



GÖL SULARINDA MADEN ARAMA FAALİYETLERİ VE
DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANINDA BULUNAN GÖLETİN
HARİTALANMASI VE GÖLET DİBİ ÇALIŞMALARI

Ümit ARSLAN

Yüksek Lisans Tezi

Maden İşletme Ana Bilim Dalı

Temmuz -2018

GÖL SULARINDA MADEN ARAMA FAALİYETLERİ VE
DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANINDA BULUNAN GÖLETİN
HARİTALANMASI VE GÖLET DİBİ ÇALIŞMALARI

Ümit ARSLAN

Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Maden İşletme Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ

Temmuz- 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

ÜMİT ARSLAN'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Göl Sularında Maden Arama Faaliyetleri ve Dumlupınar Üniversitesi Kampüs Alanında Bulunan Göletin Haritalanması ve Gölet Dibi Çalışmaları” başlıklı bu çalışma, jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

13 /07 /2018

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Ahmet AYDIN
Bölüm Başkanı, Maden Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ
Danışman, Maden Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Ali UÇAR
Maden Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Gülşen TOZSİN
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Atatürk Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ
Danışman, Maden Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %9 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ

Ümit ARSLAN

**GÖL SULARINDA MADEN ARAMA FAALİYETLERİ VE DÜMLUPINAR
ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS ALANINDA BULUNAN GÖLETİN
HARİTALANMASI VE GÖLET DİBİ ÇALIŞMALARI**

Ümit ARSLAN

Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2018

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ

ÖZET

Günümüzde insanların yaşam kalitesinin artması, gelişen teknoloji ile birlikte hep daha iyiye sahip olma isteği birçok sektörde olduğu gibi madencilik sektörünün de üretim artışlarına sebep olmuştur. Dünya'ya bir bütün olarak bakılırsa karasal alanlarda üretilen madenlerin miktarı kadar belki de daha fazlası göl, deniz ve okyanus diplerinde de olabileceği düşünülmektedir. Karasal alanlarda yıllardan beri üretilen madenler için taleplerin artması, rezerv durumlarının azalması, talep artışına bağlı olarak da maden birim fiyatlarında dönemsel artışlar meydana gelmektedir. Bu nedenle maden firmaları yeni rezerv arayışlarına girmiştir. Bilindiği üzere madenlerin üretimine başlamadan önce maden arama aşaması mevcuttur. Su altı araştırmalarında öncelikle dip haritalarının belirlenmesi ve dip yataklardan numune alınarak üretilmek istenen madenin durumu belirlenmektedir. Bu çalışmada Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampüsünde bulunan gölet çalışma alanı olarak seçilmiştir. DPÜ merkez kampüste bulunan göletten çeşitli ölçümler yapılarak göletin yüzey haritası ve 3 boyutlu su kütle modeli belirlenmiştir. Göl kenarının belirli noktalarından alınan numunelerin incelenmesi sonucu polen toplulukları belirlenmiştir. Alınan numuneler ile kimyasal analizler yapılarak göl dibinde bulunan formasyonların kimyasal ve mineralojik içerikleri saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Denizaltı madenciliği, Göl madenciliği.

MINE EXPLORATION IN LAKES AND MAPPING AND DEEP WATER APPLICATION IN DUMLUPINAR UNIVERSITY CAMPUS LAKE

Ümit ARSLAN

Mining Engineering, M. S. Thesis, 2018

Thesis Supervisor: Asst. Prof. Dr. Cihan DOĞRUÖZ

SUMMARY

In today's world, the demand for better quality of life, the demand for better quality with the developing technology, and the increase in the production of mining sector have been caused. If we look at the world as a whole, it is thought that it could be as much as the amount of mines produced in the terrestrial sense, perhaps even more in the lake, sea and ocean. Terrestrial increases in demand for minerals that have been produced for years, periodic increases in mining unit prices due to decrease in reserve conditions and increase in demand. For this reason, mining companies have been searching for new reserves. It is known that there is a mine exploration phase before the production of the mines. In the underwater researches, firstly the bottom maps are determined and the state of the mine to be produced by taking samples from the bottom beds is determined. In this study, the pond at Kütahya Dumlupınar University Center Campus was selected as a study area. Various measurements were made from the pond located on the campus of the DPU and the surface map and 3D water mass model were determined. Examination of specimens taken at certain points along the edge of the lake determined the ending pollen communities. Chemical and mineralogical experiments were carried out with the samples of Koran and the chemical contents of the formations in the lake bottom were determined.

Key words: Submarine mining, Lake mining,

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve bu çalışmam sürecinde bana rehberlik eden, derin bilgi ve tecrübelerini benden saklamayan sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Cihan DOĞRUÖZ'e, bu süreçte yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. M. Serkan AKKİRAZ hocama ve her koşulda bana destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Okyanus, Denizaltı ve Göl Madenciliği.....	6
2.1.1. Manganez nodülleri.....	9
2.1.2. Kobalt kabukları (Polimetallik kabuklar).....	13
2.1.3. Polimetallik sülfidler (Deniz tabanı masif sülfidler, SMS).....	15
2.1.4. Fosforit nodülleri.....	18
2.2. Kızıl Deniz Tabanındaki Mineral Yapısı	23
2.3. Deniz Altı Madenciliğinde Yasal Düzenleme	24
2.4. Su Altı Biyolojisi.....	26
2.5. Su Altı Çevre Ekolojisi	28
2.6. Okyanus ve Denizlerin Çeşitli Özellikleri Yönünden Sınıflandırılması	35
2.6.1. Topografik yönden sınıflandırma	35
2.6.2. Yüzey sularının sıcaklığına göre sınıflandırma.....	35
2.6.3. Batimetrik yönden sınıflandırma	35
2.6.4. Ekolojik yönden sınıflandırma	36
2.6.5. Derin deniz sistemi.....	37
2.7. Denizaltı Madenciliği İçin Çevresel Etki Değerlendirme	37
2.7.1. Tarama.....	38
2.7.2. Kapsam	39
2.7.3. Çevresel etki değerlendirme.....	39
2.7.4. Çevre yönetim planı.....	40
2.7.5. Denizaltı madenciliği çevre sorunları	40
2.7.6. Deniz tabanına olan çevresel etkiler	41
2.7.7. Su sütunu etkisi	42
2.7.8. Potansiyel üst su sütunu etkisi	42
2.7.9. Çevresel etkilerin azaltılması	42
3. GÖLET ÇALIŞMALARI	43
3.1. Kimyasal ve Minerolojik Çalışmalar	45

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2. Göl Haritalama Çalışmaları.....	49
4. SONUÇLAR	54
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	55



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Deniz altı maden makinaları (Yardımcı kesici, toplu kesici, toplama makinesi)	7
2.2. Denizaltı madencilği örnek gösterimi	8
2.3. Denizaltı manganez nodülleri.	9
2.4. Pasifik okyanusundaki manganez nodüllerinin kuş bakışı görüntüsü.....	11
2.5. Morfoloji, kabuk yaşı ve metal içeriğine göre manganez yumruları olma potansiyeli yüksek alanlar	13
2.6. Denizaltı kobalt kabuğu	13
2.7. Nodüllerin oluşum ve bulunma ortamları	18
2.8. Deniz tabanı maden üretim örnek projesi	22
2.9. Kızıldeniz fiziki görünümü	24
2.10. Dünya'daki suyun dağılım yüzdeleri	27
2.11. Dünyada su döngüsü	29
2.12. Syprid su altı robotu	32
2.13. CR200 6 bacaklı robot ve Mocness sistemi	33
2.14. DPÜ Mühendislik laboratuarlarında üretilen güneş enerjisi ile çalışan tekne SEPV-I (Solar Energy Powered Vessel-I)	34
2.15. Denizaltı çevresel etki değerlendirme aşamaları.....	38
2.16. Denizaltı çevresel etki	41
2.17. Çevresel etki azaltmada öncelik verilen eylemler	42
3.1. Gölet kıyısından alınan çamur örnekleri ve numune alınan noktalar.....	43
3.1. (Devam) Gölet kıyısından alınan çamur örnekleri ve numune alınan noktalar.....	44
3.2. Agat Havanı ve bu cihazda hazırlanan numune örneği	45
3.3. CD-1 nolu numunenin XRD sonuçları.....	47
3.4. CD-2 nolu numunenin XRD sonuçları.....	48
3.5. Göletin kuzey-güney doğrultulu yüzey gridleme yöntemi.....	50
3.6. Dumlupınar üniversitesi yapay göleti ve 3 boyutlu modeli	51
3.7. DPÜ merkez kampüs göletinde yapılan ölçümler.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Dünyada okyanus ve deniz bilimi çalışmaları.....	4
2.2. Türkiye ve Dünyada deniz araştırmaları yapan kurumlar	4
2.3. Deniz ve okyanus minerallerinin kıtalara göre dağılımı	5
2.4. Okyanus ve denizaltı üretim yöntemleri	5
2.5. Manganez yumrularının kimyasal yapılarının su derinliğine bağlı olarak değişimi	10
2.6. Manganez yumruları kimyasal bileşimi	12
2.7. Farklı bölgelerdeki polimetallik kabukları bazı metal ortalama içerikleri	14
2.8. Tektonik ortama göre deniz tabanı masif sülfidlerin ortalama metal içeriği.....	17
2.9. Bazı derin deniz mineral kaynakları altın ve gümüş içeriği	19
2.10. ISA tarafından verilen lisanslar ve onaylanan lisans başvuruları.....	20
2.11. Dünya su kaynakları miktarları	28
3.1. DPÜ göleti çevresinden elde edilen polen toplulukları.....	44
3.2. Gölden alınan numunelerin XRF sonuçları.....	45
3.3. Göl modelleme veritabanı	52

1. GİRİŞ

Göller günümüzde ve geçmişte yeryüzünün önemli mineral depolanma alanları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı doğal, jeolojik ve iklimsel olayların bir nevi kayıtlarını tutmaktadır. Göl tortulları çoğunlukla tuz, kömür, endüstriyel hammadde ve kil yataklarından oluşmaktadır. Göllerin yeryüzündeki varlığı yağışların miktarına bağlı olarak dönem dönem azalmış veya artmıştır. Son zamanlarda güney ve orta enlemlerde bulunan göller kurumaya ve süratle yok olma yoluna girmektedir. Bunun en önemli sebebi küresel ısınmaya bağlı sıcaklık artışları olarak gösterilmektedir. Göllerin ülkemizdeki durumu da aynı şekilde hızla yok olma durumundadır. Bu durum göl araştırmalarının önemini ön plana çıkartmaktadır. Palinoloji, morfoloji, ekoloji, limnoloji bilimleri ve jeofizik uygulamaları da göl araştırma kapsamı alanında bulunmaktadır.

Son 50 yılda okyanus ve deniz dibi mineral kaynakları hakkında birçok bilgi elde edilmiştir. Bu bilgiler ışığından deniz altından petrol ve mineral kazanmak için teknolojik adımlar atılmaya başlanmıştır (Slagmolen ve Hogeweg, 2008).

Dünyanın yarısından fazlasını oluşturan göl, okyanus ve deniz diplerinde ticari hayatı hareketlendirebilecek birçok mineral bulunmaktadır. Bu mineraller; manganez nodülü (bakır, nikel, kobalt), kobalt kabukları (kobalt, platin grup elementler), polimetallik sülfürler (bakır, çinko, kurşun, gümüş, altın) ve fosforit nodülleri olabilmektedir (Scott, 2001).

Göller, denizler ve okyanuslar dünyanın yaklaşık %72'sini kaplamaktadır. Bu boyut neredeyse iki adet ay ve iki adet Mars gezegeni büyüklüğüne eşdeğerdir (Vogt ve Tucholke, 1986). Pasifik okyanusunun yüzey alanı dünyadaki kıtaların yüzey alanından iki kat daha büyüktür. Bu bilgiler göstermektedir ki okyanus diplerindeki mineral yataklarının ekonomik potansiyeli bir hayli fazladır (Cronan, 1999; Scott, 2001).

Dünya'da bulunan göllerdeki kimyasal, biyolojik ve fiziksel durum ve bunların değişimleri, sedimantoloji, minerolojik, yapısal jeoloji-tektonik ve jeokimyasal konuların incelenmesi göller hakkında yeni çalışmalara başlangıç olmaktadır.

Günümüzde tüm ülkelerin doğal hammadde kaynaklarına ihtiyacı vardır. Özellikle ülkede yaşayan insanların refahı bu hammaddelerin çıkarılarak işlenip kullanılabilir hale gelmesiyle doğru orantılıdır. Şu an birçok ülke hammadde kaynağı aramanın yanında kaynağı çıkartma ve işleme konusunda mevcut teknolojisini daha da geliştirme yoluna gitmektedir (Budnik ve Chenyi, 2016).

Artan dünya nüfusu ve endüstrileşme ile birlikte mineral hammadde kaynaklarına olan talepte doğal olarak artmaktadır. Talep artışına bağlı olarak hammadde fiyatlarının yükselmesi, bazı hammadde kaynakları için şeffaf olmayan pazar şartları ve aynı zamanda hammadde kaynağı zengin ülkelerin kendi ekonomilerine avantaj yaratma girişimleri gibi nedenler hammadde kaynakları bakımından ithalata dayalı olan ülkelerin bu kaynaklara erişim kabiliyetini kısıtlamaktadır. Mineral hammadde fiyatları arttığında kaynakların temin edilme durumu risk altına girmektedir. Ülkeler hammadde kaynaklarını kendileri temin etmek için çeşitli yollara başvurmaktadır. Bu yollarından biri de göl, deniz ve okyanus altı madencilik yöntemleridir.

Deniz, göl ve okyanus diplerinden maden kaynaklarının çıkarılması yeni bir olay değildir. Birçok ülke su altından yıllardır kum ve çakıl çıkarmaktadır. Bu malzemeler deniz dolgusunda, limanları korumak için set yapımında kullanılmaktadır. Uluslararası kurumlar tarafından deniz araştırmaları için yapılan tahminlere göre Kuzey Atlantik deniz ortamından sorumlu grup 2012 yılında Avrupa sularından 93 milyon metreküp kum alındığı bilgisini paylaşmıştır. Bu rakam yaklaşık 37 adet piramidin toplam hacmine denk gelmektedir. Bu rakamlarda en büyük pay 63 milyon metreküp ile Hollanda'ya aittir. Bu çıkarılan malzemenin bir kısmı her yıl Rotterdam limanını genişletmek için kullanılmaktadır (Scheid, 2014).

Bazı madencilik işlemlerinin deniz ortamlarını kirlettiği ve ciddi zararlara sebep olduğu görülmektedir. Bunlar; doğrudan atıklar, deniz tabanındaki habitatın tahribatı, gürültü, bulanıklık, sedimentasyon oranlarının değişimi, kimyasal sızıntılar ve çatlaklardan sızma gibi etkenler bulunmaktadır (Levin, 2016). Baez almada ve Bernardino'nun 2016 yılında yaptığı çalışmalara göre Atlantik okyanusunun güney-batısında yer alan ve Brezilya'nın temel petrol havzası olan Campos havzasında biyoçeşitliliğin ve ekosistemin tehdit altında olduğu görülmektedir. 42 farklı alanda soğuk sulara yetişen mercan resifleri, denizaltı vadileri ve yumuşak sedimanter konuları üzerinde yapılan bu çalışmalarda bölgenin muhafaza edilmesi ve biyocoğrafik açıdan korunması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Almada ve Bernardino, 2016).

Danovaro ve arkadaşları, 1960 yılında derin denizlerde diğer araştırmacılar tarafından ilk verilerin elde edildiğini ve daha sonra derin denizlerde yüksek bir çeşitlilik olduğunu vurgulamaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle ve yeni cihazların yardımıyla yeni yaşam alanlarının gözlemlendiğini ve yeni keşifler yapıldığını belirtmişlerdir. Büyük gemiler sayesinde okyanuslarda denizaltı yaşamın ve ekosistemin analiz edilebilirliğini göstermişlerdir. Gelecekte deniz ortamlarının daha detaylı araştırılması için daha yeni teknolojilerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmışlardır (Danovaro vd., 2014).

2. GENEL BİLGİLER

Günümüzde hemen hemen tüm metaller ve endüstriyel mineraller tükenme eğilimine girmek üzeredir. Gelecekte ithalattan kurtulmak ve kendilerini arz sıkıntılarından korumak için bazı ülkeler okyanustan bu tür kaynakları aramaya başlamışlardır. Ancak denizaltı madenciliği çok pahalı ve çevresel sorunlar açısından çok bilinmeyenleri olan bir alandır. Birçok yüksek teknoloji uygulaması, hibrit otomobillerde ve akıllı telefonlar gibi modern kitlesel üretilen elektronik ürünlerin imalatı, bol miktarda mineral kaynağı gerektirmektedir. Bu kaynaklar bakır, nikel ve altın gibi metallerin çıkarıldığı maden cevherlerinin yanı sıra florit, grafit ve mika gibi metalik olmayan endüstriyel mineralleri de içermektedir (Scheid, 2014). Denizaltı madenciliği dünyada çok geniş bir kullanım alanına henüz sahip değildir. Bilinen projeler arasında en ileri seviyede olan denizaltı madenciliği çalışması büyük okyanusun güneybatı bölümünün bir kısmını muhteva eden Bismarck denizinde gerçekleştirilen Solwara 1 adı verilen deniz yüzeyi masif sülfat projesidir. Bunlara ek olarak, Papua Yeni Gine’de polimetallik sülfat bölgesinde, Solwara 1 projesindeki arazi madenciliği metrik sistem formatını kullanan Batker ve Schmidth, ekosistem faaliyetinin bir uygulamasını çalışmışlardır. Bu çalışmaya göre, denizaltı madenciliğinin bakır madenciliğinde küresel talepler açısından gerekli olduğu gözlemlenmiştir ve karasal madencilikte ekosisteme etkisinin azaltılması açısından önemlidir (Batker ve Schmidt, 2015).

Okyanus ve deniz suları bünyelerinde çözünmüş halde 60'a yakın mineral barındırmaktadır. Okyanus ve deniz tabanlarında doğalgaz ve petrol rezervlerinin de büyük bir kısmı bulunmaktadır. 1960'lı yıllardan başlayarak Amerika, Japonya, Fransa, Rusya, Almanya, Kanada ve Hindistan gibi birçok ülke denizaltı bilimine önem vermiş araştırma ve geliştirme çalışmalarına başlamış günümüzde de halen çalışmalarına devam etmektedirler. Okyanus ve deniz altındaki mineral yatakları belki gelecekte tek seçenek olarak karşımıza çıkacaktır. Bu nedenle okyanus ve deniz tabanlarında bulunan mineral kaynaklarını teknolojik çalışmalar ile tespit ederek bu kaynaklardan olabilecek en üst seviyede yararlanmamız gerekmektedir (Ehsani, 2015).

Ülkemizin etrafının denizlerle çevrili olması denizaltı madenciliği açısından birçok çalışmaya ev sahipliği yapmaya müsait olması bu alanda yapılacak çalışmaların kapsamlı bir şekilde yürütülmesi gerektiğini göstermektedir. Türkiye’de denizcilik ile ilgili çalışmalar 1909 yılında kurulan merkezi İstanbul da olan Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi (SHOD, Deniz Kuvvetleri Komutanlığına bağlı) tarafından başlamıştır (Ehsani, 2015).

Çizelge 2.1. Dünyada okyanus ve deniz bilimi çalışmaları (Ehsani, 2015).

Yıl	Yapılan Araştırma
M.Ö. 2000	Giritliler ve Fenikeliler ilk deniz ve denizaltı araştırmaları gerçekleştirmişlerdir.
M.Ö. 1500-500	Polenezyalılar Güney Pasifik ve Hawaii adalarında seyahatler düzenlemişlerdir.
M.Ö. 900-700	Giritliler deniz coğrafyası araştırmaları yapmışlardır.
M.Ö. 230	Giritliler dünya şekli ve boyutunu hesaplamış ve gel git hareketlerini hesaplamışlardır.
1855	Okyanusların derinlik ölçme çalışmaları yapılmıştır.
1872-1876	Bilimsel araştırmaya tahsis edilmiş ilk okyanus seyahati
1950-1960	Filipinler açıklarında (Mariana Çukuru) keşfi
1968	Glomar Challenger denizaltı aracı güney Amerika ve Afrika açıklarında denizaltı ve okyanus tabanında araştırmalar yapmıştır.
1960-1970	ABD ve Sovyetler Birliği geniş bütçeli okyanus ve denizaltı araştırmaları yapmışlardır.
1970	Okyanus ve Deniz altı madenciliği metal fiyatlarındaki artış nedeni ile başlamıştır.
1979	Doğu pasifik okyanusunda polimetallik masif sülfid yatakları bulunmuştur.

Çizelge 2.2. Türkiye ve Dünyada deniz araştırmaları yapan kurumlar (Ehsani, 2015).

Türkiye	Dünya
Deniz Kuvvetleri Komutanlığı (SHOD)	Tokai Üniversitesi Deniz Bilimi Fakültesi, Japonya
Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA)	Sorbonne Üniversitesi Deniz Bilimi Enstitüsü, Fransa
Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO)	Fransız Deniz Araştırmaları Kurumu, Fransa
İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)	Moskova ve Leningrad Üniversitelerinde Deniz Bilimi Enstitüsü, Rusya
Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ)	Bedford Deniz Bilimi Enstitüsü, Kanada
Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ)	

1960'lı yıllara kadar deniz ve okyanus tabanı suları içine alan büyük bir kuvvet gibi düşünülmekteydi. Jeoloji biliminde devrim sayılabilecek plaka tektoniği teorisi 1960'lı yıllarda geliştirilmeye başlandı. Plaka tektoniği teorisinde yer kürenin en dış tabakası ortalama 100 km kalınlığında sert litosfer tabakasıdır (Ehsani, 2015).

