
| Su İçeriği (% ) | 0,06 | 2,1 | 0,72 ± 0,53 |

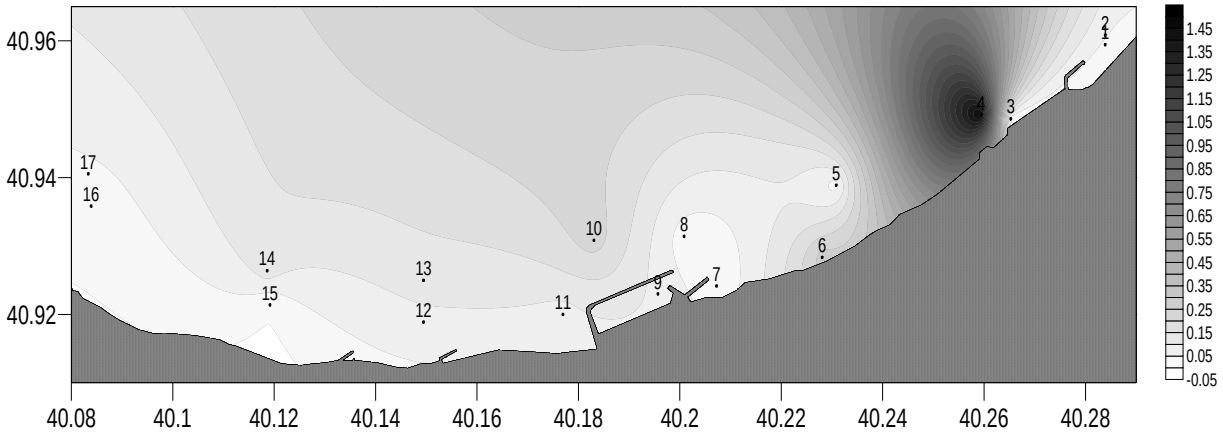
Tablo 5. Dünya geneli ortalama şeyl ve yerkabuğu değerleri

| Metal | Kriterler (mg/kg kuru ağırlık) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **1*** | **2*** | **3*** | **4*** |
| Cr | 100 | 35 | 90 | 90 |
| Mn | 850 | 600 | 850 | 850 |
| Al | - | 80400 | 88000 | - |
| Co | - | 10 | 19 | 19 |
| Ni | 80 | - | - | 68 |
| Cu | 50 | 25 | 45 | 45 |
| Zn | 90 | 71 | 95 | 95 |
| As | - | - | - | 13 |
| Mo | - | - | - | 2,6 |
| Pb | 20 | 20 | 20 | 20 |

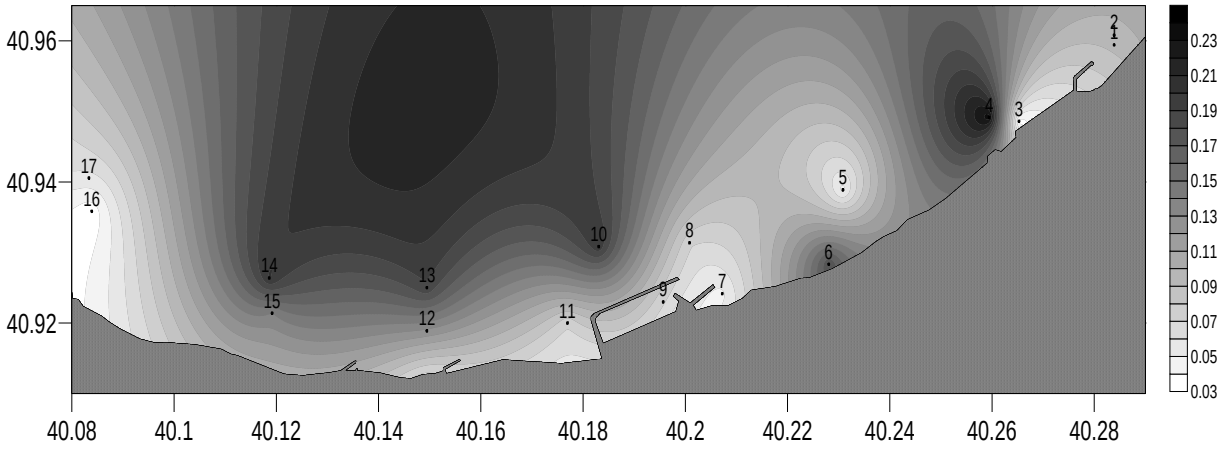
* [1]Krauskopf 1979; [2]Wedepohl 1995; [3] Turekian ve Wedepohl 1961; [4]Förstner ve Wittaman 1983.



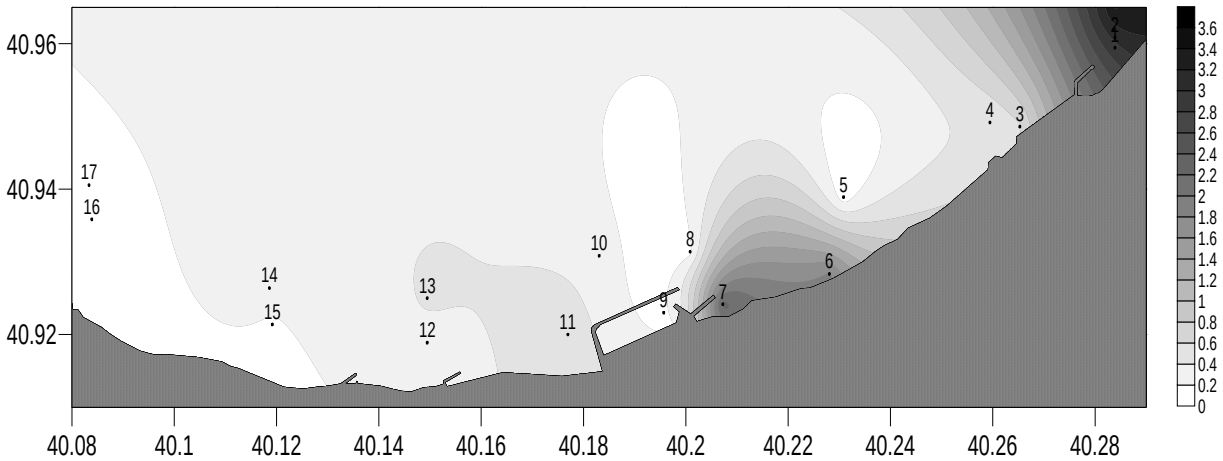

Şekil 7. İstasyonlara göre 2 mm ve üzerindeki sedimentlerin tane boyu dağılımı



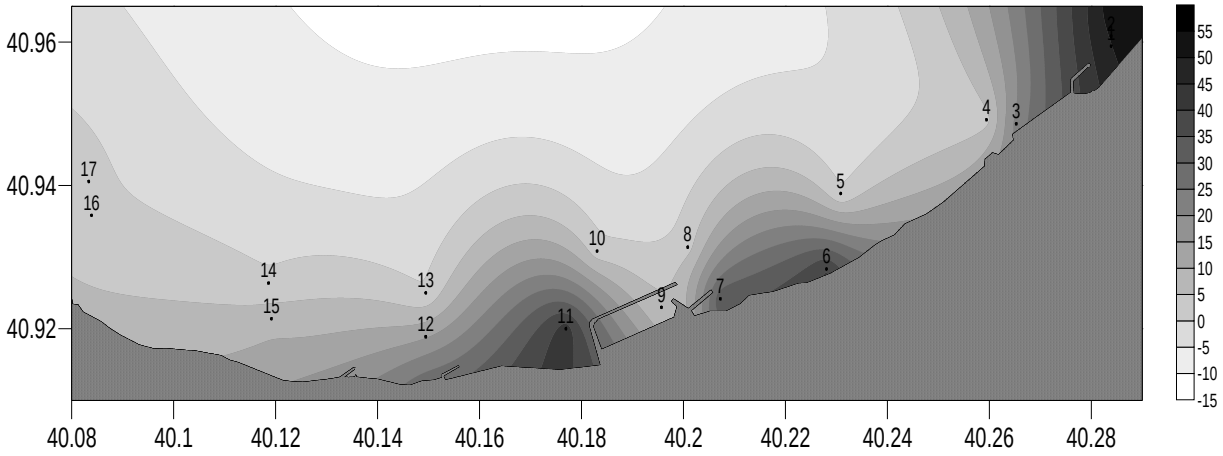

Şekil 8. İstasyonlara göre 1-2 mm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı



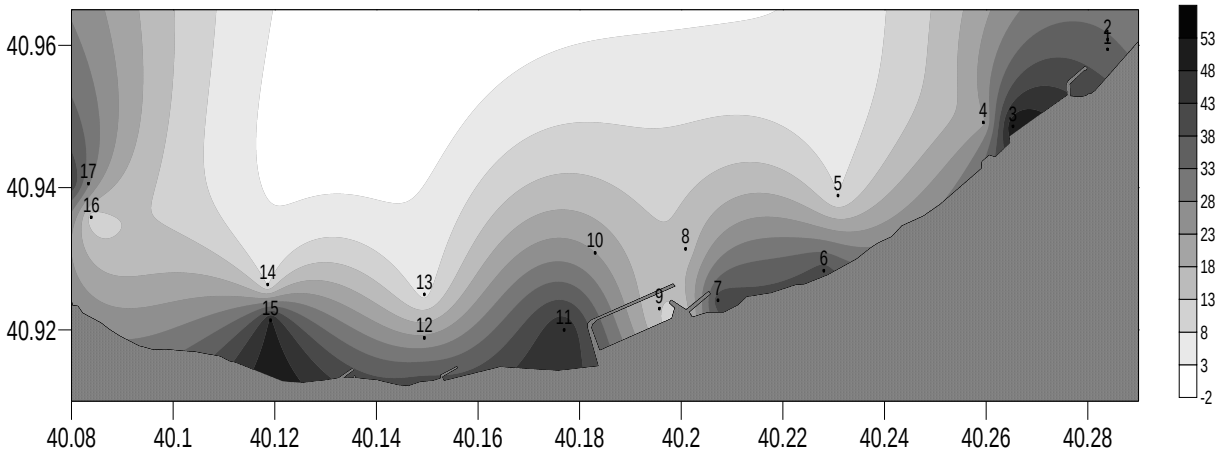

Şekil 9. İstasyonlara göre 500µm - 1 mm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı



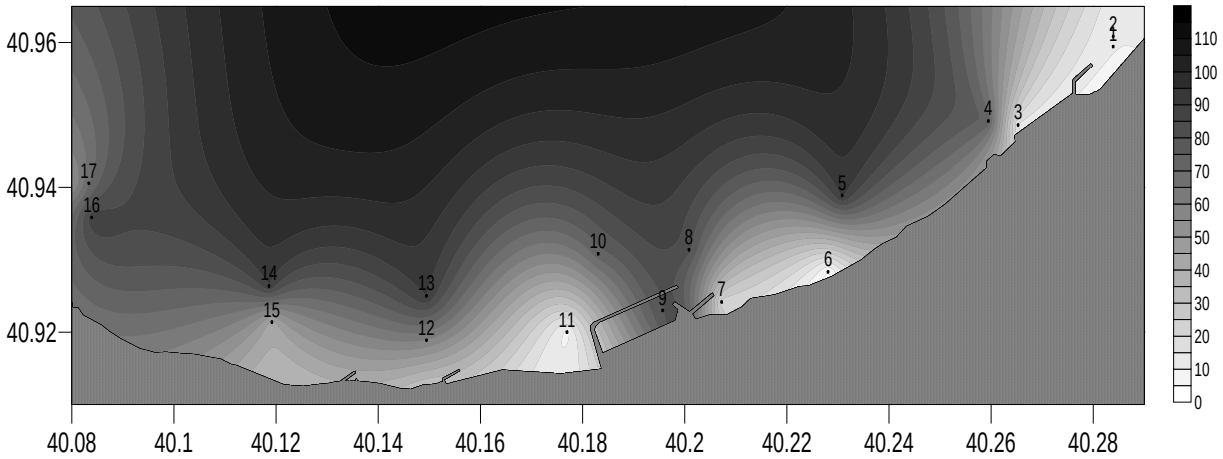

Şekil 10. İstasyonlara göre 250-500 µm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı



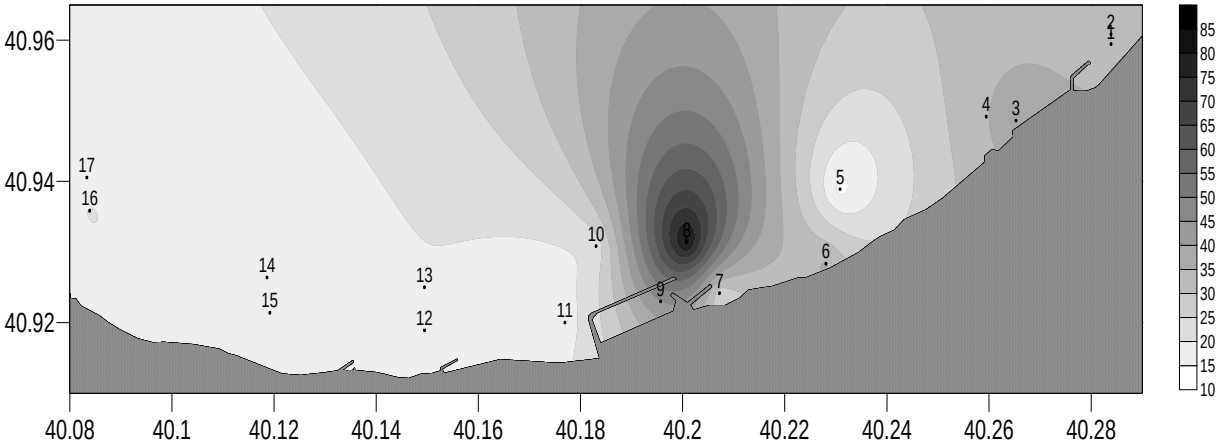

Şekil 11. İstasyonlara göre 125-250 µm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı



