

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MAZIDAĞI (MARDİN) FOSFAT YATAKLARININ YAN KAYAÇLARININ
İNCELENMESİ

İrfan YORULMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM

TUNCELİ – 2024

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MAZIDAĞI (MARDİN) FOSFAT YATAKLARININ YAN KAYAÇLARININ
İNCELENMESİ

İrfan YORULMAZ
(200090001)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM

TUNCELİ – 2024

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**MAZIDAĞI (MARDİN) FOSFAT YATAKLARININ YAN KAYAÇLARININ
İNCELENMESİ**

İrfan YORULMAZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
STRATEJİK HAMMADDELER VE İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI
ANABİLİM DALI

Bu tez / / 2024 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

İmza:.....

İmza:.....

Doç. Dr. Güllü KIRAT
(Munzur Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üy. Özlem ERDEM
(Munzur Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üy. Sibel KAYĞILI
(Munzur Üniversitesi)

BAŞKAN

DANIŞMAN

ÜYE

Bu tez, enstitümüz Stratejik Hammaddeler ve İleri Teknoloji Uygulamaları Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Enstitü Müdürü

Bu çalışma Eti Bakır A. Ş. tarafından desteklenmiştir.

Proje No:

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

....../.../2024

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İrfan YORULMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Özlem ERDEM

TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresi boyunca benden desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Rojdan'a, Mazıdağı Eti Bakır İşletmesi'nden Mustafa Erbek'e, Kerem Altaş'a, Mustafa Egi'ye, Zübeyir Gündoğdu'ya, yine bu süreçte her desteklerini eksik etmeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Özlem Erdem'e sonsuz teşekkür ederim.

İrfanYORULMAZ
Tunceli, 2024



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
KISALTMALAR LİSTESİ	V
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Önemi ve Amacı.....	1
1.2 Tezin Kapsamı.....	2
2. ÇALIŞMA ALANI	3
2.1 Çalışma Alanı Jeolojisi.....	3
2.2 Yer Bulduru Haritası	6
2.3 Önceki Çalışmalar	7
3. LİTERATÜR TARAMASI.....	9
3.1 Fosfat Yatakları ve Oluşumu.....	9
3.1.1 Fosfat yataklarının jeolojik oluşumu	9
3.1.2 Fosfat yataklarının coğrafi dağılımı	10
3.1.3 Fosfat madenciliği ve ekonomik etkileri	12
3.2 Nadir Toprak Elementleri: Tanım ve Özellikler.....	14
3.2.1 Nadir toprak elementlerinin kimyasal özellikleri	14
3.2.2 Nadir toprak elementlerinin endüstriyel kullanım alanları.....	16
3.2.3 Fosfat yataklarındaki nadir toprak elementlerinin önemi.....	17
3.3. Değerli Elementlerin Fosfat Üretimine Etkisi	20
3.4. Sürdürülebilir Madencilik Yaklaşımları.....	21
3.5. Fosfat Yan Kayaçlarında Değerli Elementlerin Çıkarılması ve İşlenmesi.....	21
3.5.1. Değerli elementlerin çıkarılması yöntemleri ve teknolojileri.....	23
3.6. Fosfat Yan Kayaçları ve Çevresel Sürdürülebilirlik.....	23
4. MATERYAL VE METOD	25
4.1. Saha Çalışması.....	25
4.2. XRF ANALİZİ	27
4.2.1 XRF analiz sonuçları	28
4.2.2 Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.....	30
5. TEZ ÇALIŞMASINDA ELE ALINAN KONULARIN ÖNEMİ VE ETKİLERİ.....	35
6. ÖNERİLER ve SONUÇLAR.....	36
7. KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ	41

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Mazıdağı çevresinin jeolojik haritası (Umut, 2011)	4
Şekil 2.2. Bölgenin stratigrafik kesiti (Tetiker, Yıldırım, 2021).....	5
Şekil 2.3. Yer bulduru haritası	6



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Pano 20’den kalker numunesinin analiz sonucu	28
Tablo 4.2. Pano 35’ten çörtlü kalker numunesinin analiz sonucu	29
Tablo 4.3. Pano 25’ten alınan kalker numunesinin analiz sonucu.....	30
Tablo 4.4. Pano 75’ten alınan kireçtaşı numunesin analiz sonucu	31
Tablo 4.5. Pano 75’ten alınan silis numunesinin analiz sonucu	32
Tablo 4.6. Pano 652’den alınan çört numunesinin analiz sonucu	33



RESİMLER LİSTESİ

Resim 4.1. Sahadan alınan numuneler (Orjinal)	26
Resim 4.2. Maden sahası genel görünüm (Orjinal)	26
Resim 4.3. Maden aynası (Orjinal)	27



KISALTMALAR LİSTESİ

NTE	: Nadir Toprak Elementleri
A.Ş.	: Anonim Şirketi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
XRF	: X-Işını Floresans
L.O.I.	: Yanma Kaybı Tayini