Litosfer tabakası akışkan ve plastik özellik gösteren astenosfer tabakası üzerinde yüzerek hareket eder. Litosfer tabakası 12 asıl plakaya ve birçok küçük plakaya bölünmüştür. Plaka tektoniği teorisinden önce deniz ve okyanus tabanında oluşan mineral yataklarının oluşması karasal kıtalarda erozyonun gerçekleşmesi ve böylece akarsularla deniz ve okyanus tabanında sedimanter tabakalar şeklinde birikmesi ile açıklanmaktaydı. Fakat plaka tektoniği teorisi dünyanın litosfer tabakasının hareketine dayanmaktadır. Bu olayda kıtasal tabakalar plakalar şeklinde sürekli hareket halindedir. Plaka tektoniği teorisine göre hareket eden plakalar deniz ve okyanus tabanında büyük sırtlara ve kırılmış fay ve zonlara sebep olmaktadır. Hidrotermal eriyikler büyük bir mineral kaynağıdır ve bu maddeler deniz suyu ve çeşitli mikroorganizmalar ile tepkimeye girerek okyanus ve deniz tabanında polimetallik sülfid yataklarının oluşumunu sağlamaktadır (Ehsani, 2015).

Çizelge 2.3. Deniz ve okyanus minerallerinin kıtalara göre dağılımı (Ehsani, 2015).

Kıta	Okyanus ve Deniz Mineral Kaynakları
Afrika	Tuz yatakları Elmas, Plaser yataklar
Kuzey ve Orta Amerika	Plaser Altın yatakları, Kömür, Fosforit yataklar
Güney Amerika	Metalik maden ve Kıymetli taşlar
Avrupa	Fosforit yatakları, Kömür
Asya	Plaser yataklar, Kalay
Okyanus	Plaser Altın ve Fosfat

Çizelge 2.4. Okyanus ve denizaltı üretim yöntemleri (Ehsani, 2015).

Yöntem	Kısa Açıklama
Sıyırma ve Tarama	Deniz tabanı yüzeyi veya mineral yüzeyini tarama
Çukur Kazma-Kazı	Açık işletme tasarımına benzemektedir.
Sıvılaştırma ve Liç İşlemi	Sondaj veya boru sistemi ile cevher mineralini çamur veya sıvı şeklinde yüzeye çıkarma
Tünel ve Galeri Açma	Mineral yatağında karadan tünel kazma

Kıta sahanlığı ve kıta kenarları metalik olmayan birçok mineral yatağının bulunması bakımından büyük bir potansiyel taşımaktadır. Fakat şimdiye kadar bu bölgelerden çoğunlukla, plaser metal yatakları (kalay, altın, titanyum, krom, baryum, zirkonyum ve nadir toprak elementler) ve bazı metalik olmayan yataklar (elmas, toryum, kireç, kum ve çakıl ve su) değerlendirebilmiştir (Ehsani, 2015).

Geçtiğimiz yüzyılda ve daha erken dönemlerde ağır minerallerin plajlara taşınmasıyla bir nevi denizaltı madencilik işlemi yapılmıştır. Geleneksel anlamda madencilik olmasa da petrol endüstrisi 20. yy. ortalarında denizlere açılmıştır. O zamanın eleştirmenleri petrolün karada bol miktarda olduğunu ve denizlerde üretim yapmanın gereksiz olduğunu savunmuşlardır. O dönemlerde teknoloji günümüz kadar gelişmiş değildir fakat denizlerden üretilen petrol o dönemin toplam petrol üretiminin %30'una denk gelmektedir (Scott, 2001).

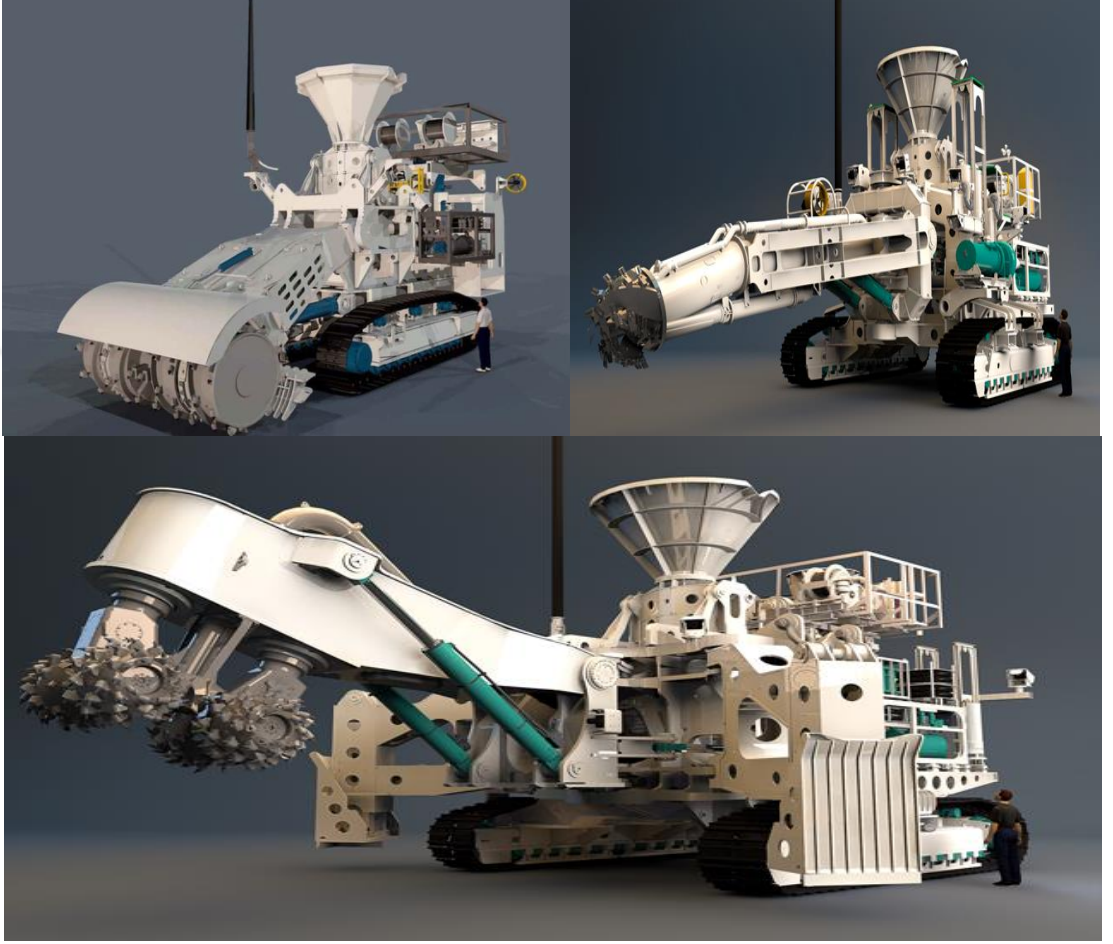
Güney Afrika'nın Namibia bölgesinde, Yeni Zelanda'da ve Meksika'da kaya tabakalarında ve eğimli alanlarda fosfor mineral yatakları mevcuttur. Bu bölgelerdeki fosfor yatakları biyoteknik ve mikrobik açıdan zayıf karakterlidir ve aşırı anoksik ya da sülfat şartlarının nadir toleransından dolayı genetik bir rezerv kaynağı olarak değerlidirler. Bu yüzden bazı türlerin hayatta kalması, beslenmesi ve yeniden doğması açısından denizaltı madenciliği kalıcı değişikliklere sebep olabilmektedir (Leduc vd., 2015).

Uzmanlar istikrarlı bir şekilde artan talebe rağmen karadaki rezervlerin, metallere karşı artmakta olan iştahımızı tatmin etmeye devam edeceğini düşünmektedir. Bunun yanında gelecekte çeşitli kaynakların yetersiz kalacağını da tahmin etmektedirler. 2012 yılında dünya çapında 20 milyon ton rafine bakır üretilmiştir fakat sadece 128 ton germanyum üretilmiştir. Germanyum akıllı telefonlarda yarı iletken teknolojide ve ince film güneş pillerinde kullanılmaktadır. Başta sanayileşmiş ülkeler arasında özellikle sanayi kaynaklarının arzının önümüzdeki on yıllarda daha tehlikeli hale gelebileceği endişeleri vardır (Scheid, 2014).

2.1. Okyanus, Denizaltı ve Göl Madenciliği

Denizaltı madenciliğinde maden arama faaliyetleri, özellikle ticari boyuttaki madencilik çalışmaları, son zamanlarda büyük bir ivme kazanmıştır. Birleşmiş milletler tarafından kurulan ISA (International Seabed Authority)'nın uluslararası sular için oluşturduğu bazı yasal düzenlemeler vardır. Bu düzenlemelere uygun olarak ekosistemi bozmadan ve denizaltı canlılarına zarar vermeden maden arama faaliyetlerinin yürütülmesi gerekmektedir (Le, vd., 2016). Denizaltı madenciliğinde ekosistem servislerinin çok yaygın kullanılmadığı bilinmektedir. Buna paralel olarak Boschen ve arkadaşları (Boschen vd., 2013) yapmış oldukları çalışmada ve yine Collins ve arkadaşları da (Collins vd., 2013) bu çalışmayı teyit ederek denizaltında hidrotermal deliklerde polimetallik sülfat madenciliği konusunda çevresel yönetimin önemini vurgulamışlardır. Buna ek olarak Van Dover ve arkadaşlarının denizaltı madenciliğinin çevreye minimum zarar vermesi için ekosistem servislerinin zararını tolere etmek adına çalışmaları mevcuttur (Dover vd., 2014). Denizaltı madencilik faaliyetleri, açık

deniz balıkçılığı, deniz taşımacılığı, atık sorunu, kirlilik ve büyük iklim değişikliği gibi konularla ekolojik olarak yakından ilişkilidir (Mengerink vd., 2014; Levin ve Le Bris, 2015).

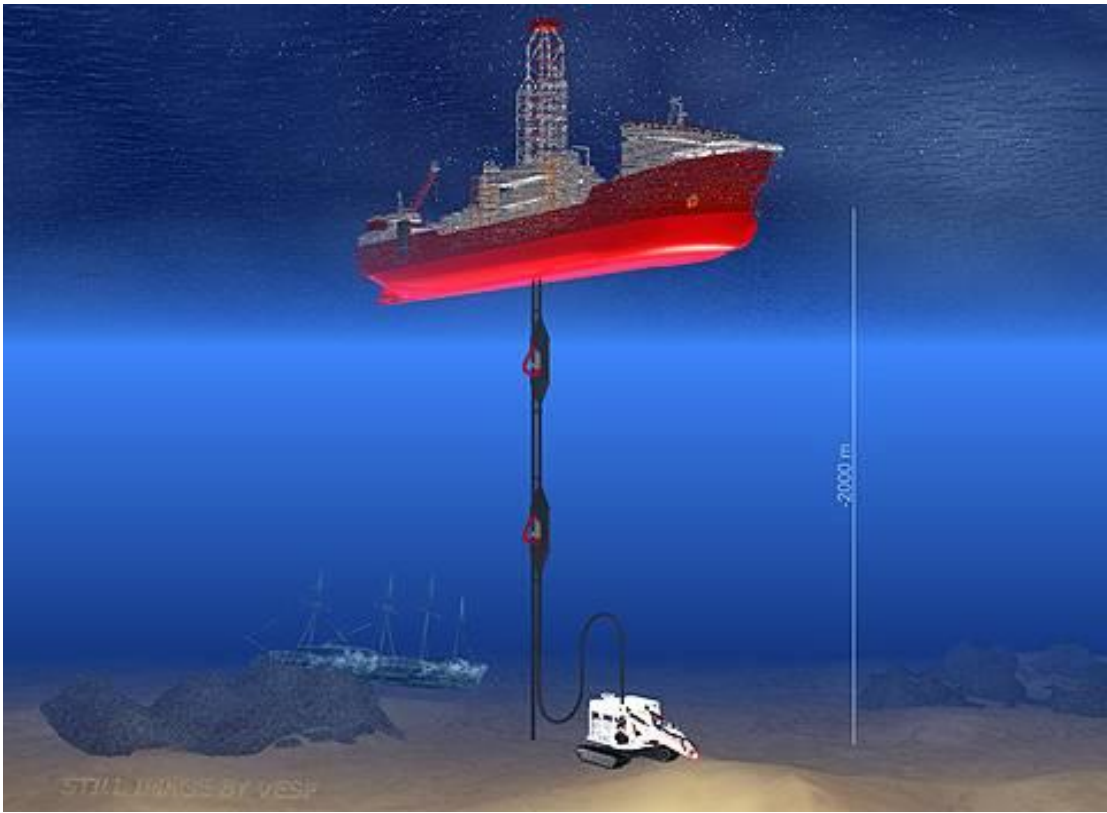


Şekil 2.1. Deniz altı maden makinaları (Yardımcı kesici, toplu kesici, toplama makinesi).

Yardımcı kesici deniz veya okyanus tabanında çalışacak makineler için bir ön hazırlık işlemlerini yürütme görevi üstlenmektedir. Su tabanındaki arazinin engebeli olması diğer makinelerin çalışmasını olanaksız kılmaktadır. Yardımcı kesici ile bu engebeli arazi düzeltilerek uygun çalışma ortamı hazırlanmaktadır.

İkinci makine toplu kesme makinesidir ve yüksek kesme kabiliyetine sahiptir. Bu makine sadece yardımcı kesici makinenin düzelttiği alanlarda ve düzgün zeminlerde çalışabilmektedir. Herk iki makinede arkasında parça malzeme bırakmaktadır. Üçüncü makine olan toplama makinesi önceki makinelerin arkalarında bıraktığı parça malzemeleri toplayarak deniz yüzeyine göndermektedir.

Denizaltı madenciliğinde ağır metallerin ve metalik madenlerin çevre kirliliği açısından önemli olduğu bilinmektedir. Çevre kirliliğine yol açan maddeler sedimanter yapılar ile birleştiğinde dibe çökelen atıklar zaman içerisinde suda yaşayan canlı ve bitki hayatını olumsuz etkilemektedir (Getaneh ve Alemayehu, 2006; Maher ve Butler, 1988; Olsen vd., 1982). Ağır metallerin kaynağı denizaltı ve göl kıyılarında endüstri, kömür enerjisi üretimi ve madencilik açısından doğal veya antropojenik yapıda bulunabilmektedir (El-Taher ve Madkour, 2011; Florou ve Kritidis, 1991; Florou vd., 2007).



Şekil 2.2. Denizaltı madenciliği örnek gösterimi.

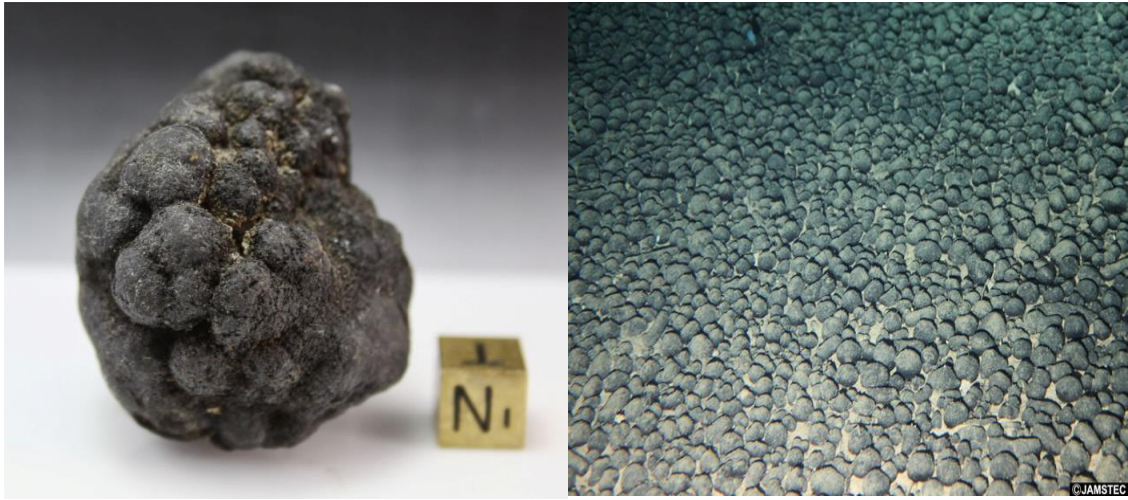
Derin denizlerde bulunan mineral yataklarından polimetalik nodüller, zengin kobalt tortulları ve polimetalik sülfatlar, nikel, bakır, demir ve mangan gibi metalik cevherlere alternatif olabilmektedir. Gelecekte uygun teknolojilerin geliştirilmesiyle bu yatakların arama yöntemleri, metalik madenlerin aranması yöntemlerine eşdeğer olması öngörülmektedir. Genellikle büyük maden yatakları uluslararası denizlerde bulunduğu ve belli başlı yasalar çerçevesinde üretilebilmesi gerektiğinden bu konuların çok iyi araştırılması gerekmektedir. Gerekli önlemler alındığı takdirde denizaltı madenciliği arama faaliyetleri, ekosisteme ve deniz ortamına en az zararı verecektir (Sharma, 2015).

Deniz tabanında madencilik yapılabilir mi sorusuna bir cevap bulmak gerekirse, gelecekteki kaynak teminini daha güvenli hale getirmek için deniz tabanında madencilik birçok devlete ve şirkete hem ekonomik hem de jeopolitik nedenlerle potansiyel bir alternatif sunabilir. Karasal yapıda hammadde bulamayan ülkelerin diğer ülkelere bağımlılığını azaltmada yardımcı olabilecektir (Scheid, 2014). Bir ulusun kara sularındaki madenciliği ve deniz altı madenciliği ortak bir mirastır ve bütün uluslar arasında paylaşılacak bir kaynak sayılır. Ulus devletler kendi bölgelerinde maden faaliyetleri düzenlemekten sorumludur.

Deniz tabanı madenciliği değerli metalleri içeren 4 temel kaynak dolgusu üzerine odaklanmıştır.

2.1.1. Manganez nodülleri

Bir yatağın değerlendirilmesi, öncelikle yatağın büyüklüğü ve derecesi ile ilgili kestirimlerin sağlamlılığına bağlıdır. Manganez nodüllerinin yayılımı iki boyutlu olduğundan birim alana düşen nodül ağırlığı ve nodüllerin yayıldığı alan, ortalama metal içerikli dereceleri kaynak kestirimlerinin başlıca ölçüleridir (Özpeker, 1979). Manganez nodülleri bir patates büyüklüğünde, minerallerin toplandığı yapılardır. Manganez nodülleri Pasifik ve Hint okyanusunun tabanını kapsar. Bunlar çoğunlukla demir, bakır, nikel, kobalt, çinko gibi minerallerden oluşup çoğunlukla 3500 metrelik derinliklerde bulunmaktadır (Scheid, 2014).



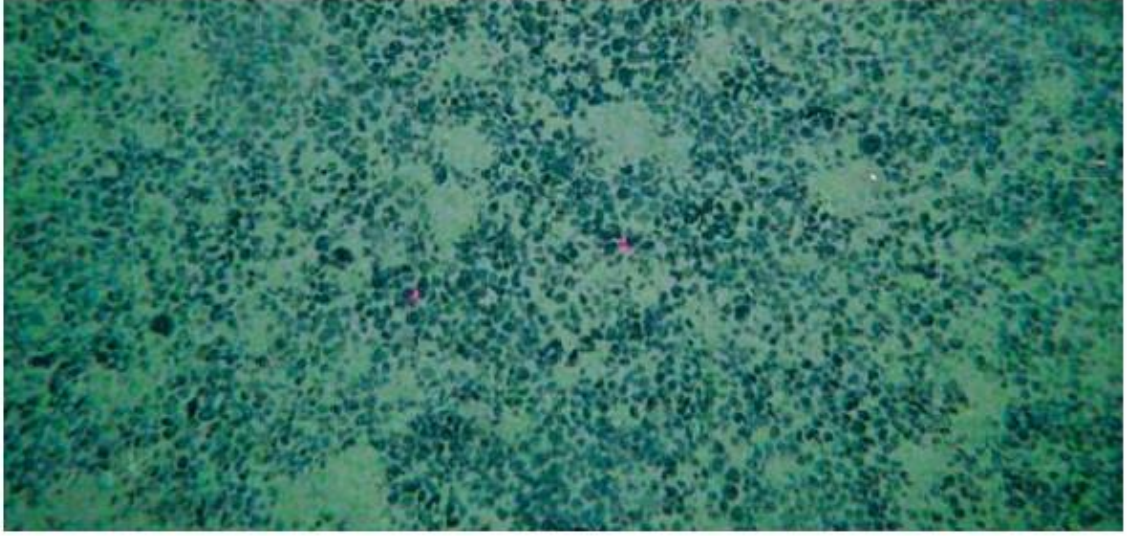
Şekil 2.3. Denizaltı manganez nodülleri.

Çizelge 2.5. Manganez yumrularının kimyasal yapılarının su derinliğine bağlı olarak değişimi (Demirsoy, 1972).