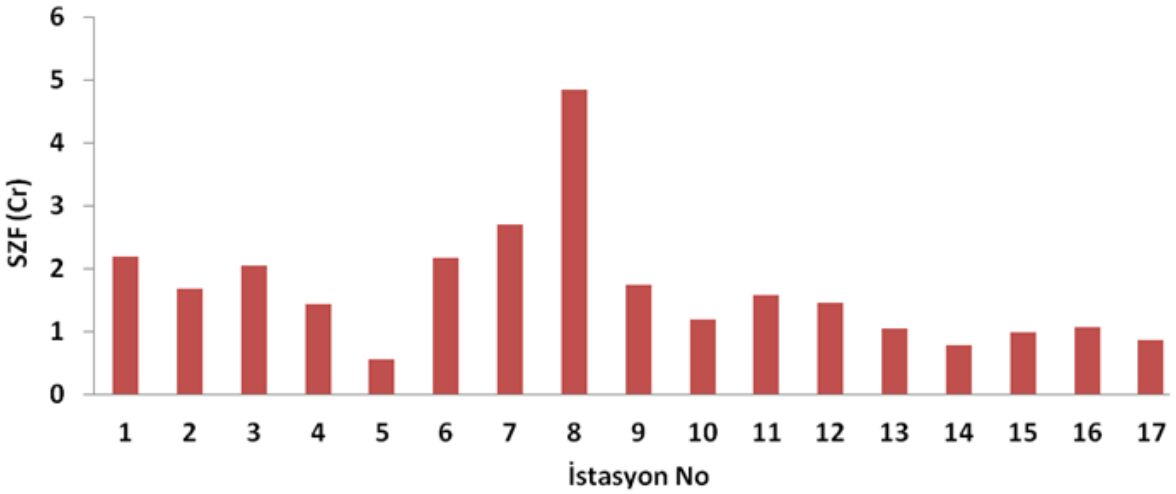

Şekil 12. İstasyonlara göre 63-125 µm arasındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı



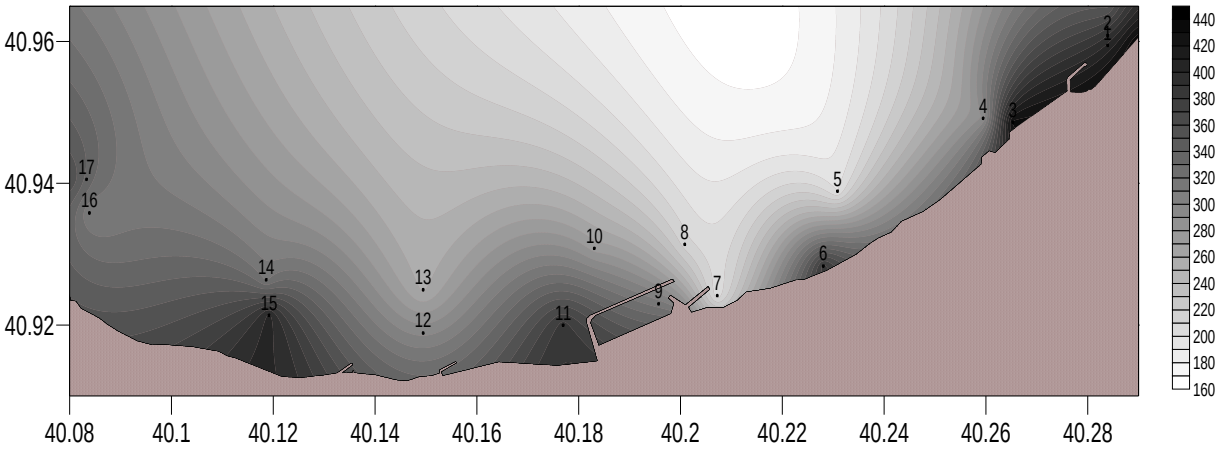

Şekil 13. İstasyonlara göre 63 µm altındaki sedimentlerin tane boyu dağılımı



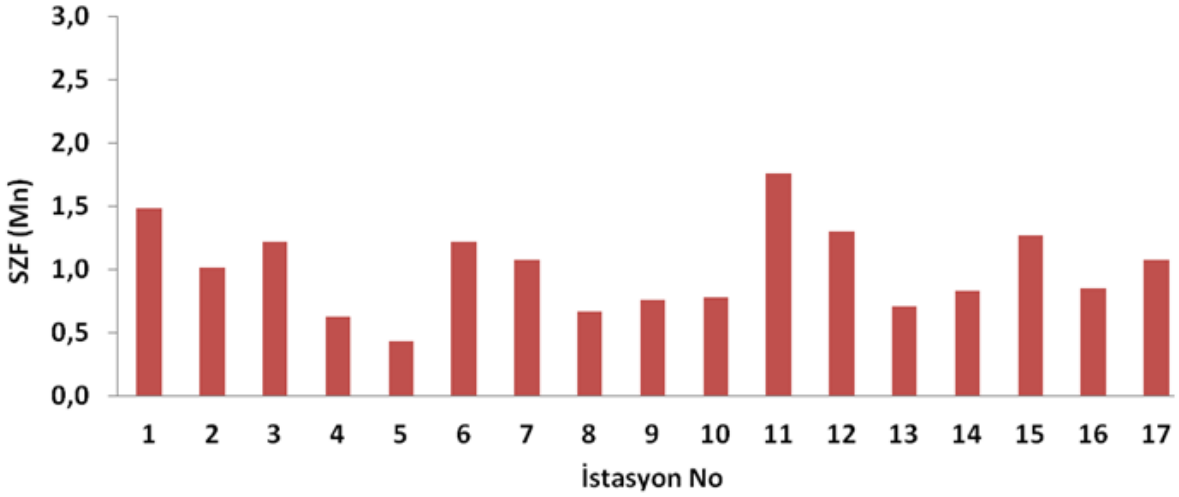

Şekil 14. Sürmene koyunda krom (Cr) metalinin alansal dağılımı



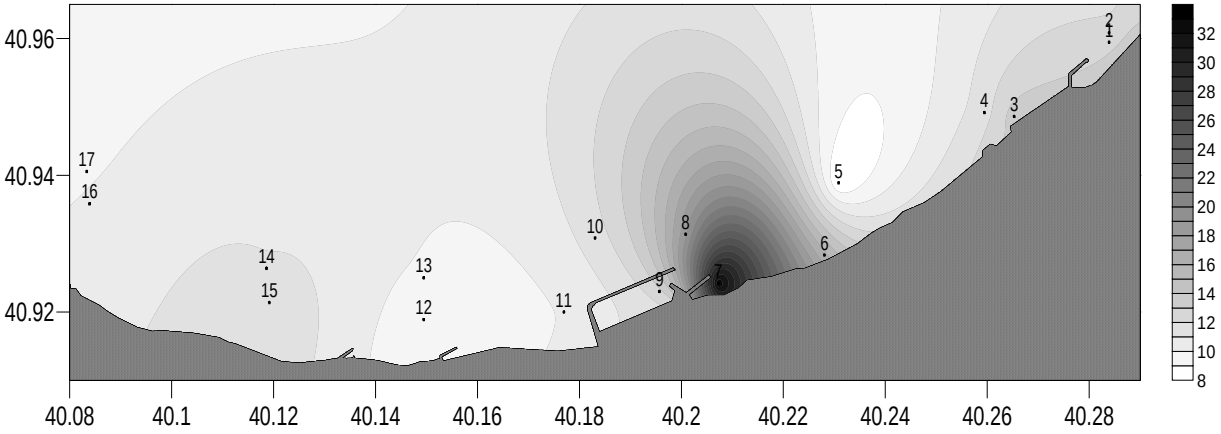

Şekil 15. İstasyonlara göre SZF (Cr) dağılımı



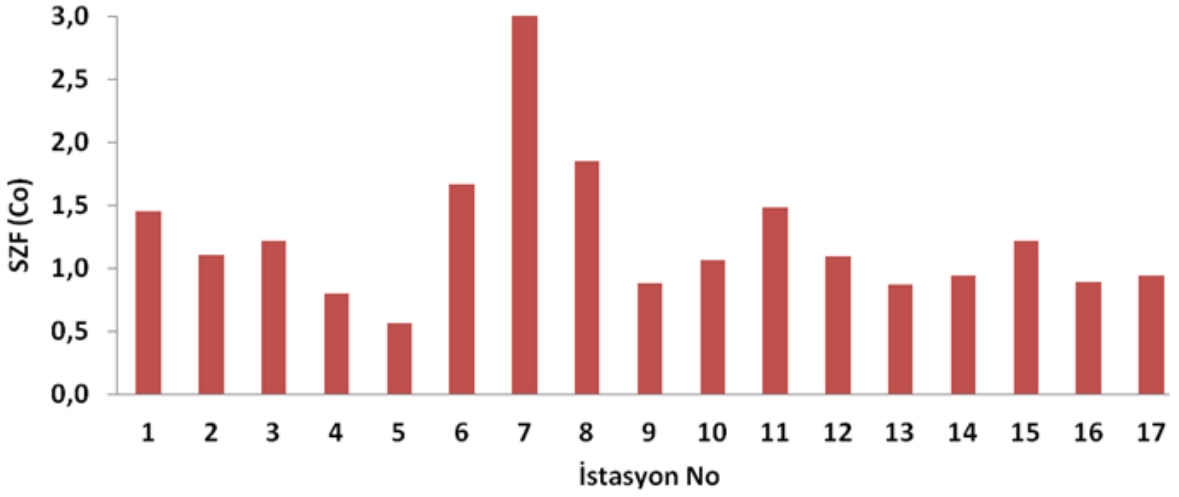

Şekil 16. Sürmene koyunda mangan (Mn) metalinin alansal dağılımı



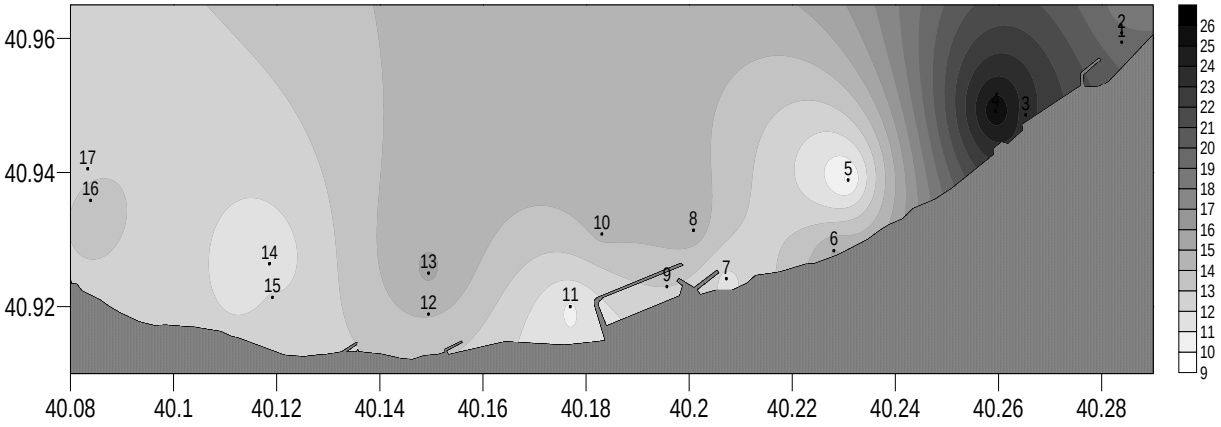

Şekil 17. İstasyonlara göre SZF (Mn) dağılımı



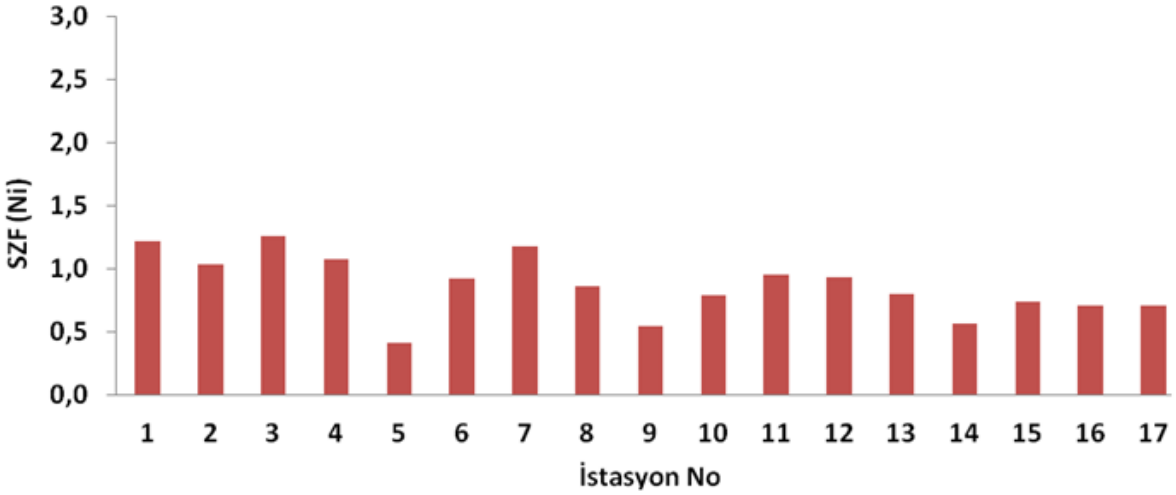

Şekil 18. Sürmene koyunda kobalt (Co) metalinin alansal dağılımı



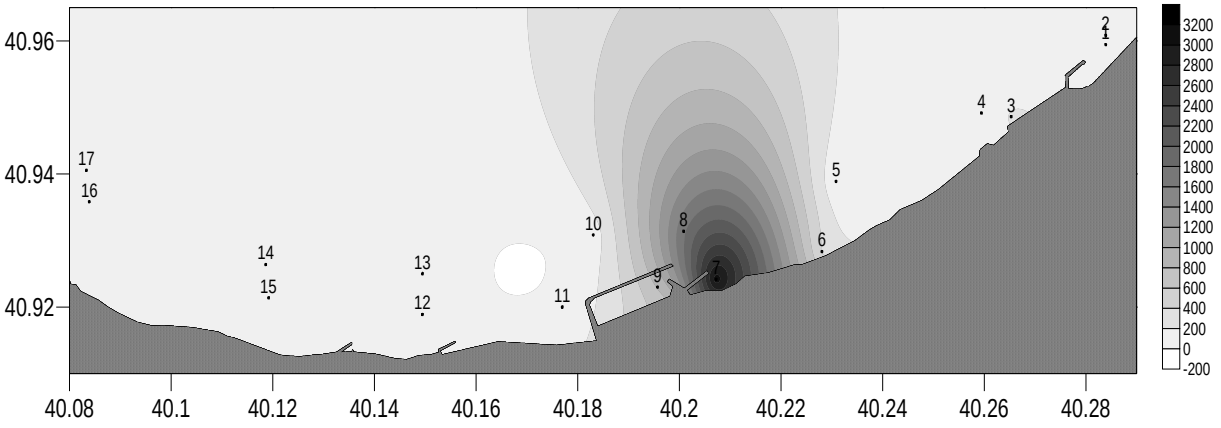

Şekil 19. İstasyonlara göre SZF (Co) dağılımı



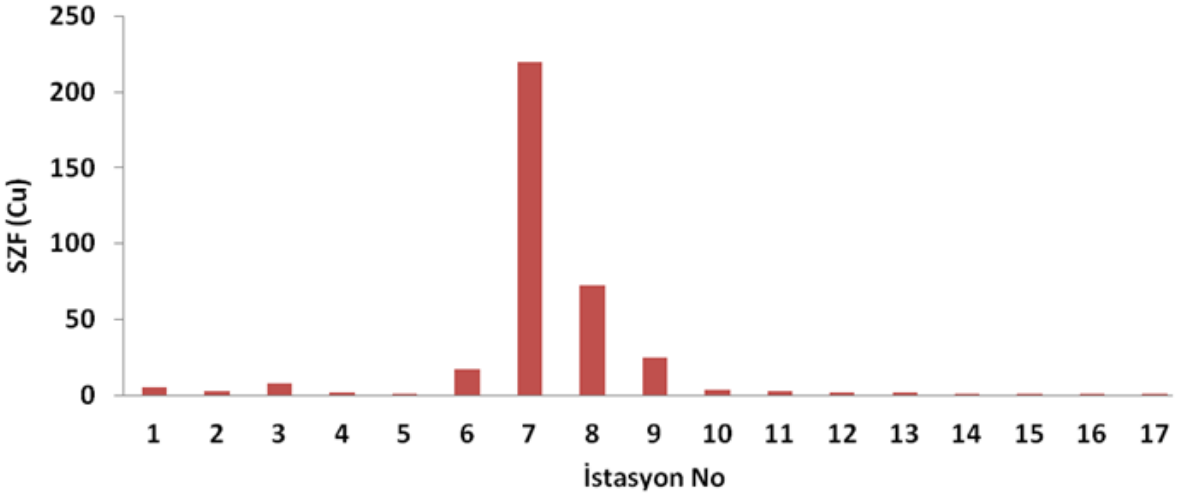

Şekil 20. Sürmene koyunda nikel (Ni) metalinin alansal dağılımı



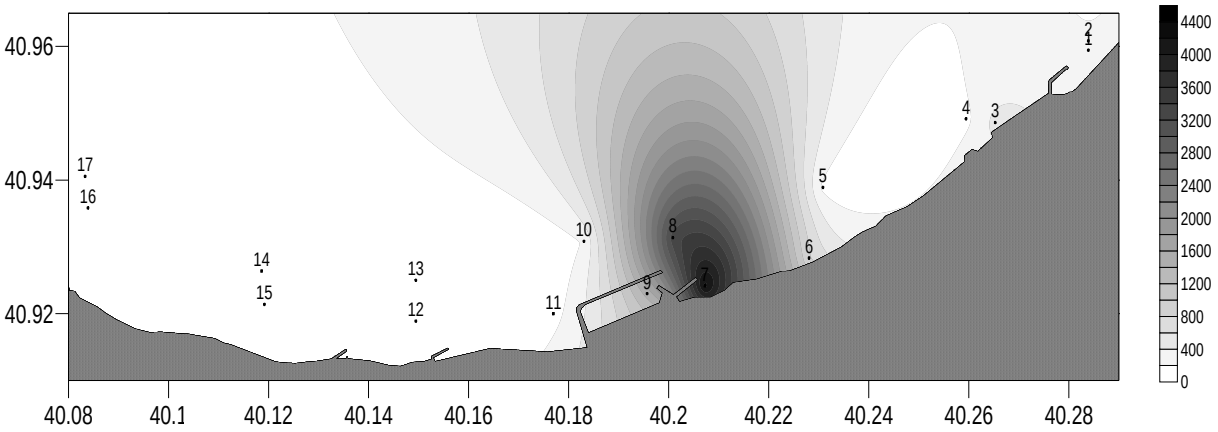

Şekil 21. İstasyonlara göre SZF (Ni) dağılımı



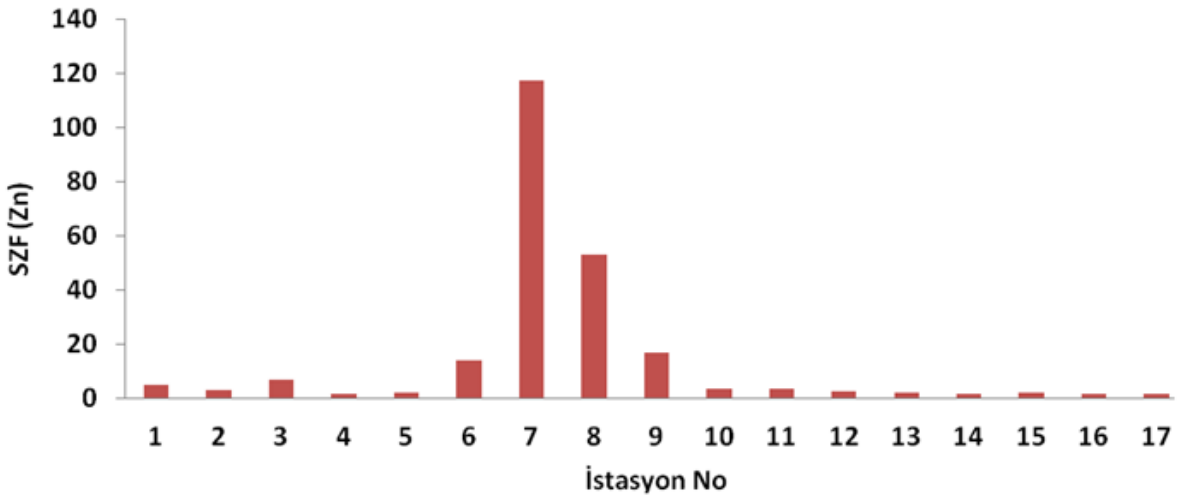

Şekil 22. Sürmene koyunda bakır (Cu) metalinin alansal dağılımı



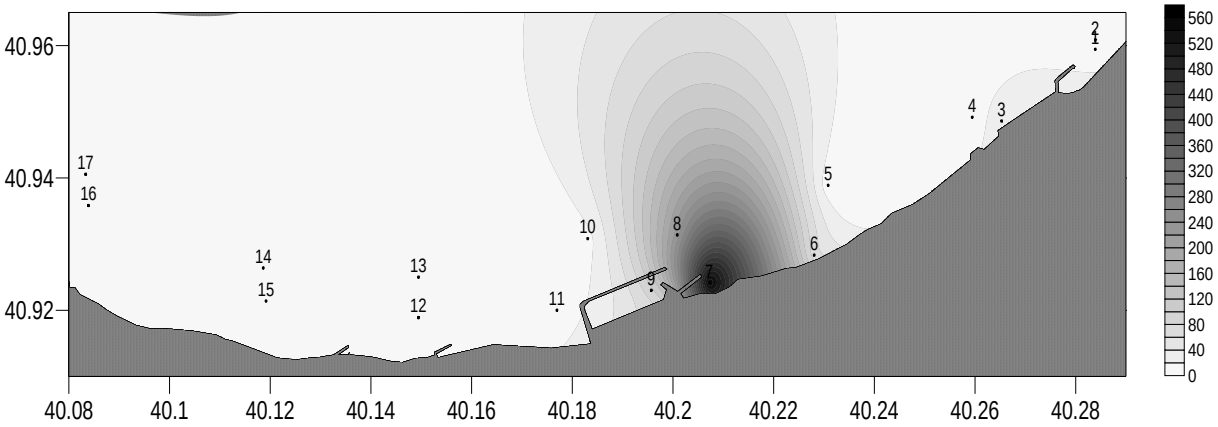

Şekil 23. İstasyonlara göre SZF (Cu) dağılımı



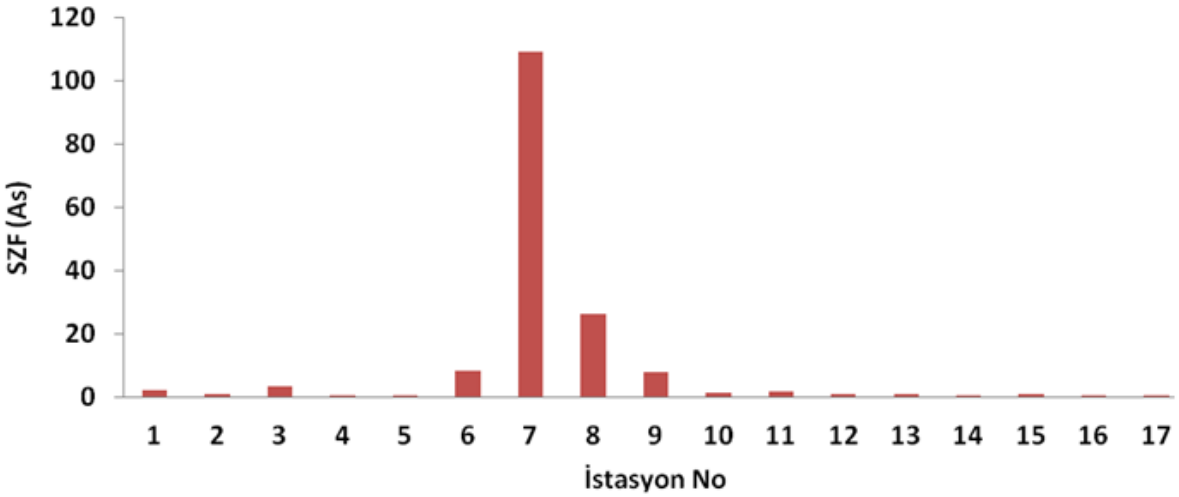

Şekil 24. Sürmene koyunda çinko (Zn) metalinin alansal dağılımı



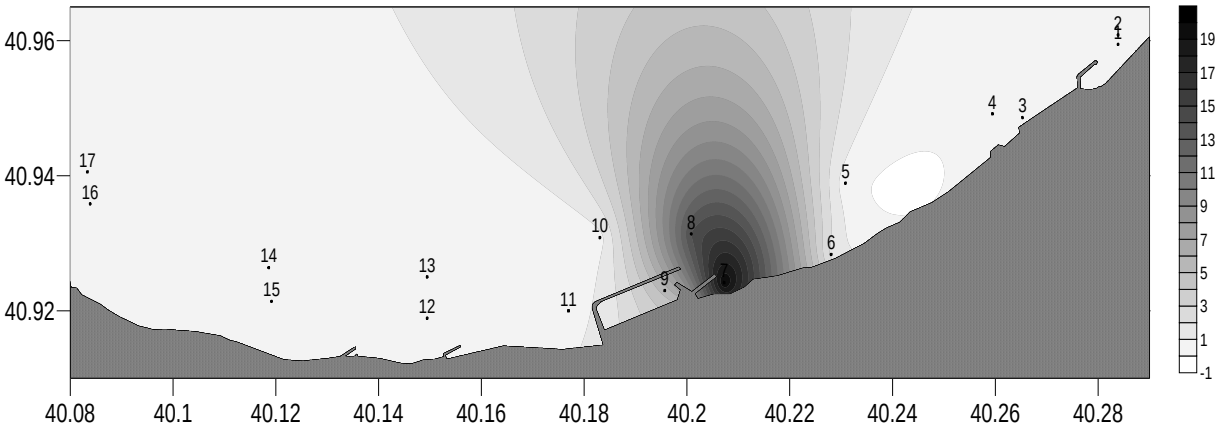

Şekil 25. İstasyonlara göre SZF (Zn) dağılımı



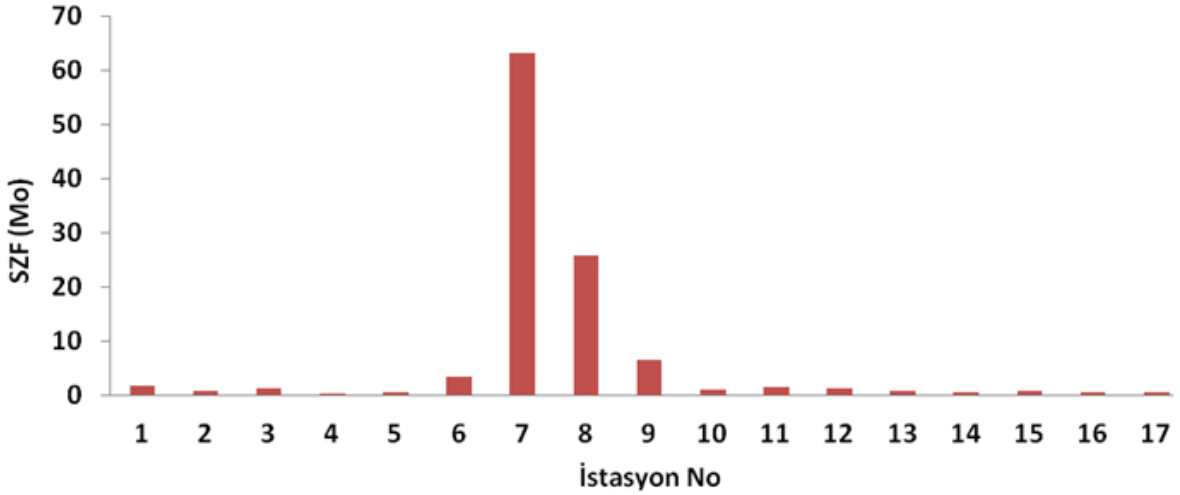

Şekil 26. Sürmene koyunda arsenik (As) metalinin alansal dağılımı



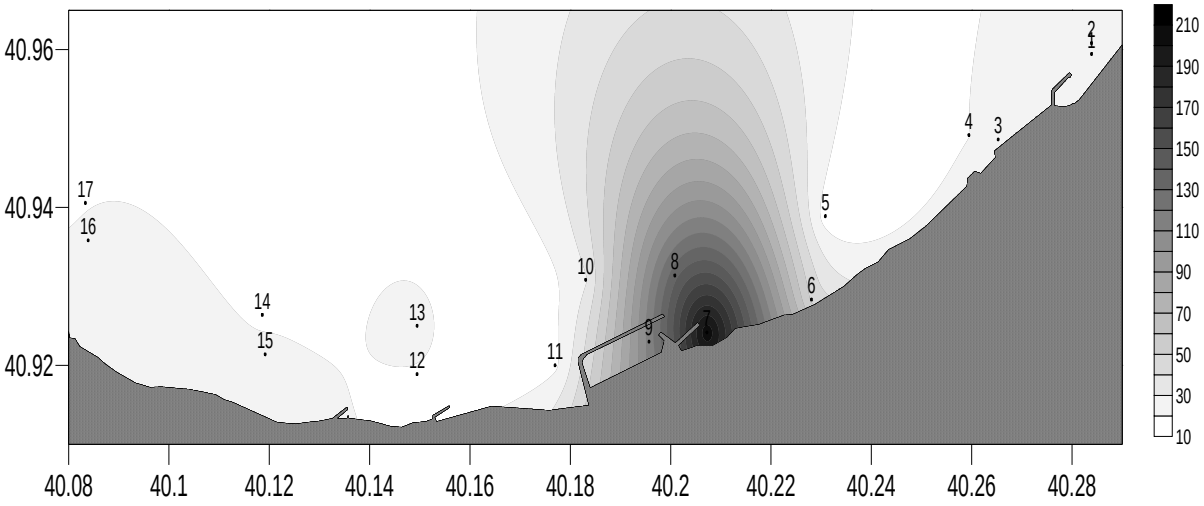

Şekil 27. İstasyonlara göre SZF (As) dağılımı



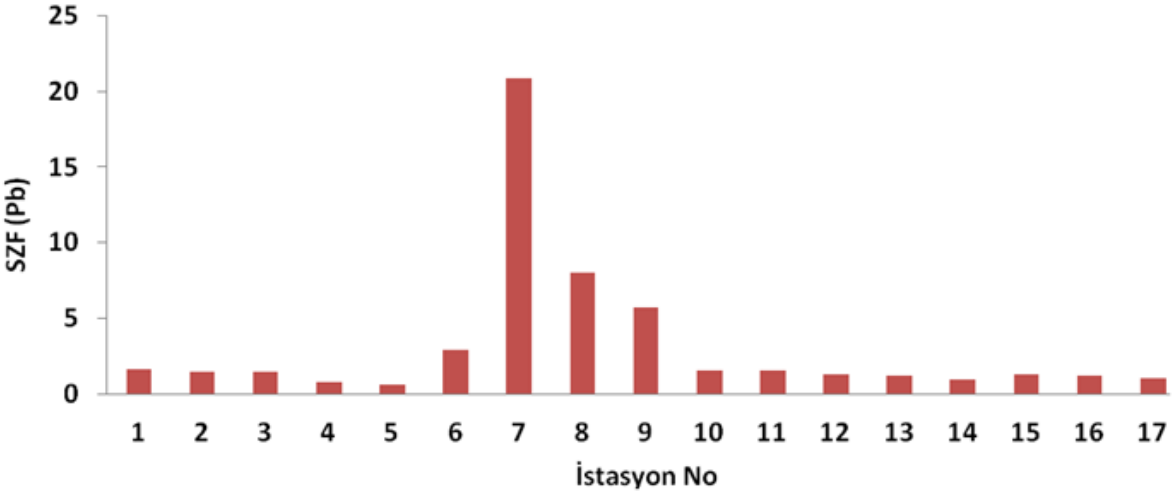

Şekil 28. Sürmene koyunda molibden (Mo) metalinin alansal dağılımı



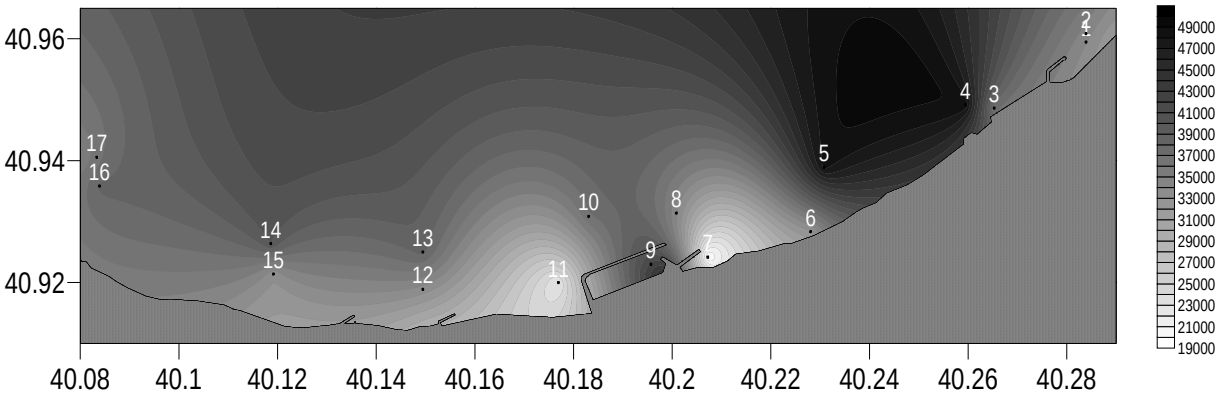

Şekil 29. İstasyonlara göre SZF (Mo) dağılımı



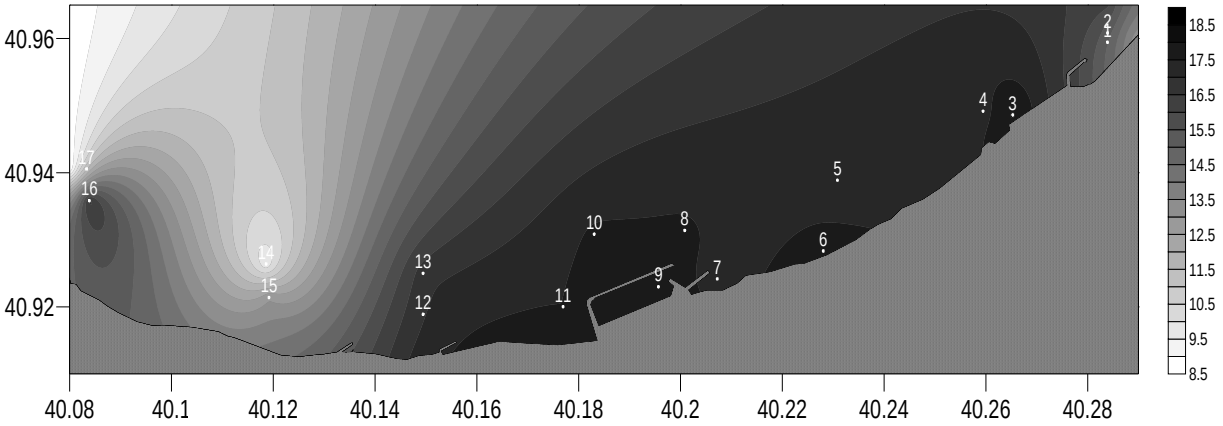

Şekil 30. Sürmene koyunda kurşun (Pb) metalinin alansal dağılımı



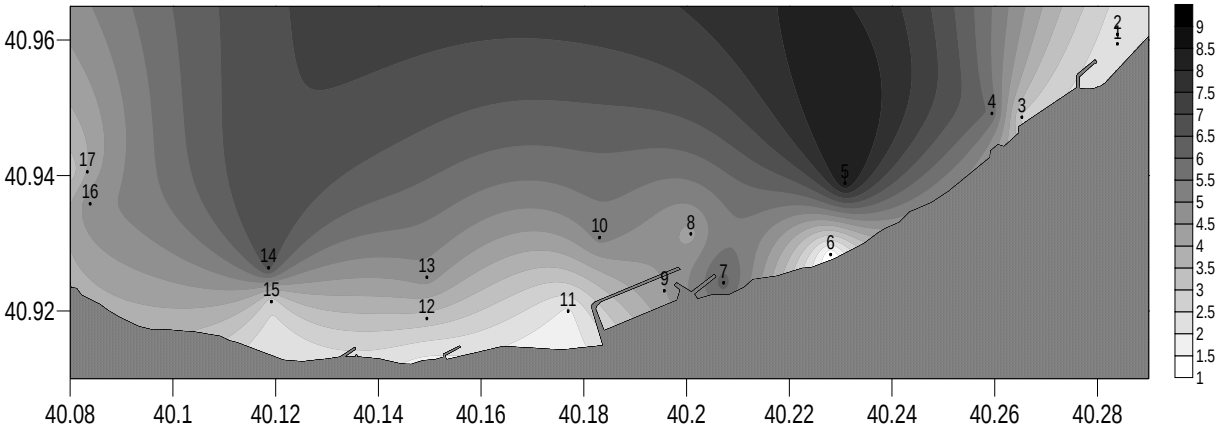

Şekil 31. İstasyonlara göre SZF (Pb) dağılımı



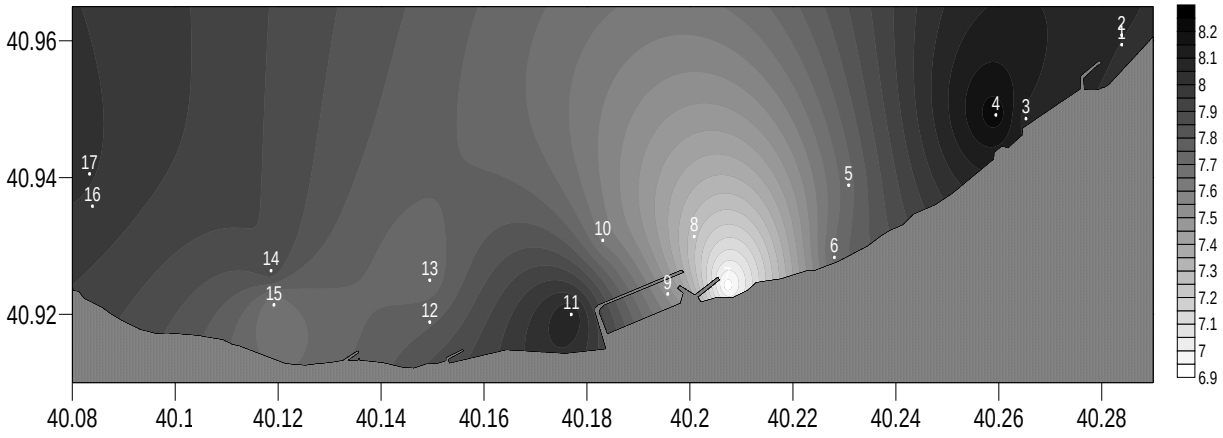

Şekil 32. Sürmene Koyunda aluminyum (Al) metalinin alansal dağılımı



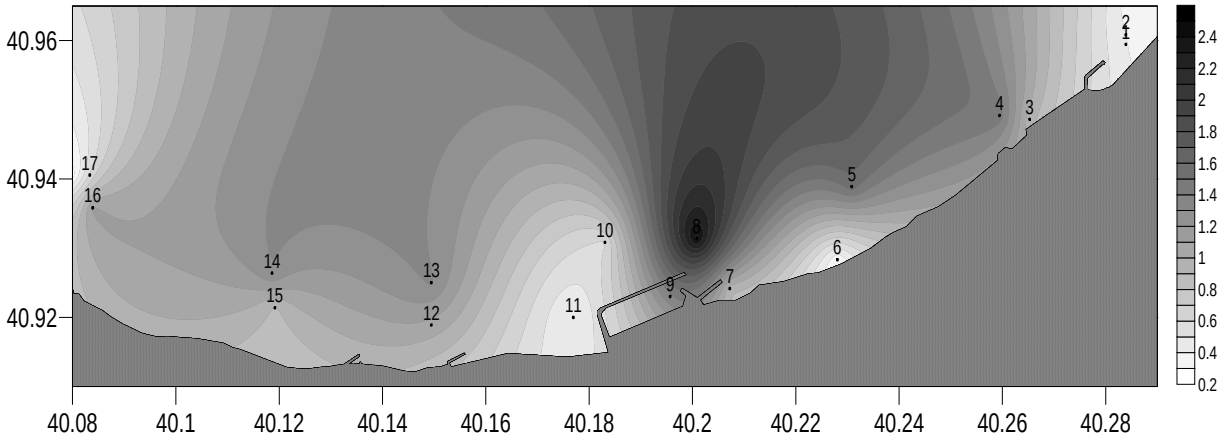

Şekil 33. Sürmene Koyunda karbonatın alansal dağılımı



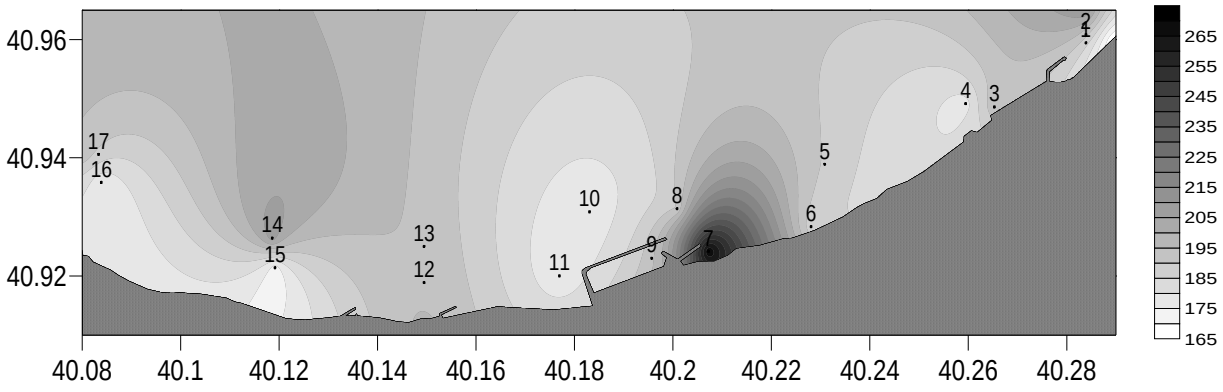

Şekil 34. Sürmene Koyunda organik maddenin alansal dağılımı



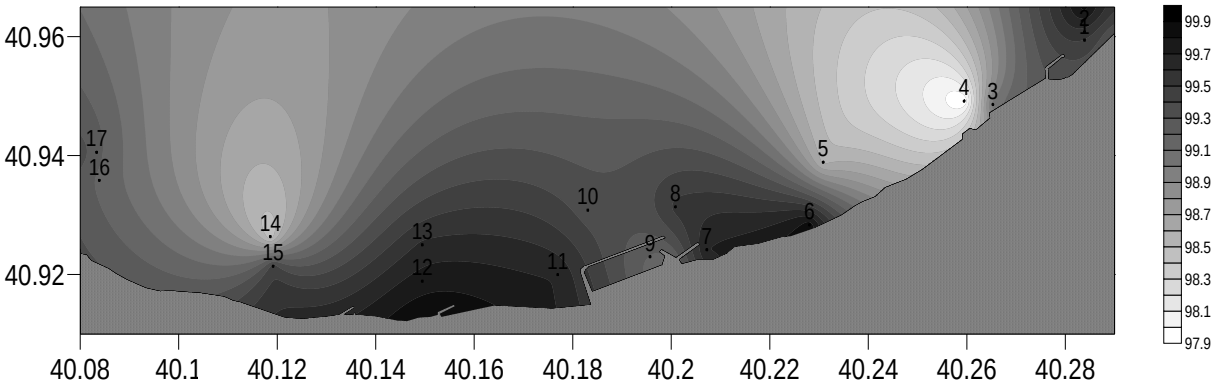

Şekil 35. Sürmene Koyunda pH'nın alansal dağılımı



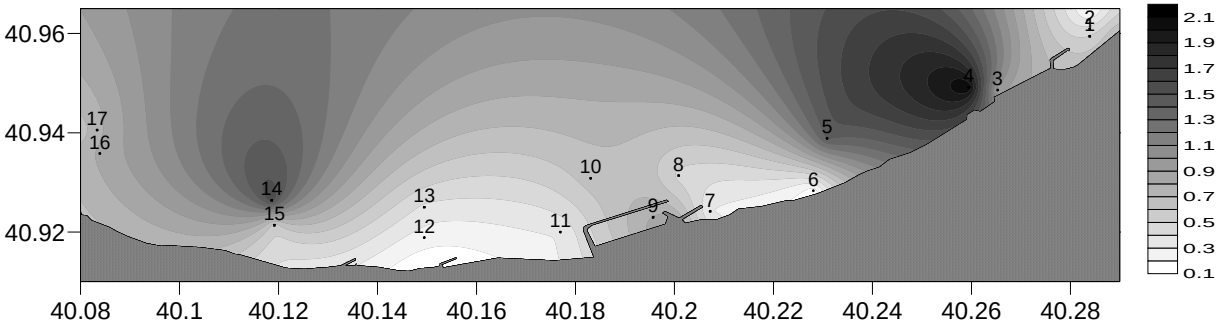

Şekil 36. Sürmene Koyunda toplam organik karbonun alansal dağılımı




Şekil 37. Sürmene Koyunda ORP alansal dağılımı




Şekil 38. Sürmene Koyunda kuru madde alansal dağılımı




Şekil 39. Sürmene Koyu sedimentleri su içeriklerinin alansal dağılımı

Yüzey sedimentlerinin ağır metal içeriği partikülün tane boyu ile ilişkili olan kimyasal ve mineralojik kompozisyonunun bir fonksiyonudur.

Yapılan çalışmada elde edilen sediment kompozisyon dağılımı Shepard (1954)'ün dokusal sınıflamasına göre değerlendirildiğinde en sık görülen silttir, bunu kum, kumlu silt, silt li kum ve çakıl takip etmektedir. Toplam organik karbonun en fazla Çamburnu limanı civarında çıkmış olması Çamburnu katı atık tesisinin getirmiş olduğu karasal kökenli organik maddenin yükü ile açıklanabilir.