Mineraller	0-1000 m	1000-2000 m	2000-3000 m	3000-4000 m	4000-5000 m
Mn (%)	18,06	14,84	14,47	15,30	16,90
Fe(%)	11,76	12,41	16,48	15,16	11,66
Ni(%)	0,318	0,413	0,323	0,63	0,651
Co(%)	1,823	0,805	0,641	0,306	0,220
Cu(%)	0,096	0,058	0,053	0,199	0,361
Pb(%)	0,382	0,122	0,101	0,033	0,035
Ba(%)	0,733	0,303	0,241	0,140	0,193
Mo(%)	0,056	0,040	0,042	0,026	0,032
V(%)	0,067	0,059	0,067	0,039	0,040
Cr(%)	0,0004	0,00017	0,0011	0,0005	0,0011
Ti(%)	1,078	0,612	0,919	0,624	0,644

Manganez nodüllerinin oluşumu için önemli rol oynayan faktörler;

- Asılı malzemelerin tortullaşma oranlarının düşük olması: Tortullaşma hızları yüksek olsaydı manganez nodüllerinin üzeri çok hızlı bir şekilde örtülürdü ve nodüllerin gelişimi tamamlanamazdı.
- Antartika dip suyunun akışının sabit hızda olması: Su akış hızının değişmemesi nodülleri gömecek olan ince tortul parçacıklarının temizlenmesini sağlamaktadır.
- İyi oksijen kaynağı: Antartika dip suyu oksijen bakımından zengin olduğu için deniz tabanında manganez oksit bileşikleri oluşabilmektedir.
- Sulu tortu: Tortular büyük miktarlarda su tutabilirler. Diajenetik nodüllerin büyümesi çok sulu tortul ortamlarında gerçekleşebilmektedir (Scheid, 2014).



Şekil 2.4. Pasifik okyanusundaki manganez nodüllerinin kuş bakışı görüntüsü (Bollmann vd., 2010).

Manganez yumruları, okyanusun her yerinde büyük miktarlarda bulunur.

Clarion-Clipperton bölgesi

Yaklaşık 9 milyon km²'lik bir alan olup dünyanın en büyük manganez nodülü bölgesidir. Pasifik okyanusunda yer alan bu bölge, Meksika'nın batı sahillerinden Hawaii'ye kadar uzanmaktadır. Bölge içerisinde yer yer değişmekle birlikte ortalama yoğunluk 15 kg yumru/m²'dir. En zengin bölgesinde manganez nodüllerinin yoğunluğu 75 kg/m² ye kadar ulaşmaktadır (Karapınar, 2015).

Peru baseni

Peru Baseni, Peru kıyı bölgesinden 3000 km uzaklıktadır. Alan olarak Clarion-Clipperton Bölgesinin yarısı kadardır. Bölgede ortalama 1 m²'de 10 manganez nodülü bulunmaktadır (Karapınar, 2015).

Penrhyn baseni

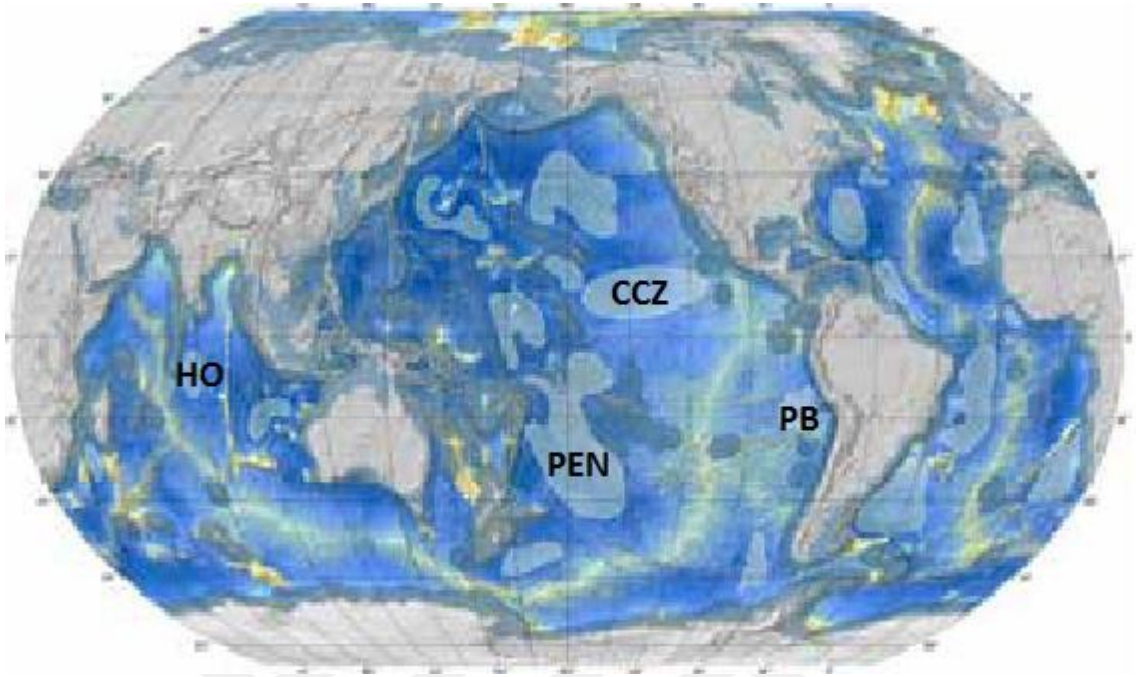
Pasifikte yer alan üçüncü önemli manganez nodülü bölgesi olup Cook adaları yakınında ve Avustralya'nın birkaç bin kilometre doğusunda yer almaktadır. Bölge yaklaşık 750 000 km² alana sahiptir. Cook adaları kıyı sularının büyük bir bölümünde deniz tabanında manganez nodülü yoğunluğu 25 kg/m²'dir (Karapınar, 2015).

Hint Okyanusu

Manganez nodülü bölgesi merkezi Hint okyanusunda yer alır ve 1 m² de yaklaşık 5 kg nodül içerir. Manganez nodüllerinin oluşum şartları aynı olmasına rağmen metal içerikleri bölgelere göre değişmektedir (Çizelge 2.1.1). En yüksek mangan içeriği %34 ile Peru Basenindeki nodüllerdir. En yüksek kobalt derişimi de bu bölgede yer almaktadır (%0,4) (Karapınar, 2015).

Çizelge 2.6. Manganez yumruları kimyasal bileşimi (MARIBUS, 2014; Karapınar, 2015).

ELEMENT	CCZ BÖLGESİ manganez yumruları	PERU BASENİ manganez yumruları	HİNT OKYANUSU manganez yumruları	COOK ADALARI BÖLGESİ manganez yumruları
Manganez, Mn(%)	28,4	34,2	24,4	16,1
Demir, Fe (%)	6,16	6,12	7,14	16,1
Bakır, Cu (gr/ton)	10 714	5 988	10 406	2 268
Nikel, Ni (gr/ton)	13 002	13 008	11 010	3 827
Kobalt, Co(gr/ton)	2 098	475	1 111	4 124
Titan, Ti(gr/ton)	0,32	0,16	0,42	1,15
Tellür, Te(gr/ton)	3,6	1,7	40	23
Talyum, Tl(gr/ton)	199	129	347	138
Nadir toprak elementleri ve itriyum (gr/ton)	813	403	1 039	1 707
Zirkonyum, Zr (gr/ton)	307	325	752	588



Şekil 2.5. Morfoloji, kabuk yaşı ve metal içeriğine göre manganez yumruları olma potansiyeli yüksek alanlar (ECORYS, 2014; Karapınar, 2015).

2.1.2. Kobalt kabukları (Polimetallik kabuklar)

Kobalt kabukları, deniz altı dağları olarak adlandırılan denizaltı volkanları, sırtları ve platolar yamaçlarında 6 000 - 7 000 m su derinliklerinde oluşan sert metalik tabakalardır. Suda çözülmüş haldeki minerallerin çökerek birikmesi sonucu oluşurlar ve temelde demir, kobalt, nikel, platin ve nadir toprak elementleri içerirler.



Şekil 2.6. Denizaltı kobalt kabuğu.

Manganez nodüllerinde olduğu gibi çökelimler oldukça yavaş gelişmektedir. (1-5mm/milyon yıl). Deniz suyundaki metal derişimine bağı olarak farklı okyanus bölgelerinde farklı kalınlıklar oluşur. Bazı deniz altı dağlarında 2 cm kalınlığında iken en zengin alanlarda kalınlıklar 26 cm'ye kadar ulaşmaktadır. Dünya genelinde 33 000 deniz dağı bulunduğu tahmin edilmektedir. Bunların %57'si kobalt kabukları bakımından en zengin bölge olan Pasifik'te yer almaktadır. Pasifik bu nedenle dünyanın en önemli kobalt kabul bölgesidir. En eski deniz altı dağlarını barındıran Batı Pasifikte bu anlamda ilgi odağı olmuştur. Bu bölgedeki deniz altı dağlarının Jura döneminde oluştuğı ve dolayısıyla nispeten daha kalın bir kabuk olduğu belirtilmektedir. Bu alanda Japonya'nın 3 000 km güney batısında yer almakta olup “Birincil Kabuk Zonu” olarak adlandırılmaktadır. Buradaki kobalt kabuğı rezervinin 7,5 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir (Karapınar, 2015).

İsminden de anlaşılacağı üzere kobalt kabuklarının, kara bazlı yataklar ve manganez nodülleri ile karşılaştırıldığında kobalt içeriğı yüksektir. Fazla miktarda içerdiği diğer elementler ise mangan ve demirdir. Bu sebeple bu kabuklar kobalt zengin ferro manganez kabuk olarak da adlandırılmaktadır. Kobalt kabukta tellür de nispeten önemli oranlarda bulunabilmektedir. Çizelge 2.7’de farklı bölgelerde bulunan polimetallik kabuklarının içerdiği bazı metal içerik değerleri verilmiştir (Karapınar, 2015).

Çizelge 2.7. Farklı bölgelerdeki polimetallik kabukları bazı metal ortalama içerikleri (ECORYS, 2014; Karapınar, 2015).

ELEMENT	KUZEYBATI PASİFİK	GÜNEY PASİFİK	ATLANTİK	HİNT
Fe (%)	16,8	18,1	20,9	22,3
Mn(%)	22,8	21,7	14,5	17
Ni(%)	0,42	0,46	0,26	0,26
Cu(%)	0,1	0,11	0,09	0,11
Co(%)	0,67	0,62	0,36	0,33
Bi (ppm)	42	22	19	30
Nb (ppm)	54	59	51	61
Pt (ppm)	0,5	0,5	0,6	0,2
REE + Y (ppm)	2 454	1 634	2 402	2 541
T (ppm)	60	30	43	31
Y (ppm)	222	177	181	178
Zr (ppm)	559	754	362	535

Kobalt kabuklarının araştırılması da bazı teknik yönlerden manganez nodül durumundan temel olarak farklıdır. Manganez nodülleri, bir kazıyıcıya benzer aletler ile hızlı ve kolay bir şekilde sualtından alınabilmektedir. Alınan manganez nodüllerinin metal içeriğinin ölçülmesi için örnekler ayrılır. Ayrıca manganez nodülleri deniz tabanına nispeten eşit şekilde dağılmışlardır. Bu özellikle birlikte nodüllerin büyüklüğüne göre fotoğraf ve video kayıtlarına bakılarak nodüllerin basit bir şekilde değerlendirilmesi sağlanır (Scheid, 2014).

Kobalt kabuklarından örnek almak ve kabuğun kalınlığını ölçmek zordur. Çünkü kaya örneklerinin koparılması ve delinmesi gerekmektedir. Lokal kalınlık farklılıkları yetersizdir ve spot örnekleme son derece zaman alıcı ve pahalıdır. Bilim adamları bu nedenle yüksek çözünürlüklü akustik ekipmanları daha kullanılabilir hale getirmek için çalışmaktadırlar. Cihazlar ses dalgalarını su altına gönderir ve geri yansıyan sinyalleri kaydederler. Daha sonra alt tabakanın katmanlı tabakasını hesaplarlar. Bu tür cihazlar deniz tabanındaki diğer kaynaklar için keşif yapmada standart bir teknolojidir. Cihazlar kobalt kabuklarının kalınlıklarını ölçebilirler fakat kobalt kabuklarını oldukları yerden ayıramazlar (Scheid, 2014).

Bütün çalışmalara rağmen kobalt kabuklarının gelecekte büyük miktarlarda nasıl çıkarılabileceği henüz net değildir. Şimdiye kadar sadece kavramsal planlar sunulmuş olup sadece laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Mühendisler tarafından üzerinde çalışılan kavramlar arasında, kabukları bir parça keski ile ana kayadan ayıran ve özel hortumlar aracılığıyla yüzeydeki gemiye pompalayan bir dizi ekipman düzeneği mevcuttur. Uzmanlar bu şekilde ki üretimin ekonomik olabilmesi için 1 milyon tondan fazla kobalt kabuk malzemesinin çıkarılması gerektiğini savunmaktadırlar. Muhtemelen bu durum sadece kabukların en az 4 cm kalınlığının da olması durumunda elde edilebilmektedir. Bir diğer durumda deniz tabanından kazılan kobalt kabuklarının ve manganez nodüllerinin gemiye taşınması da ayrı bir problem oluşturmaktadır. Ekipmanların üzerindeki pompa ve valfler aşınmaya karşı son derece dayanıklı olmalıdır (Scheid, 2014).

2.1.3. Polimetalik sülfidler (Deniz tabanı masif sülfidler, SMS)

Deniz tabanı masif sülfidlerleri genelde okyanus tabanında sıcak su çıkışlarının olduğu hidrotermal baca alanlarında, volkanik aktivite ve deniz suyu arasındaki etkileşimle kabuksal kayaç ve okyanus arasında gelişen ısı ve element değişimi sonucu oluşur. Bu bölgelerde soğuk deniz suyu, çatlaklardan deniz tabanından birkaç kilometre derinlere kadar nüfuz eder ve magma odası yakınlarına kadar ilerleyen su 400°C'yi aşan sıcaklıklara ısınır. Isınan su kayalarındaki sülfür ve metalleri çözer. Deniz suyundan daha az yoğun olan sıcak su hızla yukarı çıkar ve denize boşalır. Bu karışım soğuk deniz suyu ile karşılaşınca çözünmüş haldeki

mineraller çökelir ve hidrotermal bacalar etrafında masif sülfid cevher yatakları şeklinde birikir. Bu tür yataklar günümüzde karada bulunan ancak 2700 milyon yıl önce geçmiş okyanuslarda oluşan volkanojen masif sülfid yatakları ile benzerlik gösterir (Karapınar, 2015).

Magmatik olarak aktif okyanus bölgelerinde yapılan keşifler sırasında birçok hidrotermal delik tesadüfen bulunmuştur. Yeni hidrotermal deliklerin bulunması işi oldukça zordur. Çünkü geniş okyanus içerisinde sadece birkaç yüz metreye kadar olan alanlar taranabilmektedir. Bu aramalar için deniz bilimcisi genellikle gemiden indirilen sensörlerden yardım almaktadır. Sensörler suyun sıcaklığını veya kimyasal sinyallerin türbiditesini ölçerek sıcak su eriyiklerini tanıyabilir. Ölçümler yalnızca belirli bir alanda seçilmiş noktalarda yapılabilir. Son yıllarda otonom su altı araçları kullanımı giderek artmaktadır. Torpido şekilli otonom su altı araçları da bu sensörler ile donatılmıştır. Su içinde serbestçe hareket edip deniz tabanına kadar dalış yapabilirler. Yaklaşık 20 saat süren bir çalışmadan sonra gemiye dönerler. Otonom su altı araçları yardımıyla tek seferde 10 yeni sıcak su akışı keşfedilmiştir. Ancak havalandırma deliğinin kesin konumunu belirleyemezler.

Su altı resimlerine dayanan tahminlerin çoğu zaman çok yüksek ihtimalle doğru tahminler olduğu bilinmektedir. Sondaj yapmak çok pahalı olduğu için ilk tahminlerin ötesinde işlem henüz yapılmamaktadır. Bazı bölgelerde metallerin esas olarak tortu bölgesinde yoğunlaştığı iç kısımda ise yoğunlaşmanın azaldığı doğrulanmıştır. Hem tonaj hem de istenen metalin içeriği yeterince büyük olduğunda tortular karlı bir duruma gelmektedir. Günümüzde bilinen olayların tümü bu şartları sağlamamaktadır.

Yüksek sıcaklık bacaları ile ilişkili hidrotermal sirkülasyona bağlı değişik tip SMS yatak oluşumu söz konusudur. Birincil hidrotermal sıvılar ve deniz suyu karışımının deniz tabanı altında gelişmesi durumunda (sızma sistemi) masif sülfid yatağı okyanussal kabuk içinde oluşur. Hidrotermal sıvıların bacadan çıkarak deniz suyuna karıştığı durumda ise (gergin sistem) masif sülfid yatakları deniz tabanında oluşur. Gergin sistemlerde birincil hidrotermal sıvıdaki metal sülfidlerin çökmesi baca oluşumuna yol açar, baca çökmesi ve bir araya gelmesi ile sülfid dağları oluşur. Genellikle masif sülfid olarak adlandırılmalarına rağmen, hidrotermal bacalardaki yataklar 3 farklı sülfür bileşiği ile karakterize edilir; sülfid, sülfat ve doğal sülfür. Hangi türün baskın olduğunu hidrotermal sıvının bileşimi ve sıcaklığı belirler. Masif sülfid yataklarının hangi metalleri ne derişimde içereceği, hidrotermal bacanın üzerinde bulunduğu kayaç bileşimine ve çıkan suyun sıcaklığına bağlıdır. Bölgeye bağlı olarak bakır, çinko, kurşun, altın ve gümüş gibi elementleri değişik oranlarda içerir. Ayrıca manganez, bizmut, kadmiyum, galyum germanyum, antimuan, tellür, talyum ve indiyum gibi birçok önemli elementi eser miktarda içerir. Bazı

yataklarda özellikle ada yay volkanlarında bu elementler daha yüksek derişimlerde zenginleşebilmektedir. Tektonik ortamına göre deniz tabanı masif sülfitleerin ortalama metal içerikleri Çizelge 2.8’de verilmiştir. Toplamda birkaç yüz milyon ton olan masif sülfitleer, manganez yumruları ve kobalt kabuk ile karşılaştırıldığında miktarca daha küçüktür (Karapınar, 2015).

Çizelge 2.8. Tektonik ortama göre deniz tabanı masif sülfitleerin ortalama metal içeriği (ECOROYS, 2014) MOR: okyanus ortası sırtı; N: örnek sayısı (GEOMAR, Karapınar, 2015).

Tektonik ortam	N	Cu (%)	Zn (%)	Pb (%)	Fe (%)	Au ppm	Ag ppm	As ppm
MOR-sediman bulunmayan	2 302	4,9	8,0	0,2	26,9	1,2	93	365
MOR-ultramafik kayaç barındıran	556	13,6	9,8	0,1	27,0	8,5	84	121
MOR-sediman barındıran	173	1,1	3,6	0,5	24,7	0,5	84	1 692
Okyanussal kabuk içinde gelişen yay ardı	898	3,5	15,7	0,7	13,5	6,1	226	885
Geçişli yay ardı (gerisi)	789	5,6	18,4	1,5	7,1	12,0	312	10 573
Kıta içi riftleşmiş yay	136	3,3	19,0	8,7	7,1	5,3	916	495
Volkanik yaylar	178	3,8	12,7	2,0	9,8	12,6	328	2 010

Günümüze kadar masif sülfitleeeren 187 aktif hidrotermal baca keşfedilmiştir. Ayrıca günümüzde aktif olmayan ancak geçmişte oluşmuş masif sülfitlee yatağı içeren 80 hidrotermal baca vardır. Bunlardan başka, masif sülfitleerin oluşmadığı ancak deniz tabanından yüksek sıcaklıkta hidrotermal solüsyonların çıktığı 30 alan bilinmektedir. Buralarda da yüzeyin altında sülfitlee yatakları olabileceğı tahmin edilmektedir. Halen hazırda bilinen hidrotermal baca ya da masif sülfitlee yataklarının %58’i okyanus ortası sırtlarında, %26’sı yay ardı yayılma zonunda, %16’sı ada yay volkanlarında ve %1’i de levha içi volkanlarında yer almaktadır (Karapınar, 2015).

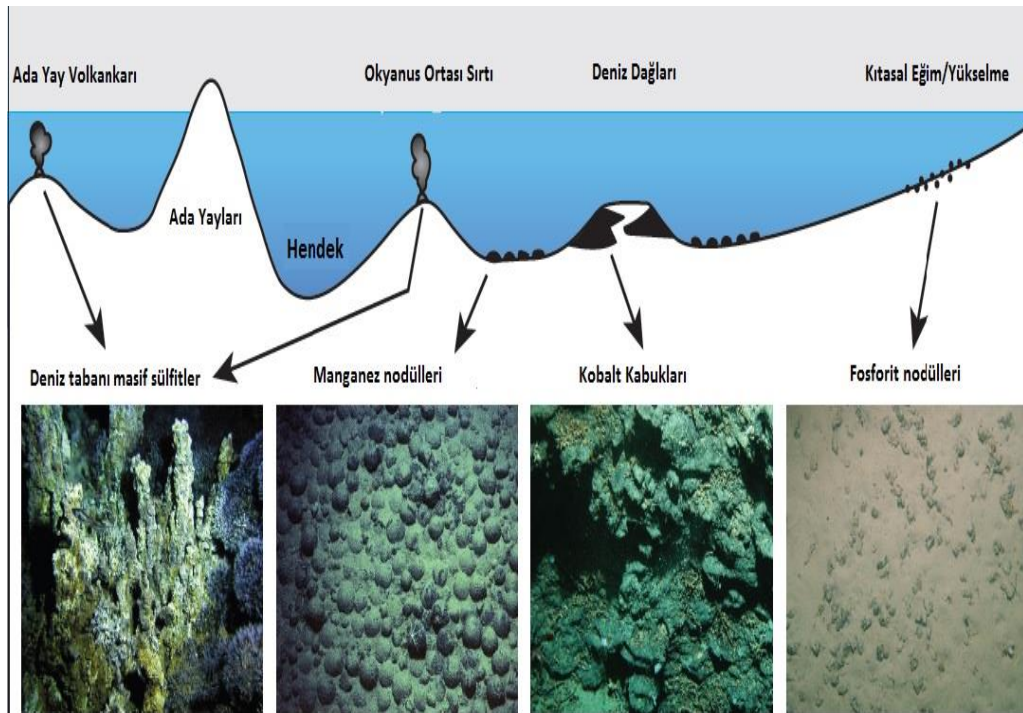
Araştırmacılar, Dünya’nın hidrotermal ısı akısı tahminine dayalı olarak dünya genelinde hidrotermal bacaların ve dolayısıyla masif sülfitleerin sayısının daha fazla olduğunu düşünmektedir. Ancak son birkaç on yılda yapılan çalışmalarda alınan örneklerin analiz sonuçlarında, ekonomik madenciliğin söz konusu olabileceğı yeterlilikte bakır ve altın içeren masif sülfitlee yatakları barındıran hidrotermal vent sayısının nispeten az olduğu belirtilmektedir. Hatta bazı yataklar değerli metal içermeyebilmektedir. (Doğu Pasifik yükselimi ve Atlantik ortası sırtı bölgesi genelde ekonomik değeri olmayan demir sülfür içerir). Ayrıca birçok bölge

madencilik ekipmanlarının kullanımına izin vermeyecek şekilde engebeli araziden oluşmaktadır (Karapınar, 2015).

Papua Yeni Gine'nin Bismark denizi doğusundaki yataklar ekonomik masif sülfür yataklarına bir örnektir. Bu yatakların bakır ve çinko içeriği yüksek olup, ayrıca önemli sayılabilecek miktarda gümüş ve altın içermektedir. Bazı yataklarda altın derişimi tonda 15 grama ulaşmaktadır. (Kara bazlı kaynaklardan yaklaşık 3 katı daha zengin). Gümüş miktarı ise tonda 100-300 gram arasında değişmektedir. Bismark denizi batısındaki Solware bölgesinde en yüksek değere (642 gram/ton) ulaşmaktadır. Manganez yumruları ve kobalt kabukları ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek derişimlerdir (Karapınar, 2015).

2.1.4. Fosforit nodülleri

Bu nodüller manganez nodüllerinden daha sığ derinliklerde bulunmaktadır. Son zamanlarda fosforit nodülleri arama çalışmaları sonuç vermiş Yeni Zellanda ve Namibya'da 200-400 metre derinliklerde görülmüştür. Nodüller 1-4 cm büyüklüğe sahip olabilmektedir. Yüzeye çok yakın yerlerden başlayarak daha derinlere doğru fosforit nodülleri bulunabilmektedir. Fosforit nodülleri gübre yapımı için kullanılan elementleri içermektedir (Clark ve Passfield, 2015).



Şekil 2.7. Nodüllerin oluşum ve bulunma ortamları (Clark ve Passfield, 2015).

Çizelge 2.9. Bazı derin deniz mineral kaynakları altın ve gümüş içeriği (Maribus, 2014; Karapınar, 2015)

Bölge	Altın (gr/ton)	Gümüş (gr/ton)
Manganez yumruları (Clarion-Clipperton Zonu-CCZ)	0,0045	0,17
Kobalt Kabukları (Birincik Kabuk Zonu)	0,013	4
Solwara 03 masif sülfür yatağı (Merkez Manus Baseni)	15,2	642
Solwara 09 masif sülfür yatağı (Doğu Manus Baseni)	19,9	296
Solwara 18 masif sülfür yatağı (Batı Manus Baseni)	0,2	110

Son yıllarda derin deniz madenciliğine olan ilgi tekrar artmıştır. Bunun iki nedeni vardır;

1. Derin denizlerdeki mineral ham madde kaynaklarına 1970'li yıllardan günümüze kadar devam eden ilgi ve buna bağlı yapılan araştırma ve teknolojik gelişmelerin, insanoğlunun bu yatakları kullanmasına izin verecek dereceye ulaşmış olması, (Karapınar, 2015).

2. 2000'li yılların başından itibaren Çin, Hindistan, Brezilya gibi ülkelerde yaşanan hızlı endüstrileşme ve kentleşme ile birlikte uluslararası mineral ham madde fiyatlarının yükselmesi, ham madde kıtlığı ve bazı ülkeler için özellikle kritik ve stratejik ham madde kaynaklarına erişim riskinin artmış olmasıdır (Karapınar, 2015).

Dünya mineral ham madde pazarındaki gelişmelerin etkisi altında, Kızıldeniz Atlantis II Basenindeki metalik çamura olan ilgi de tekrar artmıştır. 2010 yılında Suudi Arabistan-Kanada konsorsiyumu 30 yıllık üretim lisansı almış ve Alman araştırmacılarla birlikte işbirliği yapılarak tekrar arama çalışmaları başlatılmıştır. 1990'lı yıllarda Japonya 1990'lı yılların sonlarından itibaren deniz tabanı polimetallik yatakların bulunmasına yönelik özel sektör tarafından üretilen faaliyetlerde de dramatik bir artış olmuştur (Nautilus Corporation, Neptune Resources gibi). Nautilus Minerals Papua Yeni Gine hükümetinden 1997 yılında arama lisansı, 2011 yılında da madencilik izni almıştır (Karapınar, 2015).

Mayıs 2014 yılına kadar ISA (International Seabed Authority) tarafından verilen 19 arama lisansı vardır. Bunlardan; 13 tanesi polimetallik yumru arama lisansı, 4 tane polimetallik

sülfid yatağı arama lisansı, 2 tane kobalt zengin polimetallik kabuk arama lisansıdır (Karapınar, 2015). 2001-2011 döneminde yapılan başvuruların hemen hepsi manganez yumruları aramacılığına dairdir. Verilen 19 lisanstan 12 tanesi Pasifik okyanusunun uluslararası sularında (CCZ bölgesi), 3 tanesi Hint okyanusunda, 2 tanesi Atlantik okyanusunda ve 2 tanesi de Pasifik okyanusundadır. 19 lisansın kapladığı alan 1 milyon km² dir. Bu lisanslardan 6 tanesinin süresi 2016 yılında dolmuştur. 2013 yılında ulusal hükümetler ve özel teşebbüsler tarafından yapılan 7 adet lisans başvurusu olup 2014 yılı temmuzunda başvurular onaylanmış sözleşme aşamasına geçilmiştir. Onaylanan bu başvuruların 3 tanesi manganez yumruları, 2 tanesi polimetallik sülfidler ve 2 tanesi de kobalt kabukları arama lisansı başvurularıdır. 7 başvuru ile birlikte toplam alan 1,2 milyon km² ye çıkmıştır. Arama lisansı için başvuru yapan gelişmiş ülkeler arasında birçok gelişmekte olan ülke (Nauru, Kiribat ve Tonga) gelişmiş ülke firmaları ile birlikte başvuruda bulunmuştur. Bu başvurular, orijinal yatırımcı tarafından keşfedilmiş ve gelişmekte olan ülkelere rezerve edilen alanlar olup şimdi bu ülkelere ayrılacak sahalardır. Bu alanlarda devam edecek arama faaliyetleri ve nihayetinde bu alanların geliştirilmesi bu 3 ada ülkesi tarafından değil de endüstri ortakları tarafından sağlanacaktır (Karapınar, 2015).

Çizelge 2.10. ISA tarafından verilen lisanslar ve onaylanan lisans başvuruları (ACRYS, 2014).

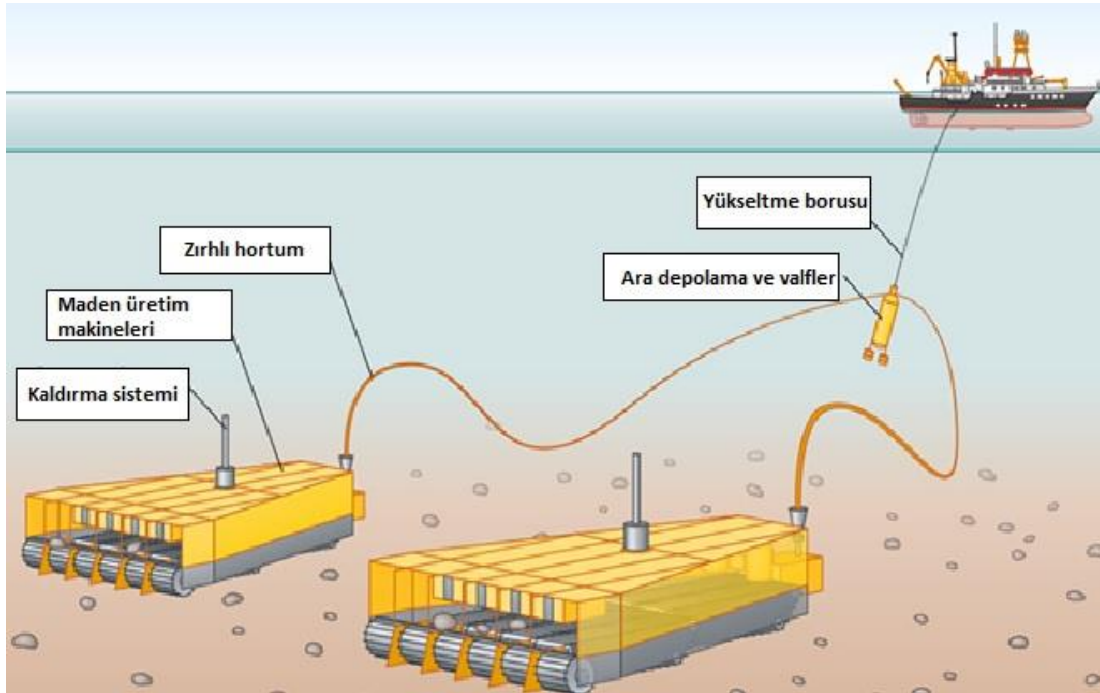
Ülke	Yumru	Kobalt Kabuk	Sms
Interoceanmetal*	2001		
Rusya	2001	2014	2012
Kore	2001		2014
Çin	2001	2014	2014
Japonya	2001		
Fransa	2001		2014
Hindistan	2002		2014
Almanya	2006		2014
Nauru	2011		
Tonga	2012		
Belçika	2013		
İngiltere	2013+2014		
Kiribati	2014		
Singapur	2014		
Brezilya		2014	
Cook Adaları	2014		

*Bulgaristan, Küba, Çek Cumhuriyeti Polonya, Rusya ve Slovakya (Karapınar, 2015).

Uluslararası deniz yatağı kurumu tarafından verilen maden işletme lisansı henüz bulunmamaktadır. Ulusal hükümetler tarafından verilen ise 2 tane maden işletme lisansı bulunmaktadır. Bunlardan biri Papua Yeni Gine hükümeti tarafından verilen Bismark Denizindeki Solwara 1 projesi diğeri ise hem Sudan hem de Suudi Arabistan tarafından verilen Kızıldeniz'deki Atlantis II projesidir (Karapınar, 2015).

Her iki alanda da madencilik faaliyeti henüz başlamamıştır. Ulusal hükümetler tarafından verilen diğer lisanlar ise maden arama lisansıdır ve ülkelerin ulusal yetki sınırları içerisinde kalan alanlarda verilen maden arama lisansları hakkında bir veri bankası olmaması sebebiyle kesin sayı bilinmemektedir. Ulusların yetki alanı içerisinde kalan arama lisans başvurularının kapladığı alanın toplam 800 000-900 000 km² olduğu tahmin edilmektedir (Karapınar, 2015).

Kobalt kabuklarına dair madencilik girişimlerinin, birçok endüstri için önemli olan metalleri içeren oldukça büyük kaynaklar olmasına rağmen, daha az olduğunu görmekteyiz. Çünkü kobalt kabuk madenciliğini sınırlayan 2 temel konu vardır. Birincisi; kobalt kabuğun kayaç yüzeyinden parçalanması veya kesilmesi gerektiğinden madencilik teknolojisinin daha zor olmasıdır. İkincisi ise kobalt kabuk açısından zengin bölgelerin uluslararası sulardan daha çok ülkelerin ulusal yetki sınırları içinde yer almasından kaynaklı hukuki durumdur. Uluslararası deniz yatağı kurumu buralarda yapılacak madencilik faaliyetleri şartlarını belirlemekte yetkili değildir ve şimdiye kadar da herhangi bir ülkenin konu ile ilgili bir plan sunmadığı belirtilmektedir (Karapınar, 2015).



Şekil 2.8. Deniz tabanı maden üretim örnek projesi (Scheid, 2014).

Piyasada hali hazırda deniz ve okyanus altında üretim yapabilecek maden makineleri olmadığı için endüstriyel ölçekte manganez nodülü madenciliği için şu anda mümkün gözükmemektedir. Japonya ve Güney Kore son yıllarda prototip bir çalışma üzerinde denemeler yapmaktadırlar fakat hala iyileştirilmesi gerekmektedir (Scheid, 2014).

Alman Federal Jeoloji ve Doğal Kaynaklar Enstitüsü Almanya'nın Clarion Clipperton bölgesindeki lisans alanında konuşlandırmak istediği uygun derin deniz makineleri için bir tasarım çalışması ihalesi açmıştır. Katılan şirketler arasında Atlantik'teki Namibya'da elmas madenciliği için makineler yapan bir şirkette vardır. Elmas üretimi için kullanılan makineler kıyıya yakın yani kıyıdan sadece 150 metre ileride suyun içinde konuşlandırılmaktadırlar. Bu makinelerin Clarion Clipperton bölgesindeki su derinliklerine adapte edilme zorunluluğu vardır. Sonuç olarak manganez nodülü madenciliği makinaları 6000 metrelik su derinliklerinde yüksek basınçlara dayanmak zorundadır. Ayrıca uzun zaman periyotları boyunca güvenilir bir şekilde çalışabilmeleri gerekmektedir. Çünkü derin deniz ekipmanlarının onarımları deniz dibinde yapılamayacağı için deniz yüzeyine çıkarılması gerekmektedir. 250 ton kadar ağırlığı olabilen bu makinelerin yüzeye çıkarılması başlı başına bir maliyet gerektirecektir (Scheid, 2014).

Gelecekte manganez nodülleri deniz tabanından toplanarak sert borularla gemiye pompalanacaktır. Fakat böyle bir makine henüz yapılmamıştır. Kavramsal çalışmalar büyük

miktarlarda tortulları karıştırmayı önleyen özel bir gövde yapısı olan makine önermektedirler (Scheid, 2014).

Şu anda sadece Clarion-Clipperton Bölgesi'nin Alman lisans alanında, madenciliğin ekonomik olarak mümkün kılmak için yaklaşık 2,2 milyon ton manganez nodülünün çıkarılması gerektiği tahmin edilmektedir. Maliyetin düşürülmesi için sadece maden makinelerinin geliştirilmesi yeterli değildir. Deniz altından çıkartılan cevherin sonraki üretim aşamaları içinde teknolojik gelişmişlik gerekmektedir (Scheid, 2014).

Çalışma deniz tabanına 5 cm derinlikte sürülen ve nodülleri tortudan ayıran maden makineleriyle başlamaktadır. Sedimanların büyük bir kısmının deniz tabanında ayrılması ve ayrılan kısımların deniz tabanında bırakılması gerekmektedir. Nodül ve sediman karışımı deniz tabanından sert hortumlar yardımıyla su yüzeyindeki üretim gemilerine pompalanır (Scheid, 2014).

Gemilerde manganez nodülleri çökeltiden ayrılır ve temizlenir. Son olarak nodülleri karaya götürecek olan gemiler yüklenmektedir. Tüm bu süreç halkası halen daha geliştirilme aşamasındadır. Ayrıca manganez nodüllerinden çeşitli metalleri almak için gerekli olan metalürjik işlemler henüz tam olarak geliştirilememiştir (Scheid, 2014).

2.2. Kızıl Deniz Tabanındaki Mineral Yapısı

Kızıl denizin dibindeki sülfür açısından zengin çökeller özel bir sülfür yatağıdır. Sülfürler burada katı formda değil viskoz bir metalik çamur olarak bulunmaktadır. Kızıldeniz'deki sülfür oluşumunun sebebi de yüzeysel magma aktivitesidir. Afrika ve Arap plakalarının ayrılmasıyla Kızıldeniz oluşmuştur. Her yıl plakalar birbirinden 1 cm daha uzaklaşmaktadır. Böylece Kızıldeniz yavaş ama sürekli büyümektedir. Plakalar arasındaki kırılma çizgisi kuzeybatıdan güneydoğuya doğru tam olarak kızıl denizin ortası boyunca uzanmaktadır.

Bu havzalarda 200 m kalın bir tabakanın çok tuzlu olduğu bilinmektedir. 60°C'nin üzerinde bir sıcaklığa sahip olan su, kızıl deniz kenarlarındaki tuz zengini kaya katmanlarından gelir ve burada yoğunlaşır. Yaklaşık %26'lık kısım normal deniz suyundan 7 kat daha tuzludur. Bu nedenle çok yoğun ve derin havzalara akmaktadır. Sudan çıkan sülfürlerle zenginleştirilmiş hidrotermal çözeltiler ılık ve sakin bir suyla karışır ve suda çözünen metaller sülfür parçacıkları ile kimyasal olarak birleşir. Parçacıklar dibe batar ve metal bakımından zengin çamurları oluşturur. Bu bölge 1970 yıllarında yoğun bir şekilde araştırılmıştır. O zamanlar çinko, bakır, gümüş ve altın gibi çeşitli değerli metaller bulunmuştur. Bu durum bölgeyi en kapsamlı olarak incelenen sülfür oluşumlarından birisi yapmaktadır. 1979 yılında yaklaşık 1500 m³ çamur bir

prototip vakumlama sistemi kullanılarak yeryüzüne çıkarılmıştır. Ancak 1980'li yıllarda bu sistem terk edilmiştir. Çünkü karasal anlamda yeterli miktarda kaynağa kolay ulaşılabilir bir durum mevcuttur. Daha sonra dünya pazarındaki yüksek metal fiyatları nedeniyle buradaki çamurlara olan ilgi yenilenmiştir. 2010 yılında Suudi Arabistan ile Kanada konsorsiyumu 30 yıllık üretim lisansı almıştır. Bölge tekrar Alman araştırmacılar tarafından araştırılmıştır. Fakat metal fiyatlarının düşmesi ile somut bir çalışmaya başlanamamıştır (Scott, 2001).



Şekil 2.9. Kızıldeniz fiziki görünümü.

2.3. Deniz Altı Madenciliğinde Yasal Düzenleme

Derin deniz madencilik faaliyetleri, projenin yer aldığı alanın hukuki statüsüne bağlı olarak farklı yasal rejim ile yönetilmektedir. Maden projesi herhangi bir ülkenin kıta sahanlığı ya da münhasır ekonomik bölge (MEB) sınırları içerisinde yer alıyorsa ilgili yasal düzenleme o ülke yetkisinde olmaktadır. Bu alanlar dışında kalan deniz tabanı alanlarında yapılacak madencilik faaliyetleri ile ilgili yasal düzenleme ve faaliyetin yönetilmesi 1982 Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesine (BMDHS) dayalı olarak kurulan Uluslararası Deniz Yatağı Otoritesi (International Seabed Authority, ISA) yetkisindedir (Karapınar, 2015).

Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi'ne göre dünya denizlerinin ulusal yetki sınırları dışında kalan bölümleri tüm ülkelerin serbest kullanımına bırakılmıştır. Uluslararası

alan olarak tabir edilen bu bölgelerde deniz tabanındaki mineral kaynakları tüm insanların ortak mirası olarak kabul edilmiştir. Bu kaynakların yönetimi ise Uluslararası Deniz Yatağı Otoritesi'ne bırakılmıştır. Bu otoritenin amaçları arasında uluslararası sularda yapılacak madencilik faaliyetlerinden sağlanacak olan faydaların deniz ve okyanus çevresinin korunmasını da gözeterek, eşit olarak paylaşılmasını garanti altına almaktır (Karapınar, 2015).

Uluslararası alanın herhangi bir bölümü veya onun içerdiği kaynaklar için hiçbir ülke egemenlik hakkı talebinde bulunamaz. Ancak Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi'ne göre taraf herhangi bir ülke belirtilen kurumlara uymak şartı ile uluslararası alanlarda yapılacak olan madencilik faaliyetlerini üstlenebilmektedir. Bu durumdan çıkarılacak sonuç, uluslararası alanda mineral hammadde arama ve işletme faaliyetlerinin International Seabed Authority ile imzalanacak sözleşme altında yapabileceği anlamına gelmektedir (Karapınar, 2015).

Uluslararası arası deniz yatağı otoritesi uluslararası deniz alanlarında mineral hammadde kaynaklarının aranmasına yönelik şimdiye kadar 3 yasal düzenleme yapmıştır:

Bunlardan ilki polimetalik yumruların prospeksiyonu ve aranmasına dair düzenleme (13 Temmuz 2000'de kabul edilmiş, 25 Temmuz 2013'te revize edilmiştir. İkinci düzenleme kobalt zengin kabukların prospeksiyonu ve aranmasına dair düzenleme (27 Temmuz 2012'de kabul edilmiştir.) Üçüncü düzenleme ise tüm bu düzenlemeler onaylı bir plan için başvurunun nasıl yapılacağını yanı sıra arama lisans sözleşmesinin içeriği ve formunu da tanımlamaktadır. (Karapınar, 2015).

Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi uluslararası deniz alanlarında yapılacak madencilik faaliyetlerinin, taraf devletler tarafından veya devlet kuruluşu veya taraf devlet vatandaşlığına sahip gerçek ya da tüzel kişiler veya taraf devletler tarafından desteklenmesi durumunda onlarca veya onların vatandaşları tarafından etkin olarak kontrol edilen gerçek ve tüzel kişilerce yapılmasını şart koşturmaktadır. Prospeksiyon ve arama faaliyetleri, onaylanmış detaylı iş planlarında belirtilen alanlarda finansal ve teknik bakımdan yeterli olan nitelikli adaylarca Uluslararası Deniz Yatağı Otoritesi tarafından verilecek lisansa bağlı yapılır (maksimum arama lisansı alanı 150.000 km²'dir). Prospeksiyon lisansı herhangi bir kaynak hakkı sağlamayıp sadece test amaçlı makul bir miktarda hammaddenin çıkarılmasına izin vermektedir. Araştırmacı taraf, prospeksiyonun durumu ve elde edilen sonuçlar ile alakalı Uluslararası Deniz Yatağı Otoritesi'ne yıllık rapor vermek zorundadır. Arama lisansı ise alanın ekonomik olup olmadığını belirlemeye yönelik yapılacak analiz ve testler için numune toplanmasını içermektedir ve lisansın süresi 15 yıldır. İş alan taraf lisans ücretini ödemek zorundadır. Arama yapan lisans sahibi alanın sadece yarısını kullanabilmektedir. Arama

faaliyetlerinden sonra alanın kalan diğer yarısı gelişmekte olan ülkeler için rezerve edilmektedir. (Karapınar, 2015).

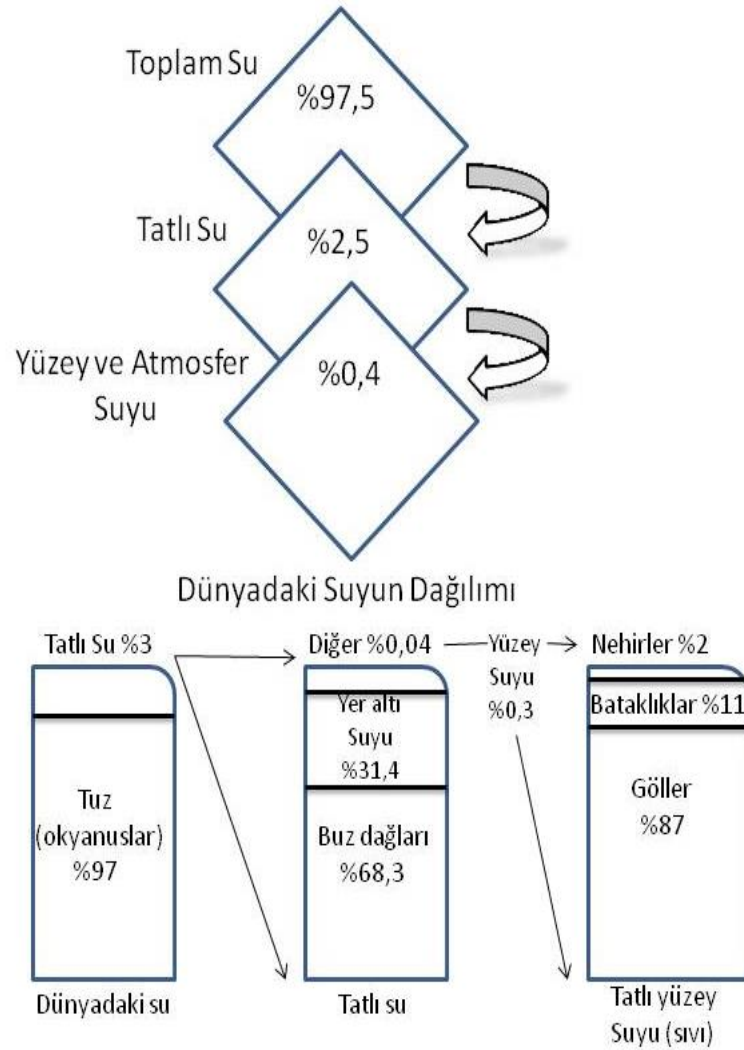
Çalışmayı yapan taraf, çalışma alanında mevcut çevresel durumu belirlemek, çevresel izleme programlarını yürütmek, kirlilik ve deniz çevresine olabilecek diğer zararları önleme, azaltma ve kontrol altında tutma gibi tedbirleri almakla yükümlüdür. Masif sülfidler için planlanan arama faaliyetlerinde yatırımcı hidrotermal baca ile ilişkili hassas deniz canlılarına olabilecek potansiyel zararları değerlendirerek önlem almak zorundadır. Bu değerlendirme sonucunda planlanan faaliyetin deniz çevresine ciddi bir zarar riski içermesine ile ilgili sağlam delillerin olması durumunda madencilik uygulaması iptal edilebilecektir. Uluslararası alanlarda yürütülen maden arama faaliyetleri de yıllık olarak raporlanmak zorundadır (Karapınar, 2015).

İşletme lisansı, lisans sahibine uluslararası alandaki mineral hammadde kaynaklarını işletme ve madencilik faaliyetleri sonucu kendisine fayda sağlama hakkını verir. Arama lisansı süresi bittiğinde maden işletmeye alınmalı aksi takdirde firma ya da ülke madencilik haklarını kaybedeceklerdir (Karapınar, 2015).

Devletler kendi yetki alanlarında kalan deniz altı madenciliği mevzuatı ise ülkeler tarafından belirlenmekte ve genellikle de spesifik deniz altı madenciliği mevzuatından daha çok kara bazlı madencilik faaliyetleri düzenleyen mevzuat ile yönetilmektedir. Ayrıca Stockholm Deklarasyonu, Rio Deklarasyonu, Biyo-çeşitlilik sözleşmesi gibi sözleşmeleri imzalamış ülkeler de derin deniz madencilik düzenlemelerini etkilemektedir. Yasal düzenlemelerin yanı sıra gönüllülük esasına dayanan bazı kodlar vardır. Bunlar, hidrotermal bacalardaki birlikteliklerin sürdürülebilirliğini etkileyecek ve uzun dönemde bozulmasına yol açacak faaliyetlerden (gereksiz numune alma, sahalar arasındaki malzemenin yer değiştirilmesi gibi) kaçınacağına dair InterRidge Beyanı ile çevresel en iyi uygulamanın yapılacağı ve şeffaf olacağına dair prensipleri beyanını içeren Uluslararası Deniz Mineral Birliği Kodu'dur (Karapınar, 2015).

2.4. Su Altı Biyolojisi

Limnoloji bilimi su içerisinde yaşayan canlıları inceleyen bir dal olarak ortaya çıkmıştır ve aynı zamanda hidrobiyolojinin alt dalıdır. Göl üzerinde araştırma yapmadan önce çevreye ve canlı hayatına zarar vermemek adına sualtı ekolojik sistemini çok iyi tanımak gerekir.



Şekil 2.10. Dünya'daki suyun dağılım yüzdeleri (Güner, 2013).

Şekil 2.10'te görüldüğü üzere yeryüzündeki suyun %97,5 ini okyanus ve deniz suyu oluşturmaktadır. Bu oranın %2,5'luk kısmını tatlı sular, %0,4'lük kısmını yüzey ve atmosfer suları oluşturmaktadır (Güner, 2013). Su, dipolar yapıda olduğu için çok iyi bir çözücü olmaktadır.

Deniz ve göl sularının yoğunluğunu etkileyen faktörler arasında basınç, çözünmüş madde miktarı, sıcaklık ve suyun ağırlığı bulunmaktadır. Suyun sıcaklığı arttıkça yoğunluğu azalır ve hafifler. Dolayısıyla basınç arttıkça yoğunluk da artmaktadır. Derin göllerde her 10 m'de bir basınç 1 atm artmaktadır. İç sularda basıncın etkisi çok büyük önem taşımamaktadır. Suyun yüzdürme özelliğine bağlı olarak her cisim, su içerisinde yerine aldığı suyun ağırlığı kadar bir kuvvetle yüzdürülebilmektedir (Güner, 2013).

Çizelge 2.11. Dünya su kaynakları miktarları (Gleick, 1996).

Su Kaynağı	Kilometreküp Olarak İfade Edilen Su Hacmi	Tatlı Su Yüzdesi	Toplam Su Yüzdesi
Okyanuslar, denizler ve körfezler	1,338,000,000	--	96,5
Buz tepeleri, buzullar ve kalıcı kar	24,064,000	68,7	1,74
Yer altı suyu	23,400,000	--	1,7
Yer altı Tatlı su	10,530,000	30,1	0,76
Yer altı Tuzlu	12,870,000	--	0,94
Toprak nemi	16,500	0,05	0,001
Zemin buzu ve sürekli don olan toprak	300,000	0,86	0,022
Göller	176,400	--	0,013
Tatlı	91,000	0,26	0,007
Tuzlu	85,400	--	0,006
Atmosfer	12,900	0,04	0,001
Bataklık suyu	11,470	0,03	0,0008
Nehirler	2,120	0,006	0,0002
Biyolojik su	1,120	0,003	0,0001
Toplam	1,386,000,000	-	100

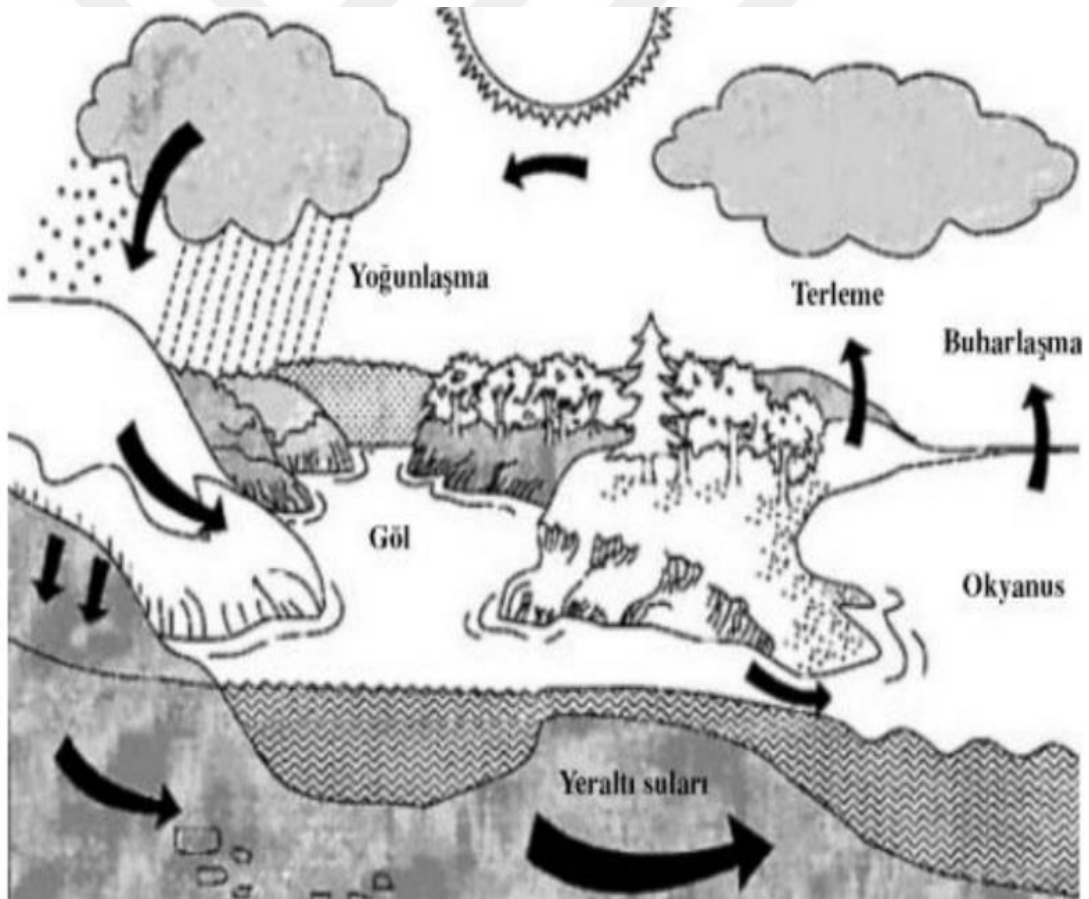
2.5. Su Altı Çevre Ekolojisi

Günümüzde ekoloji, canlıların çevreleri ile birlikte bir uyum içerisinde yaşamlarını devam ettirmelerini göstermektedir. Ekosistem, insan ve diğer canlıların bir arada dengeli ve uyum içerisinde gelişmelerini sürdürmeleri için mevcut şartların tümünü açıklamaktadır. Ekolojik dengeye dışarıdan bir müdahale olduğunda denge bozulur ve çevre sorunları gibi problemlerin ortaya çıkmasına neden olur (Güner, 2013).

İnsan ve çevre arasındaki ilişkide problem ortaya çıkması insan kaynaklı etkilerin doğal sistemin dengesini değiştirmeye çalışmasıyla meydana gelmektedir. İnsan ve çevre arasındaki ilişki sanayi devrimine kadar uyum içinde devam etmiştir. Ancak sanayi devrimi insanın doğaya müdahale imkânını hazırlamıştır. Bu süreçte çevresel yapıların dengesi insanlar tarafından bozulmaya hatta canlı varlıklar için tehlikeli bir hal almaya başlamıştır. Bu tehlikelerden en

önemlileri de toprak hava ve su kirlenmesidir. İnsan ve diğer canlıların ana ihtiyaçlarının başında su gelmektedir. İnsan nüfusu arttıkça suya olan talepte doğrudan artmaktadır. Toplumların gelişmişliği yeterli miktarda ve kaliteli suyun bulunmasıyla orantılıdır (Güner, 2013).

Su doğada katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç formda bulunmaktadır. Su bildiğimiz sıvılar içerisinde en yüksek yüzey gerilimine sahip olan sıvıdır ve aynı zamanda buharlaşma ısısı da en yüksektir. Su gerek içme, günlük kullanım, tarım alanlarında kullanım gerekse sanayide kullanım ihtiyacından dolayı en temel ihtiyaçlardan biri olmaktadır. Saf haldeki su bilinen en eski çözücülerdendir. Bu özelliğinden dolayı "evrensel çözücü" olarak belirtilen su, etkileşime girdiği hemen her şeyi çözebilmektedir (Güner, 2013).



Şekil 2.11. Dünyada su döngüsü (Güner, 2013).

Su kirlenmesi ve doğal olarak temizlenmesi sistemi su çevirimi olarak adlandırılmaktadır. Suyun yapısında mevcut olan ve kullanıcının gereksinimi olmayan tüm yararlı ve zararlı maddeler "yabancı madde" olarak adlandırılmaktadır. Sucul ekosistemler

sınırlı ve kapalı olmaları sebebiyle diğer sistemler için çok iyi bir örnek model oluşturmaktadır. Sucul ortam biyolojisi geçmişte sadece su ürünleri özellikle balıkçılık için önemliydi fakat içinde bulunduğumuz yüzyılın başından itibaren, atık suların son alıcı ortamları olarak biyolojik işlevlerinin korunması için önem kazanmıştır. İlk zamanlar sınırlı sayıda bilgiye gereksinme gösteren biyoloji biliminin bu dalı, günümüzde bilgi alanları arası bir örgütlenmeye gerek göstermeye başlamıştır. Böylece sucul ortam biyolojisi olarak da tanımlanan "hidrobiyoloji" bilim dalı doğmuştur. Özellikle tatlı su biyolojisi olarak bilinen "limnoloji" hidrobiyoloji biliminin en erken ve en kapsamlı gelişme gösteren kolu olmuştur (Güner, 2013).

Denizaltı ortamlarında madencilik yapılabilmesi için su altı çevre ekolojisinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Sualtında yaşayan türlerin solar enerji tepkimelerinde etkili olan floranın tespiti ve fenotiplerin (dış morfolojiler) tayini fauna yapısı açısından önemlidir.

Göl sularında araştırma yapmak için öncelikle fiziksel ve kimyasal durumun bilinmesi gerekmektedir. Göllerin bir aylık döngüsü Ay'a göre ve bir yıllık döngüsü Güneş'e göre izlenerek göl üzerinde ne gibi değişikliklere yol açtığı araştırılabilir. Günümüzde yapılan araştırmalar göstermektedir ki dünyada iç ve dış denizlerin diplerinde ekosistem ve yaşam alanı birbirlerine göre çok farklıdır. Ross ve arkadaşları, denizaltı mercanları üzerine çeşitli araştırmalar yapmışlardır. Derin deniz resiflerinin mercanlardan meydana geldiğini ve en alt katmanda bulunan sert kayaçların özellikle batı florida sularındaki yapılar üzerinde çalışmışlardır. Okyanus ve jeoloji bilim dallarının derin sulardaki organizmalar ile yakından ilişkili olduğunu yapmış oldukları çalışmalar ile göstermektedirler (Ross vd., 2017).

Balıklar sualtı maden işlemlerinde ekosistemin en önemli öncülerinden biri olarak kabul edilmektedirler. Denizaltında balık hayatının devam ettirilmesi ve yaşam alanlarının korunarak madencilik arama faaliyetlerinin yürütülmesi için canlı türlerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar arasında derin denizlerde bulunan balık sürülerinin dağılımı konusunda tahminsel bir metot geliştiren Parra ve arkadaşlarının kullandığı yaygın katkı modeli adı verilen yöntemle canlıların özellikle balıkların dağılımı konusunda bazı çevresel değişkenler mevcuttur. Bu değişkenler şev, alt tabaka tipi, taban sıcaklığı, görünüş, oksijen miktarı ve tuzluluk oranıdır. Topoğrafyanın tahmin edilmesinde özellikle şev ve görünüş canlı hayatının deniz yüzeyindeki hidrodinamik yapıyı belirlemede büyük etkisi vardır (Parra vd., 2016).

Gölün oluştuğu alanın içerisinde değişik noktalardan alınan su numuneleri fiziksel ve kimyasal olarak incelenerek gölü oluşturan suyun yapısı ortaya çıkarılabilmektedir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen kıta içi su kalite kaynak kriterlerine göre standart değerlerden

yararlanılarak araştırmalar yapılabilir. Su kirliliği kontrol yönetmeliğe göre suyun kalitesi inorganik kirlenme parametreleri, organik parametreler, fiziksel, inorganik kimyasal parametreler bakımından değerlendirilmektedir.

Göl oluşumunun dip şekilleri yarım eliptik, eliptik, tam eliptik koni ve eliptik sinüsoid şeklinde gruplandırılmaktadır. Göllerin büyüklüğü, yaşı, iklim şartları, bulunduğu enlem, sedimanter yapıları dip yapılarını etkileyen faktörler arasında bulunmaktadır. Göl diplerinde bulunan sedimanter birikimlerin analiz edilmesiyle formasyonun yumuşak, orta sertlik ve serlik dereceleri tayin edilebilmektedir. Bu çalışmaların diğer amacı da bu analizlerin yapılabilmesi için göl diplerinden numune alınarak formasyonun içeriğinin belirlenmesi için eksplorasyon çalışmalarının yapılmasıdır.

Göllerde sualtı madencilik işlemlerinin yapılabilmesi için önce bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Örneğin su kirliliğinin önlenmesi, su kaynaklarının korunması, göllerde daha fazla suyun toplanabilmesi ve hizmet ömürlerinin uzatılması gibi faaliyetlere öncelik tanınmalıdır. Bu faaliyetler için göllerin güncel topoğrafik durumlarının belirlenmesi, rezervuar depolama kapasitelerindeki değişimin tespiti, jeolojik yapısının belirlenmesi, bitki örtüsünün tespiti, su kaynaklarına ilişkin verilerin analizi ve suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Bilim adamları denizaltı madenciliğinin deniz habitatlarının üzerinde olumsuz bir etki yapacağını kabul ediyorlar. Deniz tabanında ilerleyen maden makineleri tabandaki tortuyu karıştıracak ve deniz akıntısı tortu bulutunu çeşitli bölgelere taşıyacaktır. Sedimanlar deniz tabanına tekrar çöktüğünde hassas organizmaların üzeri örtülecek ve zamanla öleceklerdir. Deniz tabanındaki sürülmüş alanlarda salyangozlar, deniz salatalıkları ve solucanlar dahil olmak üzere makine taraklarından yeterince hızlı kaçamayan tüm organizmalar ölecektir. Makine taraklarından zarar görmeseler bile nodüllerle birlikte gemiye taşınacak ve gemideki temizlik işleri sırasında öleceklerdir (Scheid, 2014).

Deniz altı madenciliği üretim sırasında oluşacak titreşim ve gürültü denizdeki canlıları rahatsız ederek onları doğal alanlarından kaçmaya zorlayacaktır. Manganez nodülleri üretimi sırasında gemide oluşacak tortu yüklü su gemiden denize bırakılır. Burada bir tortu bulutu meydana gelir. Mevcut kavramlar tortu bulutunun yayılmasını en aza indirmek için aşağı yönde bir deşarj ön görmektedir. Denizin tabanına gönderilen tortu bulutu yukarıdaki su tabalarının bulanıklaşmasını önleyecektir. Biyologlar yüzeje yakın olan suların bulanıklaşmasının alg ve diğer planktonik organizmaların büyümesini bozabileceğini düşünmektedir (Scheid, 2014).

Alman bilim adamları Pasifik okyanusunda birkaç kilometre uzunluğundaki deniz alanını deneysel araçlarla bozdular ve birkaç yıl sonra o bölgeyi tekrar ziyaret ettiler. Sonuçlar, bozulmuş alanın daha önceki haline dönebilmesi için 7 yıllık bir süreye ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir (Scheid, 2014).

Dünyada denizaltı madenciliğinde çevre ve ekosistemi çok fazla zarara uğratmamak için geliştirilen son teknoloji sualtı robotları kullanılmaktadır. Bu hassas robotlar pervaneli ve sualtı ortamından numune almak için tasarlanmıştır. Billings ve arkadaşları tarafından dizayn edilen SyPRID isimli sualtı robotu numune alabilmektedir ve uzun süreli kullanıma uygundur. Bu robot 6000 metreye kadar inebilmekte, sualtı canlı ortamını ve planktonları analiz edebilmekte ve ayrıca dip yüzeylerinden numune alabilmektedir (Billings vd., 2016).