Organik madde yüzdesi genel olarak denize taşınan organik madde yükünün sediment tabakasında birikmesini gösteren bir parametredir. Organik madde yükünün genelde evsel atık sulardan kaynaklandığı söylenebilir. Çalışma bölgesi sedimentlerinde en yüksek organik madde içeriği Of ilçesinin girişinde yer alan 5. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Çamburnu çıkışına denk düşen 6. İstasyonda tespit edilmiştir. İlçeler bazında bakıldığında Of ilçesinin nüfus yoğunluğu Sürmene ve Araklı ilçelerine göre daha fazladır ve dolayısıyla evsel atıkların bu bölgeden deniz ortamına atılımının daha fazla

olduğu söylenebilir. Aynı şekilde toplam katılar yönünden incelendiğinde dağılımın organik madde ile benzer su içeriği ile tersi dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışmada en yüksek pH Solaklı deresi açığında yer alan 4. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilmiştir. Sediment pH sı sediment tabakasının yüzeyindeki kimyasal durum hakkında genel bir bilgi vermektedir. pH değerlerine bakıldığında genel olarak hafif alkali özellikte olup, tersane ve açığında yer alan pH yönünden diğer istasyonlara göre daha düşük olan istasyonların (7,8 ve 9) Gökçesu deresi etki alanında olduğu ve nötre yakın değerler aldığı tespit edilmiştir.

En yüksek ORP ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen ve oksitlenmenin yüksek yüksek olduğu 7. İstasyonda (pH 6,91) tespit edilirken en düşük değer ise Of ilçesine denk düşen 1. İstasyonda (pH 8,01) tespit edilmiştir.

Sürmene koyu sedimentlerinde ölçülen en yüksek Al derişimi Solaklı deresi açığında yer alan 4. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilmiştir. Sürmene koyu sedimentlerinde saptanan alüminyum konsantrasyonu dünya geneli ortalama şeyl ve yerkabuğu değerleri ile kıyaslandığında tüm istasyonlar bu değerlerin altında kalmaktadır (Tablo 5).

Krom (Cr) En yüksek Cr derişimi Yeniay limanı doğusuna denk düşen düşen 8. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Of ilçesi girişine denk düşen 5. İstasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlara göre Cr elementinin SZF değerleri Tablo 2'ye göre kıyaslandığında üç grup gözlenmektedir. 2, 4, 5, 9-17. istasyondaki değerler düşük derecede zenginleşmeyi gösterirken, 1, 3, 6 ve 7. istasyondaki değerler orta derecede ve 8. istasyondaki eğer ise orta derecede fakat önemli dereceye yakın bir değer olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada, Sürmene koyu sedimentlerinde saptanan krom konsantrasyonu dünya geneli ortalama şeyl (Tablo 5) değerleri ile kıyaslandığında tüm istasyonlar bu değerlerin altında kalmaktadır. Ortalama yerkabuğu değerlerine (Tablo 5) göre kıyaslandığında ise 3, 6, 8 ve 9. istasyonlar bu değerin üzerinde iken 1 ve 4. İstastonlardaki krom konsantrasyonları bu değere yakın sonuçlar vermektedir. Şeyl verileri ile SZF değerleri karşılaştırıldığında 8. istasyon en yüksek değer açısından benzerlik göstermektedir.

En yüksek Mn derişimi Of ilçesinin çıkışına denk düşen 1. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Of ilçesi girişine denk düşen 5. İstasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlara göre Mn elementinin SZF değerleri Tablo 2'ye göre değerlendirildiğinde tüm istasyonların

düşük derecede zenginleştiği tespit edilmiştir. Sürmene koyu sedimentlerinde saptanan mangan konsantrasyonu dünya geneli ortalama şeyl ve yerkabuğu değerleri ile kıyaslandığında tüm istasyonlar ortalama değerlerin altında kalmaktadır (Tablo 5).

En yüksek Co derişimi Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Of ilçesi girişine denk düşen 5. İstasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlara göre Co elementinin SZF değerleri Tablo 2'ye göre değerlendirildiğinde iki grup altında toplandığı belirlenmiştir. 5. istasyonda önemli derecede zenginleşme tespit edilirken, diğer tüm istasyonlarda düşük derecede zenginleştiği belirlenmiştir. Sürmene koyu sedimentlerinde saptanan kobalt konsantrasyonu dünya geneli ortalama şeyl değerleri ile kıyaslandığında 7. istasyon shale değerlerinin üzerinde iken 8. istasyon seyl değerlerine yakın olarak tespit edilmiştir. Ortalama yerkabuğu değerine göre karşılaştırıldığında ise 5, 12, altında iken 13 ve 17. İstasyon verileri bu değerlere yakın olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5).

En yüksek Ni derişimi Solaklı deresi açığında yer alan 4. İstasyonda tespit edilirken en düşük Ni konsantrasyonu Of ilçesi girişine denk düşen 5. İstasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlara göre Ni elementinin SZF değerleri Tablo 2'ye göre değerlendirildiğinde tüm istasyonların düşük derecede zenginleştiği tespit edilmiştir. Sürmene koyu sedimentlerinde saptanan Ni konsantrasyonu dünya geneli ortalama şeyl ve yerkabuğu değerleri ile kıyaslandığında bütün istasyonlar bu değerlerin altında kalmaktadır (Tablo 5).

En yüksek Cu derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Araklı ilçesi açığına denk düşen 17. İstasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlara göre Cu elementinin SZF değerleri Tablo 2'ye göre kıyaslandığında altı zenginleşme grubu altında toplandığı tespit edilmiştir. 7 ve 8.İstasyonlarda son derece yüksek zenginleşme, 9.İstasyonda çok yüksek zenginleşme, 3 ve 6.İstasyonlarda önemli derecede zenginleşme, 1.İstasyonda orta derece zenginleşme fakat önemli derecede zenginleşmeye çok yakın değerde olduğu belirlenmiştir. 2, 10 ve 11.İstasyonlarda orta derecede zenginleşme tespit edilirken, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 16 ve 17.İstasyonlarda da düşük derecede zenginleşme tespit edilmiştir. Dünya geneli şeyl değerleri ile karşılaştırıldığında 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 ve 13. İstasyonlar bu değerlerin üzerinde iken diğerleri altındadır. Dünya geneli ortalama yer kabuğu değeri ile karşılaştırıldığında 17. İstasyon yakın iken diğer istasyonlardaki veriler oldukça üzerindedir (Tablo 5).

En yüksek Zn derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Araklı ilçesi açığına denk düşen 17. istasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlara göre Zn elementinin SZF değerleri Tablo 2'e göre kıyaslandığında beş grup altında zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir. 7 ve 8. istasyonlar son derece yüksek zenginleşme, 3, 6 ve 9. istasyonlar önemli derecede zenginleşme, 1, 2, 10, 11 ve 12. istasyonlar orta derecede zenginleşme, 2, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 ve 17. istasyonlar düşük derecede zenginleşme gösterirken, 13. istasyon düşük derecede zenginleşme fakat orta derece zenginleşme aralığına oldukça yakın bir değerde tespit edilmiştir. Dünya geneli şeyl değerleri ve yerkabuğu değerleri ile karşılaştırıldığında 3, 6, 7, 8 ve 9. istasyonlardaki değerler oldukça üzerinde iken diğer istasyondaki çinko konsantrasyonları bu değerlere yakın olarak tespit edilmiştir (Tablo 5).