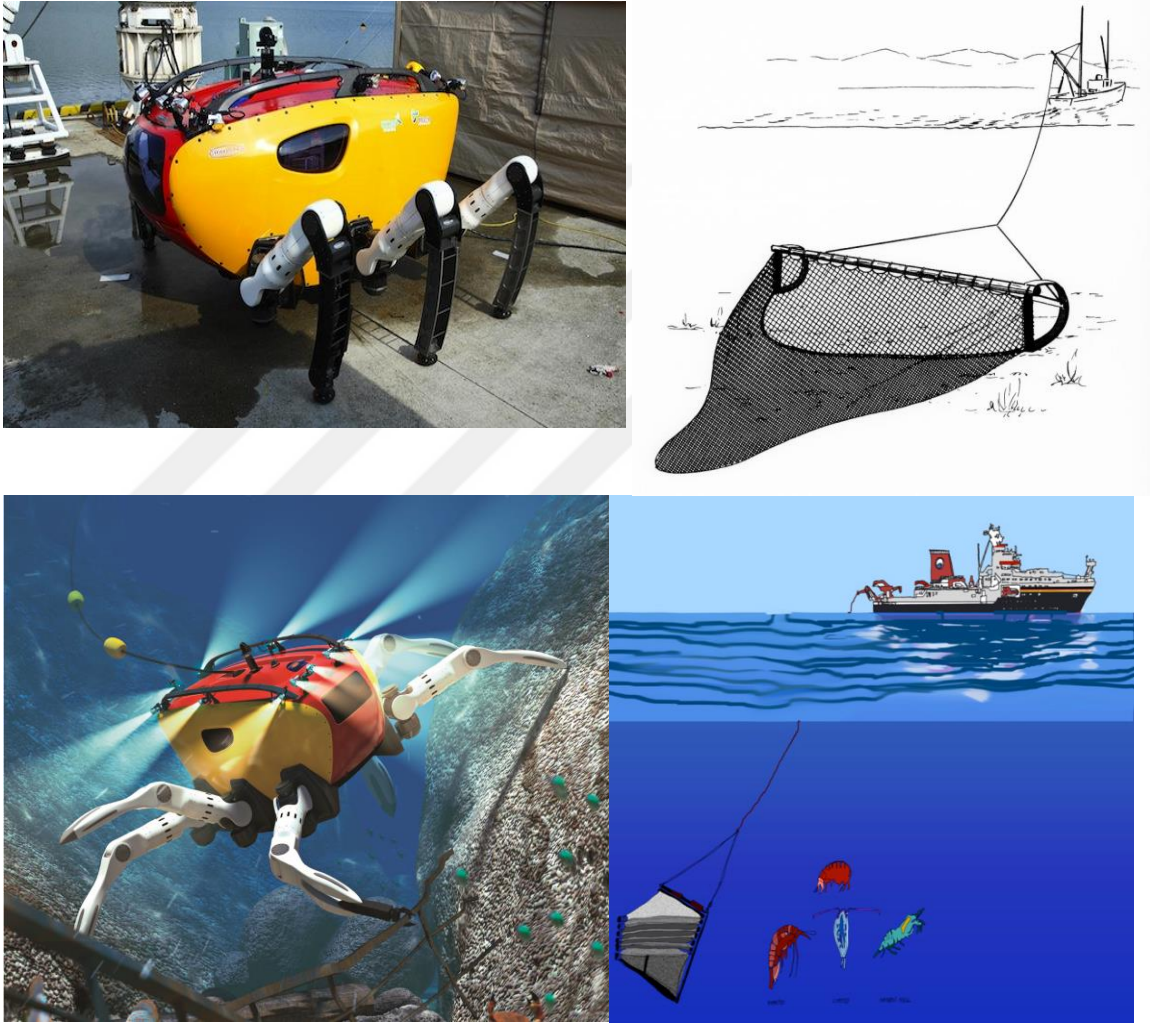
Şekil 2.12. Syprid su altı robotu.

Bu araç deniz tabanı boyunca hızlı bir şekilde istenilen konuma doğru yüzer. Belirlenen konuma geldikten sonra yavaş bir şekilde o bölgede gezinmeye başlar. Pervaneler aracılığıyla huni içerisine su çekilir. Makine üzerindeki valf belirlenen derinliklerde ya da belirlenen bölgelerde çalışmaya başlamaktadır. Su ağ ile kaplanmış plastik bir silindirin içerisine akarak ve 150 mikron genişlikli deliklerden geçerek dış kanala doğru yönlendirilir. Kombine şekiller suyu yavaşlatır ve basıncı düşürür. Böylece balık yumurtaları zarar görmemiş olur. Bu döngünün son kısmında su dışarı atılarak larvaların dışarıya çıkmasına izin verilmez.

Yakın zamanlara kadar kullanılan MOCNESS (multiple opening-closing net environmental sensor system) sistemi ile, metan sızdırması ve dip sularında hidrotermal

havalandırma ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Arellano vd., 2014). Ayrıca bu sistem sayesinde birçok sualtı araştırmaları da yürütülmüştür (Bucklin vd., 2010; Mullineaux vd., 1995).

Kim H. ve Lee Jihong, 2017 yılında sualtında araştırmalar yapabilmek amacıyla 6 bacaklı yürüyen bir robot tasarlamışlardır. Sensörler sayesinde hareket kabiliyeti yüksek bu robot ile dip sularda araştırma yapılması hedeflenmektedir (Kim ve Lee, 2017).



Şekil 2.13. CR200 6 bacaklı robot ve Mocness sistemi.

Belli bir havzayı kapsayan, deniz ile bağlantısı olmayan durgun ve tatlı su kütlesi olarak adlandırılan göller çeşitlerine göre tektonik, volkanik, alüvyon set ve lagün, buzul, çöküntü ve yapay göller olmak üzere sınıflandırılmaktadır.

1960' lı yıllarda kullanılmaya başlanan CBS ile Hidrografi bilimi, günümüze çok hızlı şekilde entegre olmuştur. Bu şekilde, Hidrografi Bilimi gelişmiş ülkelerin önderliğinde alt birimlere ayrılarak gelişmesini sürdürmüştür. Özellikle son 30 yıldır endüstriyel ve kanalizasyon atıkları, deniz kazaları gibi sebeplerle göllerimizde ve akarsularımızda meydana gelen kirlilik problemi ile karşı karşıya kalınmıştır. Bu kirliliğin insan sağlığını tehdit edici boyutlar kazanması ile problemin çözümüne yönelik arayışlar hız kazanmış ve bilgi sistemlerine yönelim hız kazanmıştır. Bugün hemen hemen tüm su kaynakları için kullanılmakta olan Coğrafi Bilgi Sistemleri, bizlere hayat kaynağımız olan suyun önemini bir kat daha arttırarak anlatmaktadır.

2018 yılında Dumlupınar Üniversitesi laboratuvarlarında SEPV-I (solar energy powered vessel-I) isimli göl suları araştırma teknesi üretilmiştir. Bu tekne güneş enerjisi ile çalışarak çevreye zarar vermemekte ve yenilenebilir enerji kaynağını kullanarak göl ve nehir sularında araştırmalar yapmaktadır.



Şekil 2.14. DPÜ Mühendislik laboratuvarlarında üretilen güneş enerjisi ile çalışan tekne SEPV-I (Solar Energy Powered Vessel-I).

2.6. Okyanus ve Denizlerin Çeşitli Özellikleri Yönünden Sınıflandırılması

2.6.1. Topografik yönden sınıflandırma

Yapılan araştırmalar sonucu jeomorfolojik yönden okyanus ve deniz dipleri üç ana bölümde incelenebilecektir. Bunlar;

- Kıtasal kenar
- Okyanus çukuru
- Okyanus ortası sırtlarıdır (Castro, 2003).

2.6.2. Yüzey sularının sıcaklığına göre sınıflandırma

Yüzey sularının sıcaklığı göz önüne alındığında çeşitli sınıflandırma sistemleri ortaya çıkmaktadır. Bütün bu sistemler aslında coğrafi yörelerle ilgilidir. Bu nedenle denizleri yüzey sularının sıcaklığına göre 4 gruba ayırarak incelemek gerekir.

- Polar Denizler: Sıcaklığı daima 5⁰C'nin altında olan denizler
- Subpolar Denizler: Sıcaklığı daima 10 ⁰C'nin altında ve 8 ⁰C civarında olan denizler
- Ilıman Denizler: Sıcaklığı 8-23 0C arasındadır. Bu denizler soğuk ılıman 8-18 ⁰C ve sıcak ılıman 12-23 ⁰C olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar.
- Tropikal Denizler: Sıcaklığı daima 23 ⁰C'nin üzerinde ve çoğunlukla 25 ⁰C civarında olan denizlerdir (Castro, 2003).

2.6.3. Batimetrik yönden sınıflandırma

Okyanus ve denizlerin dikey zonasyonunda en önemli ekolojik faktörlerden biri olan ışık dikkate alındığında yüzeyden dibe kadar 3 büyük zon ayırt edilmektedir.

- Öfotik Zon: Bu zonun derinliği çeşitli faktörlere bağlı olarak yüzeyden itibaren 20-120 metre arasında değişiklik gösterse de ortalama olarak yüzeyden 50 metre derinliğe kadar olan su tabakasını kapsar. Bu zonda sıcaklık değişimleri ve su hareketleri çok fazladır. Ototrof organizmalar bulunur.
- Oligofotik Zon: Bu zonda öfotik zonun bitiminden itibaren 300-600 metre derinliğe kadar değişen bir derinliği kapsar. Ancak ortalama olarak 500 metre derinliğe ulaştığı kabul edilir. Bu zondan sıcaklık gerek yıllık gerekse coğrafik olarak çok az

değişmektedir. Su hareketleri çok azdır. Bu bölgede klasik klorofilli bitkiler yer almamakta fakat buna karşılık biri bakteri diğeri Coccolithoporida'lar olmak üzere organik madde üreten iki kaynak bulunmaktadır.

- Afotik Zon: Oligofotik zonun alt sınırından başlar ve dibe kadar devam eder. Bu bölgede su sıcaklığı düşük fakat viskozite yüksektir. Sular genellikle durgundur (Castro, 2003).

2.6.4. Ekolojik yönden sınıflandırma

Denizel ortam ekolojik yönden bentik bölge ve pelajik bölge olmak üzere iki bölüme ayrılır.

Pelajik bölge

Pelajik bölge altı zonda incelenmektedir. Bunlar;

- Epipelajik Zon: 0-200 metre arasındaki derinlikleri kapsamaktadır. Ototrof organizmaların bulunduğu bölgedir.
- Mezopelajik Zon: 200-1000 metre arasındaki derinlikleri kapsamaktadır.
- İnfrapelajik Zon: 200-800 metre arasında kalan bölgedir. Bazı bilim insanları bu bölgeyi yüzeydeki sıcak sular ile dipteki soğuk sular arasında geçit oluşturan bir bölge gibi kabul ederler. Burada plankton yoğunluğu azdır.
- Batipelajik Zon: 1000 metre derinlik ile 2000-2500 metre arasındaki derinlikleri kapsamaktadır.
- Abissopelajik Zon: 2600-7000 metre derinlikler arasında kalan bölgedir. Bu bölgede yaşayan makroplanktonlar kalitatif yönden değilse bile kantitatif yönden oldukça zengindir.
- Hadopelajik Zon: 7000 metre derinlikten sonrasını kapsamaktadır. Kalitatif ve kantitatif yönden fakirdir.

Pelajik bölge ayrıca topografik yönden neritik ve oseonik olmak üzere iki bölgeye ayrılmaktadır.

- Neritik Bölge: Dikey yönde 200 metrelik isobatla sınırlanmıştır. Bu bölge suları asılı halde pek çok madde içerdiği için berrak değildir. Bitkiler için gerekli olan

mineral maddeler bakımından zengindir. Kıtaların etkisi ve derinliğin az olması nedeniyle suların yer değiştirmesi kolay olur.

- Oseonik Bölge: Okyanus ve denizlerin neritik bölge dışında kalan kısımlarıdır. Suları berraktır, çünkü gerek organizma gerekse asılı haldeki maddeler bakımından fakir olup, genellikle mavi suları oluştururlar. Bitkiler için gerekli mineraller azdır (Castro, 2003).

Bentik bölge

Deniz diplerini içeren bu bölge littoral bölge ve derin deniz sistemi olmak üzere 2 alt bölgeye ayrılmaktadır.

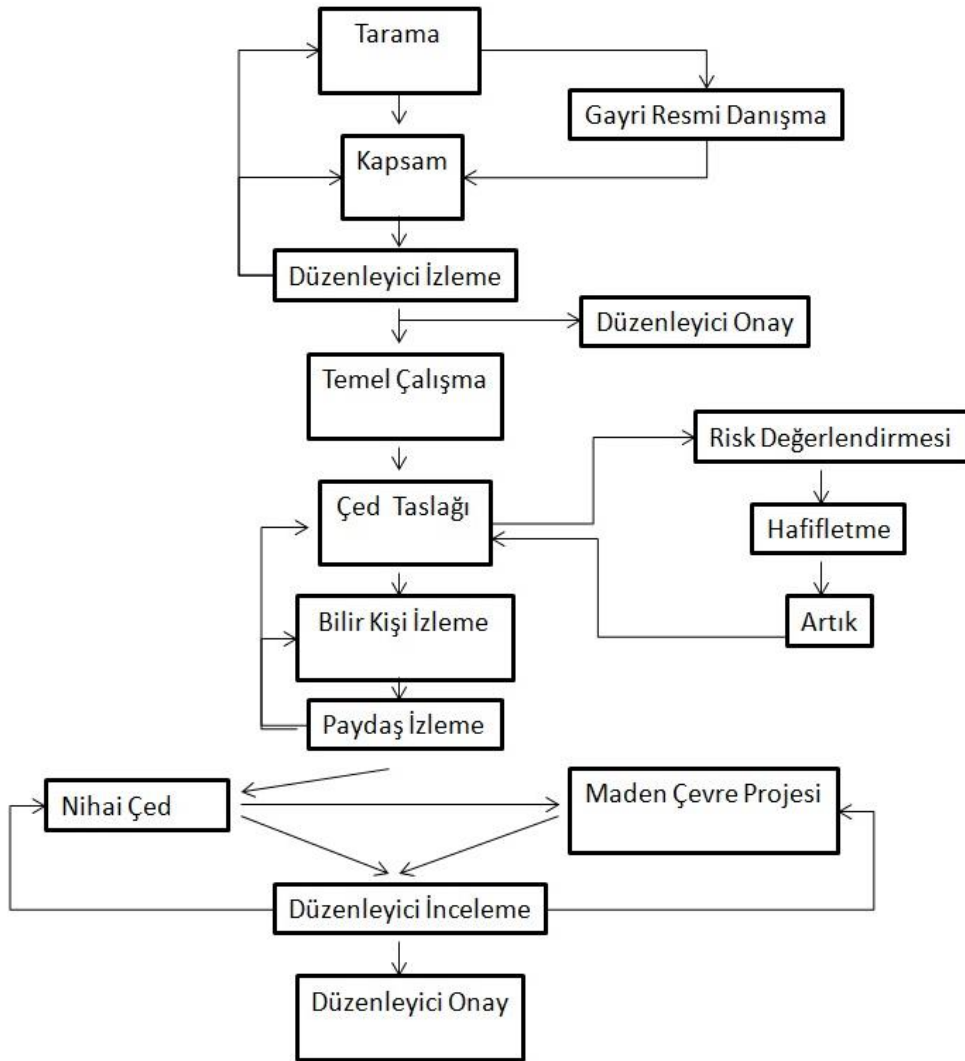
2.6.5. Derin deniz sistemi

Bitkisiz olduğundan afital sistem olarak adlandırılır. Bu sistem kendi içerisinde şu zonlara ayrılır:

- Batial Zon: Bu zon alglerin bulunuşunu sınırlayan derinlikten başlar (200 m). Hafif eğimli bir zemini kapsar, 300 metrenin biraz altında son bulur.
- Abissal Zon: Bu zon çok az eğimli düzlüklerin canlı topluluklarını barındırır. 3000 metre derinlikten itibaren başlar ve okyanusların en derin yerlerinin başlangıcına kadar (6500-7000 metre) devam eder. Burası genellikle canlı toplulukları bakımından fakirdir.
- Hadal Zon: 6000-7000 metre derinlikleri geçen çukurları ve vadileri kapsar. Kalitatif ve kantitatif bakımdan çok zayıf bir canlı topluluğuna sahip olan bu zonda 600-700 atm'lik bir basınç altında yaşamaya adapte olmuş bakterilere rastlanmaktadır (Castro, 2003).

2.7. Denizaltı Madenciliği İçin Çevresel Etki Değerlendirme

Çevresel etki değerlendirmesi ticari ve endüstriyel projelerin planlanmasında ve çevre yönetiminin kilit yönü olmaktadır. Süreç, bir projenin çevresel ve sosyal risklerini işletmeye onay verilmeden önce öngörmek, değerlendirmek ve azaltmak için kullanılır. Bu nedenle destekleyici, düzenleyici ve paydaşlar arasındaki iletişim için önemli bir noktadır. Ayrıca sık sık finansman sağlanma zorunluluğu vardır (Durben vd., 2018)



Şekil 2.15. Denizaltı çevresel etki değerlendirme aşamaları.

2.7.1. Tarama

Belirli bir çevre için çevresel değişimin gerekli gerekmediğine karar verme sürecidir. Tarama, projenin niteliğine ve bölgenin çevresel ayarı bilgisine dayanan bir ön risk değerlendirmesini içerir. Güvenilir risk değerlendirmesi, çevresel etki değerlendirmelerinin gerçekleştirileceği eşik üzerinde bir değer yargısı gerektirir (Durben vd., 2018)

Mevcut uluslararası hukuki belgelerde bu eşik, sıklıkla önemli olumsuz değişim kavramı altında bulunur. Birçok ülkede devam eden bir projede ılımlı değişiklikler sunan projeler ve faaliyetler için çevresel etki değerlendirmesi gerekli olabilir. Çevresel düzendeki

değişiklikler kapsamı, büyüklüğü ve orijinal plandan sapmalara bağlı olarak bir çevresel etki değerlendirmesi gerekebilir (Durben vd., 2018).

2.7.2. Kapsam

Kapsam belirleme çevresel etki değerlendirmesi tarafından neyin kapsanması gerektiğini belirler ve tarama sonuçlarına dayanır. Bir projenin etrafındaki en önemli çevre konularını belirlediği ve sonraki çevresel etki değerlendirmesi için sınırları belirlediği için bu önemli bir evredir.

Kapsam genellikle dikkate alınması gereken en önemli hususları belirlemek için nitel bir çevresel risk değerlendirmesi içerir, bunun yanında projenin niteliği ve çevresel koşulları hakkında ayrıntılı bilgi içerir. Çevre uzmanları hem proje hem de bölgesel alanlarda denizaltı madenciliği için tasarlanan alanların çevre hakkındaki verilerinin azlığının hali hazırda etkili kapsam belirlemesini engellediğini belirtiyorlar (Durben vd., 2018).

2.7.3. Çevresel etki değerlendirme

Çevresel etki değerlendirmesi, kapsam belirleme aşamasını içinde tanımlanan riskleri ve etkileri belirtmelidir. Gerekli bilgilerin toplanması, hazırlanması ve çevresel etki değerlendirme raporu, çevresel etki değerlendirme işleminin en yoğun aşamasıdır.

Yeni Zelanda da denizaltı demir cevheri madenciliği projesi için yapılan son çevresel etki değerlendirmesinin hazırlanması 7 yıl sürmüştür ve 8 milyon Yeni Zelanda dolarına mal olmuştur. Başlangıçta nihai bir çevresel etki değerlendirme raporu hazırlanmadan önce taslak olarak çevresel etki değerlendirme raporu hazırlanmıştır. Çevresel etki değerlendirmesinin kilit aşamalarında etkilerin tanımlanması, alternatif faaliyetlerin, ilgili öngörülerin etkilerinin değerlendirilmesi bulunmaktadır. Kilit bileşenler şunları içerir;

- a) Çevresel hedefler ve yaşayabilirlik de dahil olmak üzere faaliyetin amacı ve gerekçelendirilmesi için bir açıklama,
- b) Tüm düzenleyici ve paydaşların katıldığı, tarih dahil, çevresel etki değerlendirmesinin geliştirilmesine ilişkin açıklama,
- c) Çevresel etki değerlendirmesi projenin kaynak uygulama aşamasında geliştirilmelidir.

Taslak çevresel etki değerlendirilmesi projenin kaynak uygulama aşamasında geliştirilmelidir (Durben vd., 2018).

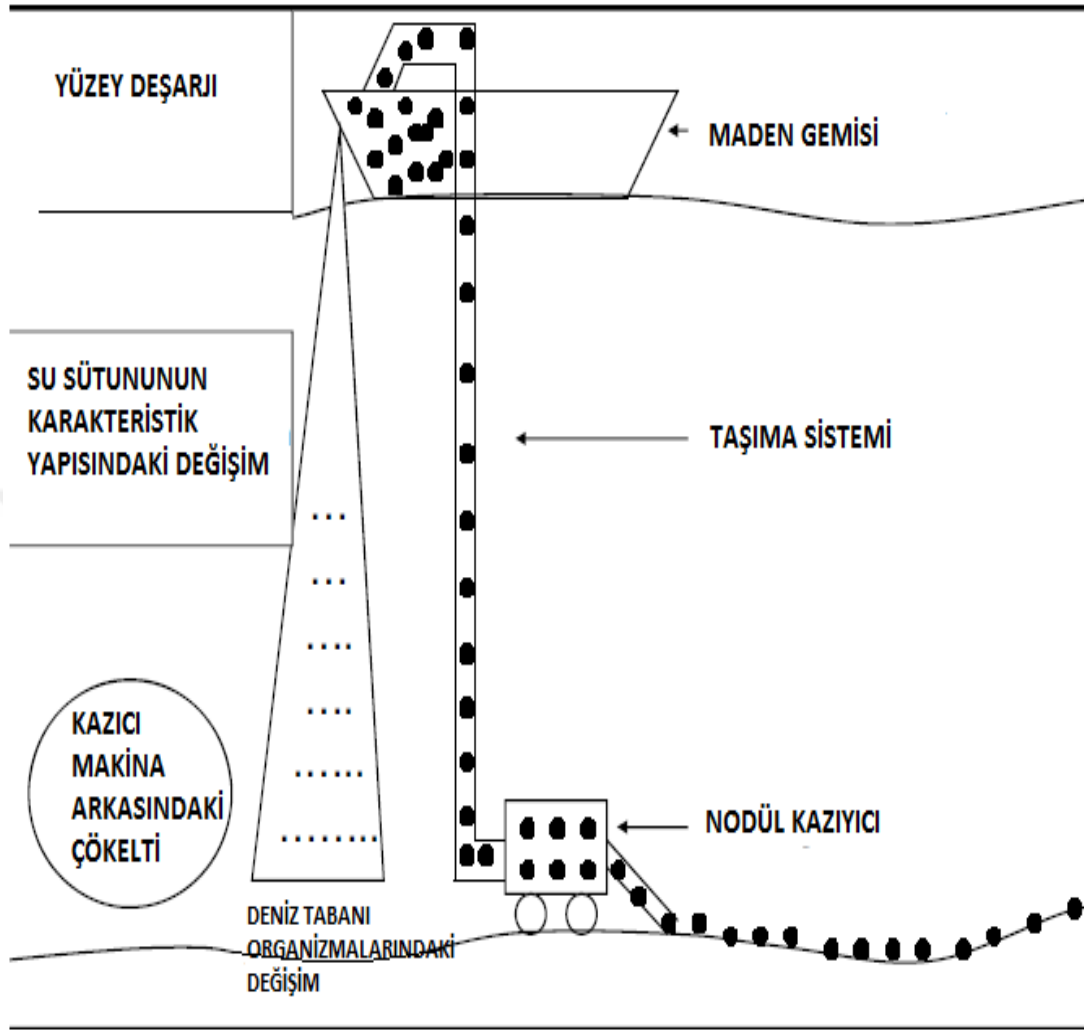
2.7.4. Çevre yönetim planı

Çevre yönetim planı bir projenin ömrü boyunca çevresel yönetim yaklaşımını belirler. Yüklenici firmaların çevresel yönetim sistemi, projenin çevresel hedefleri ve düzenlemeler bağlamında, çevresel etki değerlendirmesi sırasında tespit edilen tüm hafifletme önlemlerinin pratikte uygulanmasına ilişkin ayrıntıları içermelidir. Çevresel hedeflerin, düzenlemelerin ve sınırların nasıl karşılanacağı ve yerine getirileceği kanıtlanmalıdır. Çevre yönetim planı projeye başladıktan sonra periyodik olarak gözden geçirilmekte ve yeniden değerlendirmeye tabi tutulmaktadır (Durben vd., 2018).

2.7.5 Denizaltı madenciliği çevre sorunları

Madencilik işlemi karada olduğu gibi denizde de çeşitli çevresel problemlere sebep olacaktır. Denizaltı madenciliğinin denizdeki etkileri, deniz tabanında sis, su kolonundaki bulanıklık, deniz tabanında yapılan toplama, ayırma ve boşaltma nedeniyle aynı karasal madencilikte olduğu gibi denizaltında da çevresel değişikliklere neden olacaktır. Tahminler göre denizaltında yılda 1,5-3 milyon m³ madencilik işlemi için her yıl 300-600 km²'lik bir alanda işlem yapılacaktır. Bir ton manganez nodülü için denizden 2,5-5,5 ton tortu çıkarılmak zorunda kalınacaktır. Dolayısıyla günde 10.000 m³ nodül çıkarmak için 40.000 m³ tortu alımı olacaktır.

Tortullar yüksek hızlara sahip olmakla birlikte asılı yük olarak uzunca bir süre askıda kalabilirler ve aynı zamanda yanal olarak hareket edebilirler. Bu durum göz önüne alınarak bentik organizmaların filtre besleme cihazlarının tıkanmasına neden olurlar. Deniz tabanındaki minerallerle birlikte taşınan kalıntılar yeryüzünde boşaltıldıktan sonra mevcut biyoçeşitlilik üzerinde de olumsuz etkilere neden olacaktır. Örneğin güneş ışığını azaltarak fotosentez olayını engelleme gibi (Karapınar, 2015).



Şekil 2.16. Denizaltı çevresel etki (Sharma, 2015).

2.7.6. Deniz tabanına olan çevresel etkiler

Madenciliğin neden olduğu birincil etkiler nodülleri toplayan makinenin deniz tabanında temas ettiği yerlerde tortullar ve bunlarla ilişkili faunanın bir duman içerisinde ezildiği veya dağıldığı görülür. Bu işlem yapılan alanda faunanın bir kısmının dağıldığı kalan kısımlarının da yapısının bozulmuş bir şekilde tabana gömüldüğü gözlenmektedir (Sharma, 2015).

2.7.7. Su sütunu etkisi

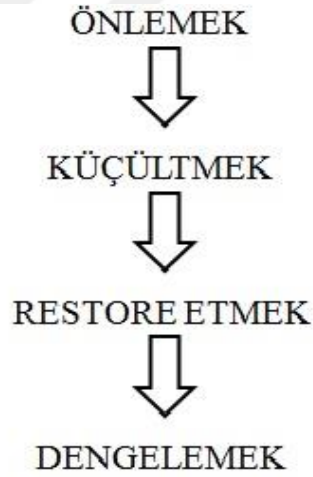
Atıkların boşaltılması ve atıkların oksijenin minimum olduğu zonun altına düşmesi pelajik fauna için zararlı olabilmektedir. Balık davranışlarına ve çöken metaller sonucu balık ölümlerine sebebiyet verme durumu oluşabilmektedir (Sharma, 2015).

2.7.8. Potansiyel üst su sütunu etkisi

Sedimanlardan veya diğer atıklardan oluşan atık topluluğu yüzey sularına boşaltılırsa yüzey sularındaki plankton üremelerinde azalma gibi çeşitli yan etkilere sebep olabilmektedir (Sharma, 2015).

2.7.9. Çevresel etkilerin azaltılması

Çevresel etkilerin azaltılması çevre yönetiminin kilit hedefidir. Çevresel etki değerlendirmenin bir parçası olarak çevresel etkilerin üretim planlama safhasında etkileri azaltma uygulamaları belirlenmeli, test üretiminde ve ticari faaliyet başlangıcında çevresel etkiler tekrar gözden geçirilerek alınacak önlemler belirlenmelidir (Durden, 2017).



Şekil 2.17. Çevresel etki azaltmada öncelik verilen eylemler (Durden, 2017).

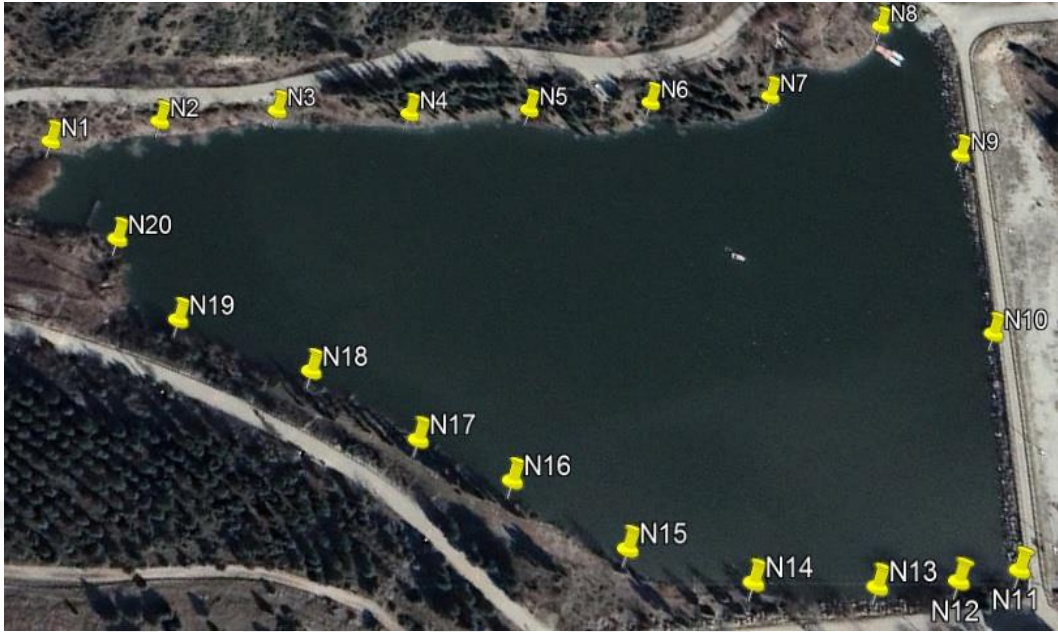
3. GÖLET ÇALIŞMALARI

Bir gölün limnolojik olarak incelenmesinde ortalama göl derinliği, uzunluğu ve genişliği, alanı, hacmi, kıyı şeridi, su seviyesi ve rakım seviyesi gibi parametrelerin araştırılması gerekmektedir. Bir gölde limnolojik bir çalışmaya başlamadan önce o gölün batımetrik haritasının çıkarılması gerekmektedir. Batımetrik harita gölün yapısını çizgilerle gösteren bir haritadır. Batımetrik haritalardan yararlanılarak, yüzey alanı, maksimum uzunluk, ortalama uzunluk, maksimum genişlik, ortalama genişlik, maksimum derinlik, ortalama derinlik, kıyı şeridi uzunluğu, kıyı şeridi gelişimi ve göl hacmi gibi özellikler hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada Dumlupınar üniversitesi içerisinde bulunan göletin etrafında bulunan 20 farklı noktadan numune alınmıştır (Şekil 3.1). Numuneler gölün toprak ile birleştiği kısımda suyun altında kalan bölgelerden çubuğun ucuna takılmış küçük kova vasıtasıyla alınıp üzerleri etiketlenerek 20 ayrı numune poşetine konulmuştur.



Şekil 3.1. Gölet kıyısından alınan çamur örnekleri ve numune alınan noktalar.



Şekil 3.1. (Devam) Gölet kıyısından alınan çamur örnekleri ve numune alınan noktalar.

Göl kenarından alınan çamur örnekleri üzerinde yapılan mikroskopik araştırmalar neticesinde polen içerikleri ve göl etrafındaki flora yapısı incelenmiştir. Çizelge 3’de elde edilen polen toplulukları yer almaktadır.

Çizelge 3.1’e göre DPÜ merkez kampüs göletinde 12 çeşit polene rastlanmıştır. Bu polenler mikroskop ortamında incelenerek saptanmıştır.

Çizelge 3.1. DPÜ göleti çevresinden elde edilen polen toplulukları.

Polen isimleri	Polen isimleri
Castanea	Taxodiaceae Cupressaceae
Carpinus	Eleagnaceae
Tilia	Ouercus
Pinaceae	Cedrus
Picea	Platanus
Liquidamber	Acer

Göl kenarından alınan numuneler DPÜ Maden Mühendisliği Bölümü laboratuarlarında önce etüv de 100⁰ C’de 1 saat kurutulmuştur. Daha sonra kurutulan numuneler Agat havanında 5 dakika boyunca öğütülmüştür. Öğütülen numuneler mineralojik ve kimyasal analizleri yapılmak üzere hazırlanmıştır.



Şekil 3.2. Agat Havanı ve bu cihazda hazırlanan numune örneği.

3.1. Kimyasal ve Minerolojik Çalışmalar

DPÜ merkez kampüs göletinden alınan numunelerin kimyasal ve minerolojik yapılarının incelenmesi için DPÜ İLTEM (İleri Teknolojiler Merkezi) merkezine gönderilmiştir.

Numunelerin kimyasal ve minerolojik yapılarının tayininde Panalytical Axios MAX cihazı ile XRF, Panalytical Empyrean cihazı ile de XRD deneyleri yapılarak sonuçlar çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Gölden alınan numunelerin XRF sonuçları.

Örnek adı	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	K ₂ O %	TiO ₂ %	MnO %	Na ₂ O %	P ₂ O ₅ %	F %	Cr ₂ O ₃ %
CD-1	57,24	18,46	10,20	5,33	4,41	2,70	0,94	0,32	0,29	0,06	-	0,06
CD-2	57,22	19,46	8,17	5,08	6,14	2,42	0,86	0,28	0,16	-	0,16	0,05

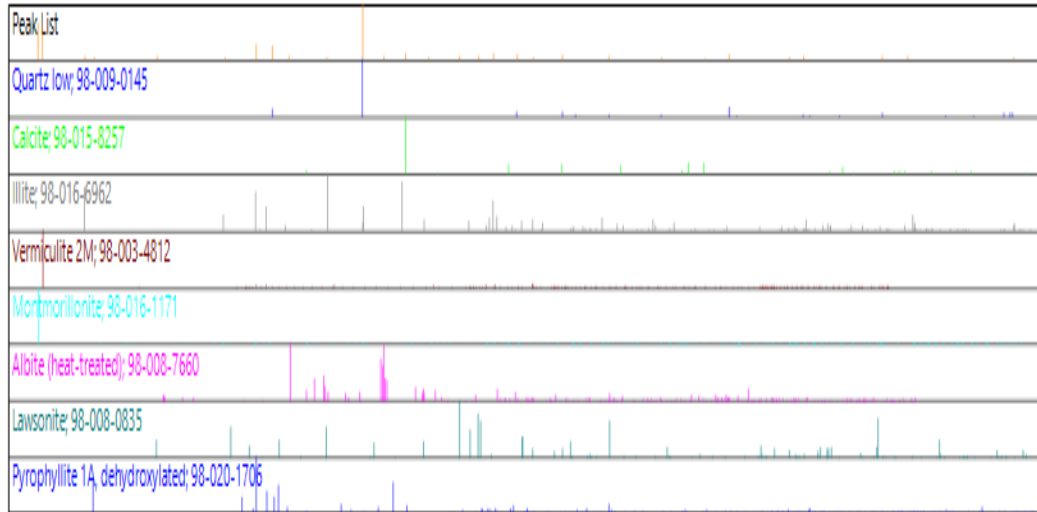
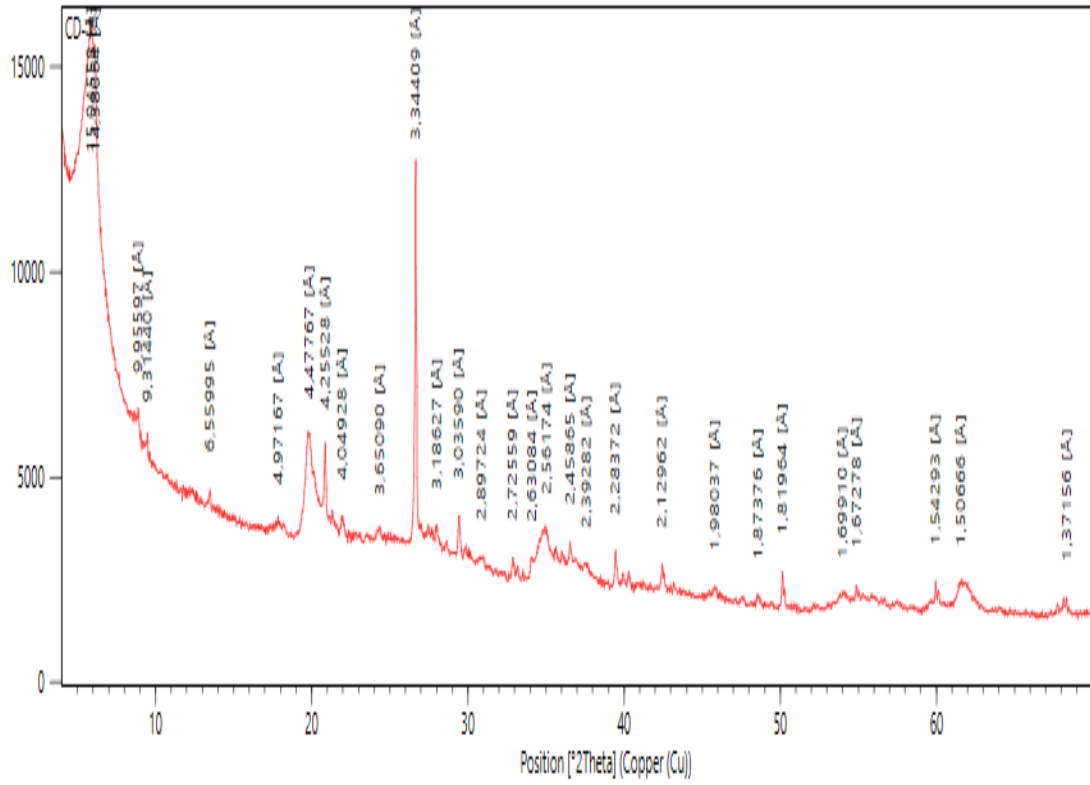
Çalışma alanında ki göl yapay gölet olup su geliri, bölgenin yağmur suyu drenajından ve bölgedeki yer altı sularından kaynaklanmaktadır. Bölgenin genel jeolojisi göz önünde bulundurulduğunda XRF sonuçlarındaki majör oksitler hakkında yorumlar yapılabilecektir. Bölge genel olarak ofiyolitler, kumtaşları ve kırıntılı kireç taşlarından oluşmaktadır. SiO₂ ve Al₂O₃ oranlarının yüksek olmasının nedeni gölü besleyen yağmur sularının kumtaşları ve killi birimlerin içerisinde geçerken beraberinde getirdiği malzemeden kaynaklandığı

düşünülmektedir. MgO değerlerinin yüksek görülmesi ofiyolitik kayalardan kaynaklanmaktadır. CaO değerlerinin yüksek görünmesi bölgedeki kırıntılı kireç taşlarından kaynaklanmaktadır.

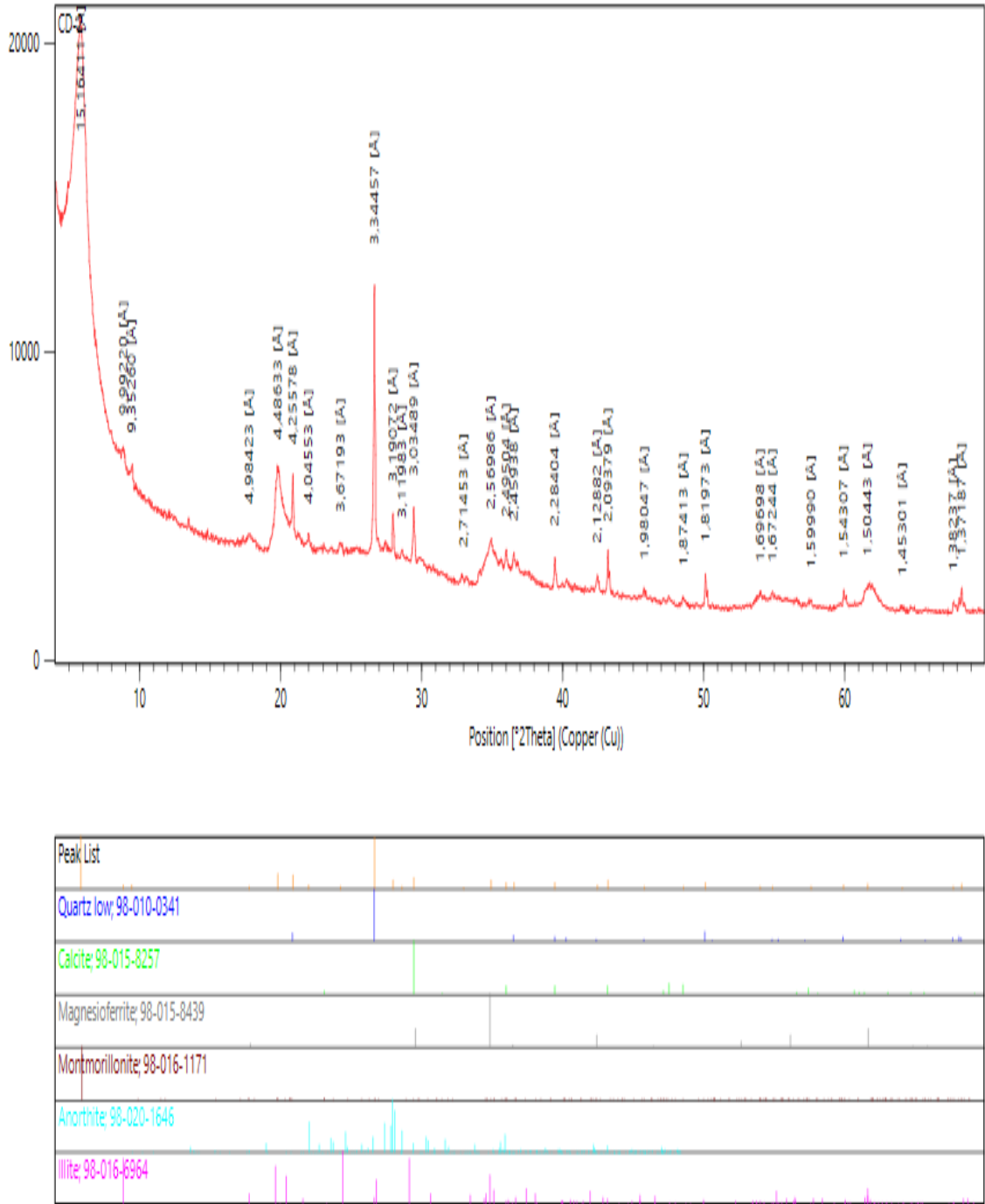
Cd 1 numunesi göle gelen suların ilk döküldüğü alan olduğu için Fe_2O_3 miktarı fazladır. Bunun nedeni demir minerallerinin ağır olmalarından dolayı fazla ilerlemeden çökmeleri ve burada birikim yapmalarıdır.