En yüksek As derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. istasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Araklı ilçesi açığına denk düşen 17. İstasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlara göre As elementinin SZF değerleri Tablo 2'e göre kıyaslandığında beş grup altında zenginleşme gösterdiği tespit edilmiştir. 7.İstasyon son derece yüksek zenginleşme, 8.İstasyon çok önemli derecede zenginleşme, 6 ve 9.İstasyon önemli derecede zenginleşme, 1 ve 3. istasyon orta derecede zenginleşme gösterirken, 2, 4, 5, 10, 11, 12, 13,14, 15, 16 ve 17.istasyonlar düşük derecede zenginleşme gösterdiği tespit edilmiştir. Dünya geneli şeyl değerleri ile karşılaştırıldığında 1, 3, 6, 7, 8 ve 9. istasyondaki değerler yüksek iken diğerleri düşüktür. 10. istasyon ise bu değerlere yakın olarak tespit edilmiştir (Tablo 5).

En yüksek Mo derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Solaklı deresi açığındaki 4. istasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlara göre Mo elementinin SZF değerler Tablo 2'ye göre değerlendirildiğinde beş grup altında zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir. 7. istasyon son derece yüksek zenginleşme, 8.İstasyon çok yüksek zenginleşme, 9.İstasyon önemli derecede zenginleşme, 6.İstasyon orta derecede zenginleşme gösterirken, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 ve 17. istasyonlar ise düşük derecede zenginleşme gösterdiği tespit edilmiştir. Dünya geneli şeyl değerleri ile karşılaştırıldığında 7, 8, ve 9. istasyon hariç diğer istasyondaki veriler bu değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5).

En yüksek Pb derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer Of ilçesi girişinde bulunan 5. İstasyonda tespit edilmiştir. İstasyonlara göre Pb elementinin SZF değerler Tablo 2'e göre

değerlendirildiğinde dört grup altında zenginleşme gösterdiği belirlenmiştir. 7. istasyon çok yüksek zenginleşme, 8 ve 9. istasyon önemli derecede zenginleşme, 6. istasyon orta derecede zenginleşme gösterirken, 1, 2, 3, 4, 5, 10-17. istasyonlar ise düşük derecede zenginleşme gösterdiği tespit edilmiştir. Dünya geneli şeyl ve yerkabuğu değerleri ile karşılaştırıldığında 5, 11, 12 ve 17. İstasyondaki değerler ortalamanın altında iken 4 e 14. İstasyonların yakın olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5).

Çalışma kapsamında elde edilen verilerin korelasyon analizi, değişkenlerin dağılımının normalden uzak olduğu durumlarda kullanımı tercih edilen Spearman korelasyonu ile yapılmıştır. pH'nın Mn ile orta düzeyde, Ni ve su içeriği ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona, Cu, Zn, As ve Pb ile orta düzeyde, kuru madde, ORP ve Cr ile zayıf düzeyde negatif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Organik madde; su, toplam organik karbon ve Al ile orta düzeyde pozitif, karbonat ve Mn ile zayıf düzeyde negatif korelasyona sahiptir. ORP ise Cu, Zn ve As ile pozitif, pH ve Mn ile negatif zayıf korelasyona sahiptir. Sedimentteki karbonat içeriği zayıf düzeyde olmak üzere Cu, Zn, As ve Pb ile pozitif, organik madde ile negatif korelasyona sahiptir.

Sediment metal derişimlerine göre yapılan değerlendirmede, alüminyum su ile yüksek, organik madde ile orta, toplam organik karbon ile zayıf düzeyde pozitif, kuru madde ile yüksek, Zn ve As ile zayıf düzeyde negatif korelasyona sahiptir. Krom Co, Cu, Zn As ve Pb ile yüksek, Ni ile orta düzeyde pozitif, pH ile zayıf düzeyde negatif korelasyona sahiptir. Mangan, pH ile orta Ni ile zayıf düzeyde pozitif, toplam organik karbon ile orta, organik madde, ORP, Cu, Zn, As ve Pb ile zayıf düzeyde negatif korelasyona sahiptir. Kobalt, Cr ve Pb ile yüksek, Cu, Zn ve As ile orta, Ni ile zayıf düzeyde pozitif, ve pH ile zayıf düzeyde negatif korelasyona sahiptir. Nikel, Cr ile orta düzeyde, pH, Mn, ve Co ile zayıf düzeyde olmak üzere pozitif korelasyona sahiptir. Bakır, Cr, Zn, As ve Pb ile yüksek, Co ile orta, ORP ve karbonat ile düşük düzeyde pozitif, su içeriği ile orta ve Mn ile düşük düzeyde negatif korelasyona sahiptir. Çinko, Cr, Cu, As, Pb ile yüksek, Co ile orta, ORP ve karbonat ile düşük düzeyde pozitif, pH ile orta, TOC ve Mn ile zayıf düzeyde negatif korelasyona sahiptir. Arsenik, Cr, Cu, Zn, ve Pb ile yüksek, Co ile orta, ORP ve karbonat ile düşük düzeyde pozitif, pH ile orta, Al, Mn ile düşük düzeyde olmak üzere negatif korelasyona sahiptir. Kurşun, Cr, Co, Cu, Zn ve As ile yüksek, karbonat ile düşük olmak üzere pozitif, pH ile orta ve Mn ile düşük olmak üzere negatif korelasyona sahiptir.

Sediment tane boyu gruplarına göre yapılan değerlendirmelerde; 63 µm boyutunun altındaki sedimenttin organik madde ve toplam organik karbon ile orta düzeyde, Al ve su içeriği ile zayıf düzeyde pozitif ve kuru madde ile zayıf düzeyde negatif korelasyona sahip olduğu,63 µm-125 µm tane boyutundaki sedimentin kuru madde ile orta düzeyde pozitif, su içeriği, organik madde, toplam organik karbon ve Al ile orta düzeyde olmak üzere negatif korelasyona sahip olduğu, 125 µm-250 µm tane boyutundaki sedimentin Zn ile orta düzeyde, kuru madde, Cu ve As ile zayıf düzeyde olmak üzere pozitif ve yine oranik madde ile orta düzeyde olmak üzere, su, toplam organik karbon ve Al ile zayıf negatif korelasyona sahip olduğu, 250 µm-500 µm tane boyutundaki sedimentin orta düzeyde olmak üzere Cu, Zn ve As ile pozitif, zayıf düzeyde kuru madde, Cr, Co ile pozitif ve su ve organik madde düzeyi arasında zayıf negatif korelasyona sahip olduğu, 2 mm ve üzerindeki tane boyutuna sahip sedimentin Cu, Zn ve As ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. 500 µm–1 mm ve 1mm-2mm tane boyutu sınıflarındaki sedimentlerin herhangi bir değişkenle istatistiki yönden önemli korelasyonu tespit edilememiştir.

Değişkenlerin istasyonlar arasındaki karşılaştırılmaları için tek yönlü varyans analizinin (one-way Anova) nonparametrik veriler için alternatifi olan Kruskal-Wallis H testi uygulanmıştır. Kruskal-Wallis H testi sonucunda; istasyonlar arasında farklılığın kuru madde ($p=0,012$), su içeriği ($p=0,012$), organik madde ($p=0,010$), karbonat içeriği ($p=0,020$), toplam organik karbon ($p=0,010$), pH ($p=0,010$), ORP ($p=0,009$) parametreleri yönünden $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olduğu görülmüştür. Metal konsantrasyonları yönünden de istasyonlar arasındaki farklılığın $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Cu, Zn, As ve Pb metallerine ait en yüksek derişimler 7, 8 ve 9 no'lu istasyonlarda tespit edilmiştir. Diğer metallerden Co için en yüksek derişimler 7, 8 ve 6 no'lu, Al için 4, 5 ve 9 no'lu, Cr için 8, 9 ve 3 no'lu istasyonlarda tespit edilmiştir. Söz konusu metallerin Yeniay limanı civarında yüksek oluşu metal birikiminin Gökçesu deresi kaynaklı olduğu sonucunu doğurmaktadır. En yüksek Mn (1, 3 ve 15 no'lu istasyon) ve Ni (4, 3 ve 1 no'lu istasyon) derişimlerine sahip olan istasyonların Solaklı deresinin etki alanında olduğu görülmüştür.

İstasyonlar kıyıya yakınlıklarına göre sınıflandırıldığında organik madde, toplam organik karbon, alüminyum ve mangan parametreleri yönünden kıyıya yakın ve uzak istasyonlar arasındaki farklılığın $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit

edilmiştir. Kıyıya yakın istasyonlardaki sedimentlerde organik madde, toplam organik karbon ve alüminyum derişimlerinin daha düşük olmasına rağmen mangan derişiminin ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kıyı ve açık konumdaki istasyonlar arasında tane boyutu yönünden istatistiksel olarak önemli farklılık 500-1000 mikron ve <63 mikron altında tane boyutları için tespit edilmiştir. Her iki tane boyu grubu da kıyı istasyonlarda açık istasyonlara göre daha düşüktür. Diğer parametreler yönünden istasyonların kıyıdan uzaklıklarına göre istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilememiştir.

## 4. TARTIŞMA

Sürmene koyu sedimentlerinin kum yüzdeleri % 7,97-90,57, silt yüzdesi % 4,69-91,00, çakıl yüzdesi % 0,01-12,67 arasında değişim göstermektedir. İstasyonlara göre kum içeriği büyükten küçüğe göre 11>1>2>6>12>7>3>15>17>10>4>8>9>14>5>13 sırasını izlemektedir. İstasyonlara göre silt içeriği büyükten küçüğe göre sırasıyla 5>13>14>16> 9 >8>4>10>17>15>7>12>3>2>1>11>6 sırasını izlemektedir. Çakıl içeriği ise 6>3>13> 10>2>14> 1>11>8> 4>12> 9>7>15>5>17>16 şeklindedir.

Özşeker (2006) yapmış olduğu çalışmada Trabzon bölgesinde belirlenen 29 farklı istasyondan alınan örneklerde sediment tane boyu dağılımını ortalama çakıl içeriğini % 14,6 kil içeriğini 19,5 ve kum içeriğini 65,9 olarak belirlemiştir. Ayrıca Trabzon ili genelinde malzemenin % 21,69'nun kil, % 62,38'nin kum ve % 15,91'nin çakıl malzemesinden oluştuğunu ortaya koymuştur.

Haşimoğlu (2010) tarafından yürütülen diğer bir çalışmada Solaklı Deresi'nin ağırlıklı olarak kil malzemesinden, Değirmendere ve Yanbolu bölgesininse kum malzemesinden oluştuğunu ifade etmiştir.

Sürmene koyu sedimentlerinin toplam organik karbon değerleri % 0,26-2,42 arasında değişmektedir. İstasyonlara göre yüzde organik karbon içeriği büyükten küçüğe göre 8>5>4>9=13>14>16>7>3>15>12>10>11>2>1>6>17 şeklindedir. Organik karbon değeri en yüksek Çamburnu limanı civarında bulunan 8. İstasyonda tespit edilirken, en düşük değer ise Araklı mevkiinde yer alan 17. istasyonda tespit edilmiştir.

Gedik ve Boran (2012) Rize Limanında yapmış oldukları çalışmada belirlenen 7 istasyondan alınan sediment örneklerinde toplam organik karbon değerlerini ise sırasıyla % 0,85, % 0,76, % 0,75, % 0,82, % 1,02, % 0,64 ve % 0,57 olarak saptamışlardır.

Bakan ve Şenel (2000) Samsun Mert ırmağı sedimentlerinde organik madde miktarını ortalama olarak % 5,61 belirlemişlerdir.

Sürmene koyunda belirlenen 17 istasyonun yüzey sedimentlerinde saptanan karbonat içeriği % 8,54-18,05 arasında değişmektedir. İstasyonlara göre yüzde organik karbon içeriği büyükten küçüğe göre 3>9>6>10>8>11>12>7>5>4>13>16>2>1>15>14>17 sırasını izlemektedir.

Sürmene koyu sedimentlerinde saptanan organik madde içeriği % 1.01-8.52 arasında değişmektedir. İstasyonlara göre organik madde içeriği büyükten küçüğe 5>14>7>4>10>16>9=13>8>17>3>15>2>1>11>12>6 sırasını izlemektedir. En yüksek organik madde içeriği Of ilçesinin girişinde yer alan 5. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Çamburnu çıkışına denk düşen 6. istasyonda tespit edilmiştir.

Sürmene koyu sedimentlerinde saptanan kuru madde içeriği % 97,91-99,94 arasında değişmektedir. İstasyonlara göre kuru madde içeriği büyükten küçüğe 12>6>2>7>11>13>8>15>17=10>1>3=9>16>5>14>4 sırasını izlemektedir. En yüksek kuru madde içeriği Sürmene girişinde yer alan 12. İstasyonda iken en düşük değer ise Solaklı deresi açığında yer alan 4. İstasyona denk gelmektedir. Su içeriği ise % 0,06-2,09 arasında değişmektedir. Dolayısıyla en yüksek su içeriği tam tersi olan 4. İstasyonda tespit edilirken, en düşük su içeriği 12. İstasyonda tespit edilmiştir.

Sürmene koyunda belirlenen 17 çalışma istasyonundan alınan yüzey sedimentlerinde saptanan pH 6,91-8,24 arasında değişmektedir. İstasyonlara göre pH ölçümü büyükten küçüğe 4>11>2=3>17>1>16>14>12>5>6=13>15>10>9>8>7 sırasını izlemektedir. En yüksek pH ölçümü Solaklı deresi açığında yer alan 4. İstasyonda tespit edilirken en düşük pH ise Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilmiştir.