Cd 2 numunesinde Al_2O_3 değerinin yüksek olmasının nedeni kil minerallerinin levhamsı yapılarından dolayı su içerisinde askıda kalmaları ve gölün daha ileriki bölümlerinde çökelme yapmalarıdır.

Şekil 3.2’de ise göl kıyısından alınan numuneler için yapılan XRD sonuçları yer almaktadır. CD-1 ve CD-2 numuneleri için iki farklı XRD analizi yapılmıştır. Analizler DPÜ İLTEM (İleri Teknolojiler Merkezi) de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. CD-1 nolu numunenin XRD sonuçları.



Şekil 3.4. CD-2 nolu numunenin XRD sonuçları.

Şekil 3.3-3.4’de gördüğümüz XRD piklerinin analizi minerallerin kristal düzlemlerinden yaptıkları X ışını yansımalarına dayanılarak yapılmaktadır. Örneğin kuvars mineralinin 001 düzleminde yaptığı yansıma piki 3,34 Angstrom, 002 düzleminden yaptığı yansıma piki 4,25 Angstrom, 003 düzleminden yaptığı yansıma piki 1,81 angstromdur. Her

mineralin kendine özgü pik değerleri vardır. Bu pik değerlerine bakılarak mineral analizi yapılmaktadır.

Bu analizler sonucunda CD1 numunesinde kuvars, kalsit, illit, vermikülit, montmorillonit, albit, lavsonit, profillit minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir.

CD 2 numunesinde ise kuvars, kalsit, manyezoferrit ($MgFe_2O_4$) (Magnezyumdemiroksit), montmorillonit, anortit, illit minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir.

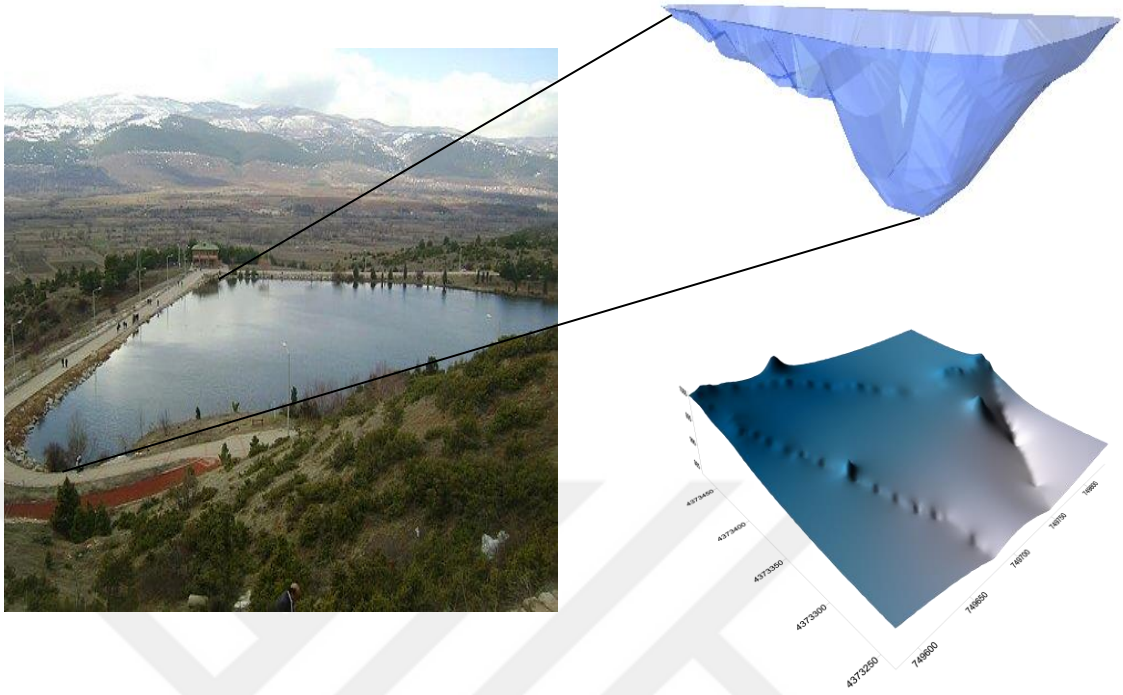
3.2. Göl Haritalama Çalışmaları

Dumlupınar Üniversitesi merkez kampüs sınırları içerisinde bulunan gölet, tarla sulama, içme suyu temini ve elektrik enerjisi üretimi amaçlı oluşturulmasından dolayı ve kuzey-batı istikametinde gölün sınırlarına set yapılması sebebiyle yapay gölet olarak sınıflandırılmaktadır. Kampüs içerisinde bulunan yapay göletin su yüzey alanı yapılan ölçümler neticesinde 35 600 m² ve çevresi de 880 m olarak saptanmıştır. Göl yüzeyinin bulunduğu yükseklik deniz seviyesinden 990 metre yukarıda konumlanmaktadır. Kampüsün yağmur suyu ve drenaj suları çıkışları bu gölete bağlıdır ve çevredeki yer altı ve yerüstü sularından beslenmektedir. Göletin yatağı serpantin ve peridotit gibi ofiyolitik formasyondan ve ayrıca sediman yapılardan meydana gelmektedir. 2000 yılı verilerine göre su hacmi 210 000 m³'tür ve yapılan pompalama sistemiyle her gün artan oranda olmak üzere 113 000 m² çim alanın sulanmasına katkı sağlamaktadır.



Şekil 3.5. Göletin kuzey-güney doğrultulu yüzey gridleme yöntemi.

Şekil 3.5’de göl yüzeyinin tarama işlemini gösteren ve göl sularının haritalarının çıkarılmasında kullanılmak üzere geliştirilen yöntem yer almaktadır. Bu yöntemde bot ile göl yüzeyinde belirtilen kuzey-güney doğrultularında yol olarak halat vasıtasıyla gölün derinliklerinin ölçülmesi hedeflenmiştir. Yüzey gridleme yöntemi adı verilen bu metod ile göl yüzeyi kuzey-güney doğrultusunda yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarıya olmak kaydıyla belirlenen rota ile ilerleyerek belirli aralıklarda halatın ucuna bağlanan ağırlık vasıtasıyla halat göl dibine indirilerek derinlikler hesaplanmıştır. Bu derinlikler daha sonra 3D modelleme yöntemi ile bilgisayar ortamına aktarılarak gölün 3 boyutlu şekli ve hacmi hesaplanmıştır. Elde edilen hacim ile göl suyunun yoğunluk hesabından tonaj elde edilmiştir.



Şekil 3.6. Dumlupınar üniversitesi yapay göleti ve 3 boyutlu modeli.

Şekil 3.6.'da Dumlupınar üniversitesi kampüsünde bulunan yapay göletin harita çiziminde, yansız ve en küçük hata varyansı ile kestirim yöntemine dayalı optimal doğrusal kestirim metodu olan kriging yöntemi kullanılmıştır (Journel, 1983; Matheron, 1965). Bu yöntem ile gölün kıyı sınırlarından belli bir alana kadar olan mesafede alınan x, y, z koordinat verileri ile 3 boyutlu topoğrafik harita çizilmiştir.

Çizelge 3.3. Göl modelleme veritabanı.

HOLE-ID	X	Y	Z
H1	4373660	749649	50
H2	4373655	749642	60
H3	4673650	749637	60
H4	4373651	749635	60
H5	4373652	749633	60
H6	4373647	749638	80
H7	4373650	749638	90
H8	4373651	749635	90
H9	4373644	749647	100
H10	4373652	749645	100
H11	4373641	749645	120
H12	4373640	749647	160
H13	4373647	749648	170
H14	4373651	749649	170
H15	4373654	749650	150
H16	4373657	749655	120
H17	4373645	749646	70
H18	4373632	749647	200
H19	4373638	749657	240
H20	4373645	749662	220
H21	4373653	749664	160
H22	4373656	749667	170
H23	4373644	749666	230
H24	4373637	749661	270
H25	4373625	749652	200
H26	4373615	749645	120
H27	4373609	749668	170
H28	4373613	749660	250
H29	4373621	749673	320
H30	4373626	749676	330
H31	4373642	749685	270
H32	4373643	749682	300
H33	4373637	749690	350
H34	4373621	749684	320
H35	4373614	749663	280
H36	4373608	749656	170
H37	4373600	749663	170
H38	4373599	749665	250
H39	4373614	749678	300
H40	4373624	749688	350
H41	4373631	749690	250
H42	4373636	749695	340
H43	4373625	749684	340
H44	4373606	749676	300
H45	4373590	749664	240

HOLE-ID	X	Y	Z
H46	4373586	749658	200
H47	4373577	749671	250
H48	4373602	749682	450
H49	4373621	749709	480
H50	4373617	749725	320
H51	4373622	749729	50
H52	4373611	749749	270
H53	4373605	749699	670
H54	4373586	749722	730
H55	4373582	749723	770
H56	4373557	749706	720
H57	4373555	749688	250
H58	4373604	749718	300
H59	4373510	749705	180
H60	4373506	749708	400
H61	4373431	749659	700
H62	4373568	749818	900
H63	4373728	749988	850
H64	4373907	749165	550
H65	4373931	749257	180
H66	4373876	749489	70
H67	4373738	749475	500
H68	4373468	749243	950
H69	4373031	749288	910
H70	4373912	749069	550
H71	4373759	749855	100
H72	4373636	749094	150
H73	4373839	749243	620
H74	4373039	749492	700
H75	4373312	749748	800
H76	4373529	749020	550
H77	4373699	749167	70
H78	4373674	749334	70
H79	4373538	749314	200
H80	4373343	749107	300
H81	4373128	749787	500
H82	4373913	749617	300
H83	4373734	749444	250
H84	4373638	749363	230
H85	4373515	749245	100

Çizelge 3.3’de görüldüğü üzere, yüzey gridleme yöntemi kullanılarak göl yüzeyinden halat yardımıyla düşey yönde derinlikler belirlenmiştir. X, Y ve Z değerleri GPS ile tayin edilerek veritabanı oluşturulmuştur. “Surpac” madencilik yazılımı kullanılarak gölün 3 boyutlu modeli çizilmiştir. Şekil 3.7’de ölçüm aşaması yer almaktadır.



Şekil 3.7. DPÜ merkez kampüs göletinde yapılan ölçümler.

Dumlupınar Üniversitesi yapay göletinin madencilik yazılımı ile gerçekleştirilen 3 boyutlu su kütlesi modeli Şekil 3.6’da görülmektedir. Şekil 3.5’de gösterilen metot ile göl yüzeyi taranmış ve 85 farklı noktadan derinlik ölçümü yapılmıştır. Bu ölçüm sonuçları bilgisayar ortamında madencilik yazılımı ile modellenmiş ve gölün 3 boyutlu yapısı ortaya çıkarılmıştır. Bu model sayesinde gölün su rezervi tam ve kesin olarak belirlenmiştir. Gölün en derin yeri 9,5 metre olarak tayin edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre gölde 961 957 ton su rezervi hesaplanmıştır. 2000 yılında 210000 tonluk su hacmi 2017 yılında 961 957 tonluk su hacmine yükselerek 4,58 kat büyüme göstermiştir. Bu da bize bölgenin ne kadar yağış aldığını ve büyüme faktörü verilerini kesin olarak göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Denizaltında bulunan kaynaklar geçmişten günümüze kadar çok büyük ilgi çekmiştir. Denizaltı maden kaynaklarının bünyelerinde bulundurdıkları değerli metalik mineraller kara bazlı metalik mineral kaynaklarından daha büyük miktarlarda metal içermektedir. Dünya genelinde denizaltı madenciliğinin kaderini belirleyecek unsurların başında metal fiyatları gelmektedir ki buda denizaltı madenciliğine tam anlamıyla ne zaman başlanabileceği konusunda bize fikirler verecektir. Metal fiyatlarının haricinde günümüzde var olan teknolojik imkanların daha da iyileştirilmesi konusunda çalışmalar devam etmektedir. Teknolojinin daha da gelişmesiyle birlikte maliyetlerin önemli ölçüde düşeceği bilinmektedir. Denizaltı arama ve üretim çalışmaları esnasında hem karada hemde deniz tabanında çevresel etki kriterlerine dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, sualtı halatları yardımıyla göllerin derinlikleri tespit edilerek, GPS cihazı ile elde edilen koordinatlar bilgisayar ortamına aktarılarak 3 boyutlu haritaların, madencilik yazılımları ile modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda denizaltı madenciliğinin gelişmesi, göl ve deniz sularında madencilik faaliyetlerinin arttırılması ve bu ihtiyaca karşılık olarak araştırmaların çok yaygın olmaması itibariyle bu yönde bir çalışmanın gerekliliği kaçınılmaz olmaktadır. Göllerin haritalarının oluşturulması işleminden sonra göl diplerinden numune alınarak, sualtı madenciliğinde maden arama faaliyetlerinin geliştirilmesi için bir sistem gerekmektedir. Çalışma kapsamında deniz botu yardımıyla göl yüzeyi belirli aralıklarla taranmış ve halat vasıtasıyla 85 farklı noktadan derinlik ölçümü yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 2000 yılında 210 000 ton su hacmi olan bu göletin 2017 yılında 961 957 ton su hacmine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla 17 yıllık süre zarfında 4,58'lik bir büyüme katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca bu çalışmada, DPÜ merkez kampüs göletinden alınan numuneler üzerinde polen analizi yapılmıştır. Elde edilen verilere göre 12 adet farklı polen grubuna rastlanmıştır. Alınan numuneler üzerinde XRF ve XRD deneyleri yapılarak formasyonun kimyasal içeriği de saptanmıştır. Genel itibariyle kil yataklarından oluşan bu göletin yatağının serpantin ve peridotit gibi ofiyolitik formasyondan ve ayrıca sediman yapılardan meydana geldiği saptanmıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Arellano, S. M., Van Gaest, A. L., Johnson, S. B., Vrijenhoek, R. C., Young, C. M. (2014), "Larvae from deep-sea methane seeps disperse in surface waters", *Proc. R. Soc. B*, 281, s.20133276.
- Baez Almada, G. V. M. ve Bernardino, A. F., (2016), "Conservation of deep sea ecosystems within offshore oil fields on the brazilian margins, SW atlantic", *Biological Conservation* 206,92-101.
- Batker, D., Schmidt, R. (2015), "Environmental and social benchmarking analyses of nasutilus minerals Inc., Solwara 1 Project 88.
- Billings, A., Kaiser, C., Young, C. M., Hiebert, L. S., Cole, E., Wagner, J. K. S., Van Dover, C. L. (2016), "Syprid sampler, a large volume, high resolution, autonomous, deep ocean precision plankton sampling system, Deep-Sea Res. II, In press.
- Bollmann, M., Bosch, T., Colijn, F., Ebinghaus, R., Froese, R., Güssow, K. (2010), "World Ocean Review Living With The Oceans"
- Boschen R. E., Rowden, A. A., Clark, M. R., Gardner, J. P. A. (2013), "Mining of deep sea seafloor massive sulfides;a review of the deposits, their benthic communities, impacts from mining, regulatory frameworks and management strategies", *Ocean Coast Management* 84, 54-67.
- Bucklin, S. Nishida, S. Schnack-Schiel, P. H. Wiebe, D. Lindsay, R. J. Machida, N. J. Copley (2010), "A census of zooplankton of the global ocean", A. McIntyre (Ed.), s.247–265.
- Budnik, V. ve Chenyi, S., (2016), "Future development of the world ocean mining for the industry" Kerch State Maritime Technological University.
- Clark, M. Passfield, K., (2015), "Ecosystem management and deep-sea mining'.
- Collins P.C., Croot, P., Carlsson, J., Colaco, A., Grehan, A., Hyeong, K., Kenedy, R., Mohn, C., Smith, S., Yamamoto, H., Rowden, A., (2013), "A primer for the environmental impact assessment of mining at seafloor massive sulfide deposits", *Martine Policy* 42, 198-209
- Castro, P., Huber, M. E. (2003). "Marine Biology. 4th edition". McGraw Hill Companies. New York.
- Cronan, D.S., (1999), "Handbook of marine mineral deposits" CRC press 406.
- Danovaro, R., Snelgrove, P. V. R ve Tyler, P., (2014), "Challenging the paradigms of deep-sea ecology", *Review, Trends in Ecology & Evolution*, S.29, no.8, 465-475.
- Demirsoy, S., (1972), " Deniz plaserlerinin ekonomik jeolojisi".

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Durden, J. M., Lallier, L. E., Murphy, K., Jaeckel, A., Gjerde, K., Jones, D. O. B. (2017), "Environmental impact assessment process for deep-sea mining in the area"
- Ehsani, A., (2015), "Okyanus ve denizaltı madenciliğine kısa bir bakış", Türkiye 24.ncü Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 14-17 Nisan 2015 Antalya.
- El-Taher, A., Madkour, H. A., (2011), "Distribution and environmental impacts of metals and natural radionuclides in marine sediments in front of different wadies mouth along the Egyptian Red Sea Coast". Appl. Radiat. Isot.69, 550–558.
- Florou, H. Trabidou, G., Nicolaou, G., (2007), "An assessment of the external radiological impact in areas of Greece with elevated natural radioactivity". J. Environ. Radioact. 93, 74–83.
- Florou, H., Kritidis, P., (1991), "Natural radioactivity in environmental samples from an Island of Volcanic Origin (Milos, Aegean Sea)". Mar. Pollut. Bull. 22(8), 417–419.
- Getaneh, W., Alemayehu, T., (2006), "Metal contamination of the environment by placer and primary gold mining in the Adola region of southern Ethiopia", Environ. Geol. 50, 339–352.
- Güner, U. (2013), "İç kullanım için limnoloji notları", Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü.
- Journel, A. G., (1983), "Nonparametric Estimation of Spatial Distributions Mathematical Geology, S.15, n.3, s.445-468.
- Karapınar, N., (2015), "Derin deniz madenciliği", MTA Genel Müdürlüğü.
- Kim, H. ve Lee, J., (2017), "Design, swimming motion planning and implementation of a legged underwater robot (CALEB10: D. Bee Bot) by biomimetic approach", Ocean Engineering, s.310-327.
- Le, J. T., Lisa A., Levin, Richard, T., Carson, (2016), "Incorporating ecosystem services into environmental management of deep-seabed mining", Article in press, Deep Sea Research II,
- Leduc, D., Rowden, A. A., Torres, L. G., Nodder, S. D., Pallentin, A., (2015), "Distribution of macro faunal communities in phosphorite nodule deposits on chatham rise, southwest pacific, implications for management of seabed mining", Deep-sea Res., Pt.1 99, 105-118
- Levin, L. A., Le Bris, N., (2015), "The deep ocean under climate change", Science 350, 766-768
- Levin, LA, Mengerink K, Gjerde KM, Rowden AA, Vandover CL, Clark MR, Ramirez-Llodra E, Currie B, Smith CR, Sato KN, Gallo N, Sweetman AK, Lily H, Armstrong CW, Bridger J. (2016), "Defining serious harm to the marine environment in the context of deep-seabed mining."Marine Policy. 74:245-259.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Maher, W., Butler, E. (1988), "Arsenic in the marine environment". Appl. Organomet. Chem. 2, 191–214.
- Matheron, G., (1965), "Les variables regionalisees et leur estimation", Masson, Paris
- Mengerink, K. J, Dover, C., I., Van, Ardron, J., Baker, M., Escobarbriones, E., Gjerde, K., Koslow, J. A. Ramirez, İllodra, E., Lara-Lopez, A., Squires, D., Sutton, T., Sweetman, A. K., Levin, L. A., (2014), "Acall for deep ocean stewardship", Science 334, 696-698.
- Mullineaux, L. S., P. H. Wiebe, E. T. Baker, (1995), Larvae of benthic invertebrates in hydrothermal vent plumes over Juan de Fuca Ridge, Mar. Biol., 122, s.585–596.
- Olsen, C. R, Cutshall, N. H, Larsen, I. L., (1982), Pollutant particle associations and dynamics in coastal marine environments": a review. Mar. Chem.11, 501–533.
- Özpeker, I. (1979), "Deniz dibi mineral yatakları ve ekonomisi". Bilimsel Madencilik Dergisi 18 (1979): 3-19.
- Parra, Hugo E., Pham, Christopher K., Menezes, Gui M., Rosa, Alexandra., Tempera, Fernando., Morato, Telmo., (2016), `Predictive modelling of deep sea fish distribution in the Azores`, Deep-Sea Research II, Article in press, 1-12.
- Peter R. Vogt, Brian E. Tucholke, (1986), "Hydrothermal activity in the north atlantic". Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Cambridge.
- Ross, S., W., (2017), `Deep-sea coral and hardbottom habitats on the west florida slope, eastern gulf of mexico`, Deep-Sea Research Part I 120, 14-28.
- Scheid, W., M., (2014), "World ocean review 3" Maribus ggmbh Chapter II.
- Scott, S., D., (2001), "Deep ocean mining", Scotiabank Marine Geology Research Laboratory Department of Geology University of Toronto.
- Sharma, R., (2015), "Environmental issues of deep-sea mining", Procedia Earth and Planetary Science 11, 204-211
- Slogmolen Bsc, Ir. Bart Hogeweg., (2008), "Deep Sea Mining". MTI Holland BV.
- Van Dover, C. L., Aronson, J., Pendletyon, L., Smith, S., Arnaud-Haond, S., Moreno-Mateos, D., Barbier, E., Billett, D., Bowers, K., Danovaro, R., Edwards, A., Kellert, S., Morato, T., Pollard, E., Rogers, A., Warner, R., (2014), "Ecological restoration in the deep sea, desiderata", Marine Policy 44, 98-106.