Bakan ve Şenel (2000) Samsun Mert ırmağı sedimentlerinde pH değerini 6,80 ile 7,65 arasında tespit etmişlerdir.

Gedik ve Boran (2012) Rize limanı sediment örneklerinde pH değerlerini sırasıyla 7,40-7,35-7,32-7,34-7,55-7,18 ve 7,12 olarak belirlemişlerdir.

Sürmene koyunda belirlenen 17 çalışma istasyonundan alınan yüzey sedimentlerinde saptanan ORP değerleri 159,80-269,70 mV arasında değişmektedir. İstasyonlara göre ORP büyükten küçüğe 7>2>14>9>12>13>17>3>8>5>6>4>10>11>16>15>1 sırasını izlemektedir. En yüksek ORP ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Of ilçesine denk düşen 1. İstasyonda tespit edilmiştir.

Sürmene koyunda belirlenen 17 çalışma istasyonundan alınan yüzey sedimentlerinde saptanan Alüminyum (Al) derişimi 19965-48723 mg/kg arasında değişmektedir.

İstasyonlara göre Alüminyum konsantrasyonu büyükten küçüğe doğru sıralanışı 4>5>9>14>13>16>3>10>2>17>8>15>6>1>12>11>7 sırasını izlemektedir. En yüksek Al derişimi Solaklı deresi açığında yer alan 4. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilmiştir.

Krom (Cr) derişimi 13,4-82 mg/kg arasında değişmektedir. İstasyonlara göre Cr konsantrasyonu büyükten küçüğe 8>9>6>3>4>1>2>7>10>16>12>13>11>15>14>17>5 sırasını izlemektedir. En yüksek Cr derişimi Yeniay limanı doğusuna denk düşen düşen 8. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Of ilçesi girişine denk düşen 5. İstasyonda tespit edilmiştir. Sediment Zenginleşme Faktörü (SZF) ise 0,56-4,83 arasında değişmektedir. Ortalama SZF değeri ise 1,66 olarak tespit edilmiştir. İstasyonlara göre SZF değerleri büyükten küçüğe doğru 8>7>1>6>3>9>2>11>12>4>10>16>13>15>17>14>5 sırasını izlemektedir.

Balkıs ve Aksu (2012) Batı Karadeniz sedimentlerinde Cr için; 69-140 µg/g, Çoban ve arkadaşları (2009) Zonguldak kıyılarında yaptıkları çalışmada 67,95 µg/g, Topcuoğlu ve arkadaşları (2004) Rize ili Pazar ilçesinde yaptıkları çalışmada Cr için; 39-245 µg/g, Topcuoğlu ve arkadaşları (2002) tarafından Orta Karadeniz'de ki çalışmada 21,8-38,9 µg/g, Yücesoy ve Ergin (1992) Güney Karadeniz yüzey sedimentlerinde 13-239 µg/g olarak belirlemişlerdir.

Mangan (Mn) derişimi 200,17-446,89 mg/kg arasında değişmektedir. İstasyonlara göre Mn konsantrasyonu büyükten küçüğe 1>3>15>11>6>17>2>12>9>14>16>4>10> 13>8>7>5 sırasını izlemektedir. En yüksek Mn derişimi Of ilçesinin çıkışına denk düşen 1. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Of ilçesi girişine denk düşen 5. İstasyonda tespit edilmiştir.

Literatürde ise Karadeniz'de yapılan çalışmalar sonucunda Mn değerlerini; Balkıs ve Aksu (2012) Batı Karadeniz'de yaptıkları çalışmada 244-604 µg/g, Çoban ve arkadaşları (2009) Zonguldak kıyılarında yaptıkları bir çalışmada 274,4 µg/g, Arıman ve arkadaşları (2007) Orta Karadeniz kıyı şeridi nehirlerinin denize döküldüğü noktalardan almış oldukları yüzey sedimentinde 713-17995 mg/kg, Topcuoğlu ve arkadaşları (2004) Rize ili Pazar ilçesinde yaptıkları bir çalışmada 907-2830 µg/g, Topcuoğlu ve arkadaşları (2002) Karadeniz'de yaptıkları bir çalışmada 214,1-870,3 µg/g, Yücesoy ve Ergin (1992) Karadeniz'de yaptıkları bir çalışmada 112-1109 µg/g olarak bulunmuştur.

Kobalt (Co) derişimi 8,01-32,79 mg/kg arasında değişmektedir. İstasyonlara göre Co konsantrasyonu büyükten küçüğe 7>8>6>1>3>9>15>2>4=10>14>16>11>13>17>12>5

sırasını izlemektedir. En yüksek Co derişimi Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Of ilçesi girişine denk düşen 5. İstasyonda tespit edilmiştir.

Co derişimi; Topcuoğlu ve arkadaşları (2004) Rize ili Pazar ilçesinde yaptıkları bir çalışmada 22,5-86,2 µg/g, Yücesoy ve Ergin (1992) Karadeniz'de yaptıkları çalışmada 0-22 µg/g bulmuşlardır.

Nikel (Ni) derişimi 9,78-25,99 mg/kg arasında değişmektedir. İstasyonlara göre Ni konsantrasyonu büyükten küçüğe 4>3>1>2>13>6>8>10>16>12>9>17>15>7>14>11>5 sırasını izlemektedir. En yüksek Ni derişimi Solaklı deresi açığında yer alan 4. İstasyonda tespit edilirken en düşük Ni konsantrasyonu Of ilçesi girişine denk düşen 5. İstasyonda tespit edilmiştir.

Ni değerleri; Özşeker ve Erüz (2011) Trabzon'un batısında 20,40 ppm doğusunda ise 57,10 ppm, Arıman ve arkadaşları (2007) Orta Karadeniz kıyı şeridi nehirleri üzerinde yaptıkları çalışmada 385-5775 mg/kg, Topcuoğlu ve arkadaşları (2004) Rize ili Pazar ilçesinde gerçekleştirilen çalışmada 36,5-79,2 µg/g, Yücesoy ve Ergin (1992) Karadeniz'de yaptıkları çalışmada 11-22 µg/g olarak bulunmuştur.

Bakır (Cu) derişimi 24,88-3107,21 mg/kg arasında değişmektedir. İstasyonlara göre Cu konsantrasyonu büyükten küçüğe 7>8>9>6>3>1>10>2>4>13>11>5>15>14>16>12>17 sırasını izlemektedir. En yüksek Cu derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Araklı ilçesi açığına denk düşen 17. İstasyonda tespit edilmiştir.

Cu değerleri; Özşeker ve Erüz (2011) Trabzon'un batısında 62,33 ppm doğusunda ise 57,83 ppm, Çoban ve arkadaşları (2009) Zonguldak kıyılarında yaptıkları çalışmada 30,21 µg/g, Karaalioğlu ve Orhan (URL2) yapmış oldukları çalışmada Sinop ili kıyı şeridinde sediment örneklerinin yıllık ortalamalarında 56,07 mg/kg Topcuoğlu ve arkadaşları (2004) Rize ili Pazar ilçesinde gerçekleştirilen bir çalışmada 47-111 µg/g, Topcuoğlu ve arkadaşları (2002) Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında 69,9-95,5 µg/g, olarak tespit edilmiştir.

Çinko (Zn) derişimi 102,21-4259,45 mg/kg arasında değişmektedir. İstasyonlara göre Zn konsantrasyonu büyükten küçüğe 7>8>9>6>3>1>10>2>5>4>13>11>12>14> 15>16>17 sırasını izlemektedir. En yüksek Zn derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Araklı ilçesi açığına denk düşen 17. İstasyonda tespit edilmiştir.

Zn değerleri; Özşeker ve Erüz (2011) Trabzonun batısında 81,37 ppm doğusunda ise 101,69 ppm, Çoban ve arkadaşları (2009) Zonguldak kıyılarında yaptıkları bir çalışmada 84,6 µg/g, Topcuoğlu ve arkadaşları (2004) Rize ili Pazar ilçesinde gerçekleştirilen çalışmada 68-148 µg/g, Topcuoğlu ve arkadaşları (2002) Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında 33,9-267,4 µg/g, Karaalioğlu ve Orhan (2006) yapmış oldukları çalışmada Sinop ili kıyı şeridinde sediment örneklerinin yıllık ortalamalarında 204,12 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Arsenik (As) derişimi 5,39-557,78 mg/kg arasında değişmektedir. İstasyonlara göre As konsantrasyonu büyükten küçüğe 7>8>9>6>4>1>10>2>11>13>4>5>15>16>11>14>17 sırasını izlemektedir. En yüksek As derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Araklı ilçesi açığına denk düşen 17. İstasyonda tespit edilmiştir.

As değerleri; Gedik ve Boran (2012) Rize limanında yapmış oldukları çalışmada 4,9-13,0 mg/kg, Güven ve arkadaşları (1997) Sinop ve Güneybatı Karadeniz sahilinde yapmış oldukları çalışmada As'in Riva'da yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Molibden (Mo) derişimi 0,21-20,00 mg/kg arasında değişmektedir. İstasyonlara göre Mo konsantrasyonu büyükten küçüğe 7>8>9>6>1>3>10>12=11>13>15>5>2>16> 14>17>4 sırasını izlemektedir. En yüksek Mo derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer ise Solaklı deresi açığındaki 4. istasyonda tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen Kurşun (Pb) derişimi 15,47-208,18 mg/kg arasında değişmektedir. İstasyonlara göre Pb konsantrasyonu büyükten küçüğe 7>8>9>6>10> 3>2>1>16>13>15>4>14>17>11>12>5 sırasını izlemektedir. En yüksek Pb derişimi ölçümü Çamburnu beldesinde bulunan tersaneye denk düşen 7. İstasyonda tespit edilirken en düşük değer Of ilçesi girişinde bulunan 5. İstasyonda tespit edilmiştir.

Gedik ve Boran (2012) Rize limanında yapmış oldukları çalışmada Pb değerini; 15,9-33,0 mg/kg, Özşeker ve Erüz (2011) Trabzonun batısında 25,66 ppm doğusunda ise 28,45 ppm, Balkıs ve Aksu (2012) Batı Karadeniz sedimentlerinde 10-48 µg/g olarak, Arıman ve arkadaşları (2007) Orta Karadeniz kıyı şeridi nehirlerinde 654-1022 mg/kg, Karaalioğlu ve Orhan (2006) Sinop ili kıyı şeridinde sediment örneklerinin yıllık ortalamalarının 63,46 mg/kg, Topcuoğlu ve arkadaşları (2004) Rize ili Pazar ilçesinde gerçekleştirilen çalışmada <0,1-52,9 µg/g, Yücesoy ve Ergin (1992) Güney Karadeniz'de yaptıkları çalışmada 12-69 µg/g olarak ölçmüşlerdir.

# 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kıyısal alanlarda bulunan sedimentler yüzey ve kıyı akıntıları ile dalga dinamiğinden etkilenmektedir. Doğu Karadeniz'e akarsular vasıtasıyla oldukça fazla sediment taşınmaktadır. Sanayi yönünden gelişmiş bir bölge olmamasına rağmen çeşitli maden yataklarının mevcudiyeti, akarsu kaynaklarının bolluğu ve kentsel atıkların direkt alıcı ortama boşaltılması nedeniyle Doğu Karadenizin özellikle kıyısal alanları antropojenik girdilerden daha çok etkilenmektedir. Bundan dolayı kıyısal sedimentlerdeki metal analizleri büyük önem taşımaktadır.

Ağır metaller, toksik etkileri ve biyolojik olarak parçalanamaz olmaları nedeniyle çevre ekolojisi açısından en önemli kirleticilerin başında gelmektedir. Çalışma kapsamında seçilen Sürmene Koyu kıyısında Trabzon'a bağlı Of, Sürmene ve Araklı ilçeleri yer almakta ve bu koya Solaklı ve Sürmene dereleri başta olmak üzere 5 akarsu boşalmaktadır. Sürmene koyu; Yeniay limanına dökülen Gökçesu deresi vasıtasıyla 1985-1997 yılları arasında bakır işletme fabrikası atıkları etkisine maruz kalmıştır. Ayrıca bu koyda faaliyetlerini devam ettirmekte olan ve gelecekte kapasitesi büyütülmesi planlanan bir tersane mevcuttur.

Bu çalışmada hava, su ve toprak kirliliği döngüsü içerisinde son nokta olarak kabul edilebilecek deniz sedimenti örneklerinde tane boyu analizi, karbonat, toplam organik karbon, organik madde, pH, ORP, toplam katılar ve su içeriği, askıdaki katı madde ve ağır metal birikimlerinin araştırılması ve birbirleriyle ilişkilendirilmeleri amaçlanmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen verilere göre Yeniay limanı ve yakın çevresini kapsayan istasyonlarda SZF (Sediment zenginleşme faktörü) yönünden Cu başta olmak Co, Zn, Mo, Pb ve As derişimlerinin oldukça yüksek düzeylere ulaştıkları belirlenmiştir. Önceki yılları temsil eden dönemlere karşılık gelen örneklerde yapılan ölçümlerin düşük düzeylerde bulunması, mevcut etkinin antropojenik/endüstriyel kökenli olduğu söylenebilir.

# 6. ÖNERİLER

Bu çalışma ile Sürmene Koyu genelini temsil edecek şekilde sedimentteki metal kirliliğinin alansal dağılımı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sunulan veriler bölgenin özelliklerini yansıtması bakımından bundan sonraki çalışmalara önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmada kirletici düzeyleri kritik seviyelerin üzerinde bulunmuş olan metallerin, daha sonra yapılacak çalışmalarla Sürmene Koyu genelinde su, besin zinciri içerindeki düzeylerinin tespit edilmesi ve sedimentteki bu değerlerle karşılaştırılması oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca benzer çalışmanın kirletici etkilere maruz kalmamış ancak jeolojik olarak Sürmene Koyu ile benzerlik gösteren referans niteliğindeki yakın bir sahada gerçekleştirilmesi besin zincirindeki olası riskli birikim düzeylerinin tespit edilmesinde fayda sağlayacaktır.

Ağır metal birikimlerinin deniz canlılarını olumsuz etkileyebileceği ve besin zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşabileceği bilinmektedir. Deniz ortamındaki ağır metal çalışmaları su kolonu, sedimentin yanı sıra besin zincirinin farklı basamaklarında tespit edilmesi ve ortamdaki değişimlerin gözlenmesi yönünden oldukça önem arz etmektedir.

Sınırlı ve kapalı bir basen konumunda olan ve tatlı su girdisi yüksek seviyede olan Karadeniz'in giderek bozulan ekolojik dengesinin anlaşılabilmesi için sınırlı bölgede yapılan bu ve benzeri çalışmaların bütün Karadeniz'i içerisine alacak şekilde sürekli ve geniş kapsamlı yapılması gerekmektedir.

## 7. KAYNAKLAR


Akyüz, T., Başsarı, A., Saltoğlu, T. ve Kurtcebe, T., 1995. Determination of the Concentration of Some Elements in the Black Sea Sediment Samples Using Energy Dispersive X-Ray Flourancence Analyzer, Toxicological and Environmental Chemistry, 48, 125-133.

Alemdağ, N., 1999. Güneydoğu Karadeniz'in Su Kolonunda Bazı Fiziksel Parametreler ve Eser Elementlerin Dağılımlarının Araştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Alkan, A., 2009. Polistiren-Divinilbenzen Kopolimeri Reçinelerin Modifikasyonu ve Eser Elementlerin Önderiştirilmesinde Kullanılabilirliği, Doktora Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Ankley, G. T., Di Toro, D. M., Hansen, D. J., Berry, W. J., 1996. Technical Basis and Proposal for Deriving Sediment Quality Criteria for Metals, Environ. Toxical. Chem. 15, 2056- 2066.

Arıman S., Cüce H., Özbayrak E., Bakan G. ve Büyükgüngör H., 2008. Orta Karadeniz Kıyı Şeridi Nehirleri Su ve Sediman Ortamlarında Ağır Metal Kirliliği İzlenmesi, TMMOB ÇMO Çevre Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3, 1.

Aytekin, M., 2004. Deneysel Zemin Mekaniği; Teknik Yayınevi, Ankara.

Bakan, G. ve Şenel B., 2000. Samsun Mert Irmağı-Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması, Turk. J. Engin. Environ. Sciences, 24, 135-141.

Balkıs, N., Topçuoğlu, S., Güven, K.C., Öztürk, B., Topaloğlu, B., Kırbaşoğlu, Ç. and Aksu, A., 2007. Heavy metals in shallow sediments from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea regions of Turkey, Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 13, 147-153.

Balkıs**,** N., ve Aksu, A., 2012. Batı Karadeniz Şelfi'nde Suda, Midyede ve Yüzey Sedimentlerinde Metal Kirliliği, Ekoloji, 21, 82, 56-64.

Baş, L. ve Demet Ö., 1992. Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller, Ekoloji, 5, 42-46.

Başar, E. 1996. Sürmene Koyu'ndaki Bazı Teleost Balıkların Pelajik Yumurta ve Larvalarının Mevsimsel Dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Carver, R.E., 1971. Procedures in sedimanter petrology, Wiley.

Chapman, H. D. ve Pratt, P. F., 1982. Methods of Analysis for Soils Plants and Waters, University of California, Division of Agricultural Sciences, California, USA

Chatterjee, M., Silva Filho, E. V., Sarkar, S. K., Sella, S. M., Bhattacharya, A. ve Satpathy, K. K., 2007. Distribution and possible source of trace elements in the sediment cores of a tropical macrotidal estuary and their ecotoxicological significance. Environment International, 33,3, 346-356.

Clark, R.B., 1992. Marine Pollution, Third edition, Clarendon Press, Oxford, 64-82.

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.

Çınar, Ö., 2008. Çevre Kirliliği ve Kontrolü, Nobel Yayın Dağıtımı, 1. Basım, Ankara, 201s.

Çoban, B., Balkis, N. and Aksu, A., 2009. Heavy Metal Levels in Sea Water and Sediment of Zonguldak, Turkey, Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment, 15, 23-32.

Csuros, M. ve Csuros, C., 2002. Enviromental Sampling and Analysis for Metals, Lewis, Boca Raton.

Daniel, W. W., 1978. Applied Nonparametric Statistics, Houghton Mifflin, Boston.

DSİ 22., 2006. Bölge Müdürlüğü, Trabzon-Of-Solaklı Deresi Erezyon ve Rüsubat Kontrolü Projesi Hidroloji Raporu, Trabzon.

DSİ 22., 2008. Bölge Müdürlüğü, Sürmene-Çamburnu Sargona (Gökçesu) Deresi ve Tersane Deresi ile yazlık ve Soğukpınar Köyü Gelincik Deresinin Islahı Projesi, Trabzon.

Doğru, M., Gul-Güven, R. ve Erdoğan, S., 2007. The Use of Bacillus Subtilis Immobilized on Amberlite XAD-4 As A New Biosorbent in Trace Metal Determineon, Journal of Hazardous Materials, 149, 166-173.

Environmental Protection Agency, 1997. Recommended Guidelines for Sampling Marine Sediment, Water Column, and Tissue in Puget Sound, Sampling Chapter, Washington.

Ergül, H. A., 2004. Karadeniz'in Trabzon Yöresinde Oksik Zon'da Sedimentasyon Yapan Materyalin Bazı Ağır Metal, Radyonüklid, Organik Karbon ve Klorofil-a Düzeylerinin Araştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bil. Ens., Trabzon.

Ergül, H.A., Topçuoğlu, S., Ölmez, E. and Kırbaşoğlu, Ç., 2008. Heavy metals in sinking particles and bottom sediments from the eastern Turkish coast of the Black Sea, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 78, 396- 402.

Eryılmaz, F. ve Eryılmaz, M., 2002. Kuzeydoğu Ege Denizi-Çanakkale Boğazı ve Marmara Denizi Geçiş Bölgesi Çökellerinde İnce Tane Boyunun Ağır Metal Dağılımına Etkisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45,1, 111-124.

Fang, T.-H., Li, J.-Y., Feng, H.-M. ve Chen, H.-Y., 2009. Distribution and contamination of trace metals in surface sediments of the East China Sea, Marine Environmental Research, 68, 178-187.

Fernandes, L., Nayak, G. N., Ilangovan, D. ve Borole, D. V., 2011. Accumulation of sediment, organic matter and trace metals with space and time, in a creek along Mumbai coast, India. Estuarine Coastal and Shelf Science, 91,3, 388-399.

Forstner, U., Wittmann, G.T.W., 1979. Metal Pollution in the Aquatic Environment, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Forstner, U., Wittmann, G.T.W., 1983. Metal Pollution in the Aquatic Environment, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.

Gaudette, H.E., Flight, W.R., Toner, L., Folger, D.W., 1974. An Inexpensive Titration Method for the Determination of Organic Carbon in Recent Sediments. J. Sedimantery Petrology, 44, 249-253.

Gedik, K., ve Boran, 2012. M., Assessment of Metal Accumulation and Ecological Risk Around Rize Harbor, Turkey (Southeast Black Sea) Affected by Copper Ore Loading Operations by Using Different Sediment Indexes, Bull Environ Contam Toxicol, ,00128-012-0894-2.

Grimaldi, F. S., 1966. Determination of Carbondioxide in Limestone and Dolomite by Acid- Base Titration. U.S. Geol.Prof. Pap. 550 B, 186- 188.

Günel, H., 2006. Antalya Körfezi (Doğu Akdeniz) Kıta Sahanlığı ve Üst Yamacının Holosen Sedimentolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Haşimoğlu, A., 2010. T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı, Rusubat Analiz Raporu, Ankara, 22.

Hung, J. J. ve Hsu, C. L., 2004. Present state and historical changes of trace metal pollution in Kaoping coastal sediments, southwestern Taiwan. Marine Pollution Bulletin, 49, 986-998.

İzdar, E. ve Ergün, M., 1987. Passibility of Mineral Enrichment of the Black Sea, P.G Teleki ve arkadaşları, Marine Minerals, by D. Riedel Pub. Co., 363- 374.

Jackson, M., 1958. Soil chemical analysis, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, P.1-498, New Jersey, USA.

Jackson, M. L., 1962. Soil Chemical Analysis, Constable and Company Ld., London, England.

Kahvecioglu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2003. Metallerin çevresel etkileri-I. Metalurji Dergisi, 136: 47-53.

Kalaycı, Ş., Albayrak, A. S., Eroğlu, A., Küçüksille, E., Ak, B., Karaatlı, M., Keskin, H., Çiçek, E., Kayış, A., Antalyalı, Ö. L., Uçar, N., Demirgil, H., İşler, D. ve Sungur, O, 2010. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Editör Şeref Kalaycı, 5. Baskı, Asil Yayın Dağ. Ltd., Ankara.

Karadede, H., Ünlü, E., 2000. Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey, Chemosphere, 41, 1371-1376.

Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Timur, S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-II, Metalurji, 137, 1-10.

Kennish, M.J., 2002. Environmental Threats and Environmental Future of Estuaries, Environmental Conservation, 29, 78–107.

Krauskopf, K.B., 1979. Introduction to geochemistry, International Series in the Earth and Planetary Scienes, McGraw-Hill, Tokyo.

Langley, R., Practical Statistics, Pan Books, London, 1968.

Lenore S. Clescerl, Arnold E., Greenberg, Andrew D. Eaton, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, Washington.

Lin, J. G. ve Chen, S.Y., 1997. The Relationship Between Adsorptıon of Heavy Metal and Organic Matter in River Sediments, Environment International, 24, 345-352.

Miller, N. J. ve Miller, J. C., 2008. Analitik Kimyacılar İçin İstatistik ve Kemometri, Çeviren: Ahmet Uyanık, 1. Baskı, 312 Sayfa, İlke Yayınevi, Ankara.

Özşeker, K., 2006. Güneydoğu Karadeniz (Trabzon) Kıta Sahanlığı Oksik Tabaka Hidrografik Özellikleri, Sedimentlerinin Dane Boyutu Dağılımı ve Ağır Metal İçeriklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Özşeker, K., 2012. Güneydoğu Karadeniz'de (Trabzon) Karasal Kökenli Ağır Metal Kirliliğinin Alansal ve Zamansal Dağılımı, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Piper, D.J.W., 1974. Manuel of Sedimentological Techniques. Dalhousie Univ. Publ. Romankevich, E.A., 1984, Geochemistry of Organic Matter in the Ocean. Berlin, Heidelberg, New York.

Reddy, M. S., Basha, S., Sravan Kumar, V. G., Joshi, H. V. ve Ramachandraiah, G., 2004. Distribution, Enrichment and Accumulation of Heavy Metals in Coastal Sediments of Alang–Sosiya Ship Scrapping Yard, India. Marine Pollution Bulletin, 48, 1055-1059.

Strakhov, N. M., 1947. Toward Understanding the Mechanisms of Marine Sedimentation, Station I., The Black Sea. Izv. Akad. Nauk U.S.S.R., Ser. Geol., 22, 49-90.

Topçuoğlu, S., Ergül, H.A, Baysal, A., Ölmez, E. and Kut, D., 2004. Determination of Radionuclide and Heavy Metal Concentrations in Biota and Sediment Samples from Pazar and Rize Stations in The Eastern Black Sea, Fresenius Environmental Bulletin, 12, 2004, 695-699.

Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlulu, C. and Güngör, N., 2002. Heavy Metals in Organisms and Sediments from Turkish Coast of the Black Sea, Environmental International, 27, 521-526.

Turekian, K.K. and Wedepohl, H. K., 1961. Distribution of the Elements in some major units of the Earth's crust. Geological Society of America, Bulletin 72, 175-192.

URL1:http://www.epa.gov/region6/qa/qadevtools/mod5_sops/sediment_sampling/r9sedimentsamplegui.pdf, 28.12.2012.

URL2:http://www.belgeler.com/blg/oub/sinop-ili-kiyi-eridinde-deniz-ortami-kalitesinin-belirlenmesi-sea-surroundings-quality-determination-at-the-coast-of-sinop, 29.12.2012.

Wedepohl, H. K., 1995. The Composition of the Continental Crust. Geochimca et Cosmochimica Acta., 59,7, 1217- 1232.

Yılgör, S., Avcı, M., 1997. Fethiye Limanı Sedimentlerinde Ağır Metal Birikimi, DEÜ Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir.

Yiğiterhan, O. ve Yemenicioğlu, S., 2005. Trace Metal Composition of Particulate Matter in the Water Column and Sediments of the Black Sea and Regional Rivers, Yüksek Lisans Tezi, O.D.T.Ü, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yücesoy, F. and Ergin, M., 1992. Heavy Metal Geochemistry of Surface Sediments from the Southern Black Sea Shelf and Upper slope, Chemical Geology, 99, 265- 287.

## ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve ortaöğrenimini 2000 yılında, liseyi ise 2003 yılında İstanbul'da tamamladı.

2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü'nde başlamış olduğu lisans eğitiminden 2009 yılında Balıkçılık Teknolojisi Mühendisi unvanıyla mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2010 yılında İngilizce hazırlık eğitimini başarıyla tamamladı.