ÖZET

Fosfat yan kayaçları, fosfat mineralizasyonu sırasında farklı elementleri yüksek konsantrasyonlarda içerebilen materyallerdir. Bu durum, fosfat yan kayaçlarını değerli kaynakları olarak ön plana çıkarır ve fosfat madenciliği sırasında bu elementlerin geri kazanılması açısından önem arz etmektedir. Değerli elementlerin fosfat yan kayaçlarından çıkarılması, düşük konsantrasyonları ve karmaşık kimyasal yapıları nedeniyle teknik ve ekonomik dezavantajları kapsamaktadır. Bu süreç genellikle çeşitli kimyasal ve fiziksel işlemleri kapsar ve bu işlemlerin optimizasyonu maliyet etkinliği ve çevresel etkiler açısından önem taşır. Ayrıca tez çalışması kapsamında nadir toprak elementlerinin ekonomik değer taşıyor olabilirliği göz önünde bulundurulmuştur. Ekonomik olarak, fosfat yan kayaçlarından değerli elementleri geri kazanmak, bu elementlere olan küresel talebi karşılamak için alternatif bir kaynak sunmaktadır. Bu yaklaşım, değerli elementlerin geleneksel kaynaklarına olan bağımlılığı azaltabilir. Ayrıca, fosfat yan kayacında oluşabilecek değerli elementler fosfat madenciliği endüstrisi için ek gelir kaynağı oluşturarak ekonomik verimlilik sağlayabilir. Çevresel açıdan, fosfat yan kayaçlarının değerli elementler açısından değerlendirilmesi, atık malzemelerin yeniden kullanımını teşvik eder ve çevresel etkileri azaltabilir. Bu yaklaşım, fosfat madenciliğinin toplam çevresel ayak izini düşürmeye yardımcı olabilir ve atık yönetimi stratejilerinin bir parçası olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle, fosfat yan kayaçlarının değerli elementlerin varlığı açısından değerlendirilmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli fırsatlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fosfat madenciliği, fosfat yan kayaçları, nadir toprak elementleri, sürdürülebilirlik, değerli elementler

ABSTRACT

Investigation of The Range Rocks of Mazıdağı (Mardin) Phosphate Deposits

Phosphate host rocks are materials that can absorb different elements during phosphate mineralization and contain these elements in high concentrations. This situation highlights phosphate host rocks as valuable resources and is important for the recovery of these elements during phosphate mining. The extraction of valuable elements from phosphate host rocks involves technical and economic disadvantages due to their low concentrations and complex chemical structures. This process often involves various chemical and physical processes, and optimization of these processes is important in terms of cost effectiveness and environmental impacts. In addition, the possibility that rare earth elements may have economic value was taken into consideration in the thesis study. Economically, recovering valuable elements from phosphate host rocks offers an alternative source to meet the global demand for these elements. This approach can reduce dependence on traditional sources of valuable elements. In addition, valuable elements that may occur in the phosphate host rock can provide economic efficiency by creating an additional source of income for the phosphate mining industry. From an environmental perspective, utilizing phosphate host rocks for valuable elements promotes the reuse of waste materials and can reduce environmental impacts. This approach could help reduce the overall environmental footprint of phosphate mining and could be considered as part of waste management strategies. Therefore, evaluation of phosphate host rocks for the presence of valuable elements offers important opportunities both economically and environmentally.

Keywords: Phosphate mining, phosphate siderites, rare earth elements, sustainability, valuable elements

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında artan hammadde ihtiyacı, araştırmaların odağını maden aramalarına çevirmektedir. Teknolojik gelişmelere ve ortaya çıkan yeni teknolojik alanlara paralel olarak nadir toprak elementleri önemli rol almış ve günümüzde bu gelişmelerin olmazsa olmazı haline gelmiştir. Değerli elementler ile birlikte nadir toprak elementleri günümüzde birçok farklı sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Nadir toprak elementleri (NTE); havacılık endüstrisi, pil teknolojileri, mıknatıslarda, lazerde ve daha pek çok farklı sektörde kullanılmaktadır.

Önemli ekonomik gelişmelerle birlikte artan kaynak ihtiyacından dolayı gelişmiş ülkeler kaynaklarda çeşitliliğe yönelmişlerdir. Dünya pazarında nadir toprak elementlere en büyük talep Çin ekonomisinden gelmektedir. Yaşam koşullarındaki değişmelerle birlikte nadir toprak elementlere olan talep, gelişmelere bağlı olarak artmaktadır (MTA, 2017).

1.1. Tezin Önemi ve Amacı

Elektronik ve yenilenebilir enerji sistemlerinden tıbbi ekipman ve savunma uygulamalarına kadar ileri teknolojilerin hızlı büyümesi, değerli elementlere yönelik benzeri görülmemiş bir talebe yol açmıştır. Nadir toprak elementleri ile birlikte son dönemde gündeme gelen gelişmelerle birlikte bu elementler, çok sayıda modern cihazın minyatürleştirilmesini, verimliliğini ve performansını sağlayan benzersiz özellikleri nedeniyle vazgeçilmezdir. Ancak, ekonomik açıdan uygun kaynakların sınırlı olması ve üretimin birkaç jeopolitik bölgede yoğunlaşmasıyla ilgili endişeler, küresel değerli element tedarik zincirlerinin istikrarı ve sürdürülebilirliği konusunda ciddi endişelere neden olmaktadır. Bu zorluklar karşısında, fosfat ana kayaları alternatif değerli element kaynakları arayışında önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır.

Fosfat yatakları, genellikle dünya tarımındaki hayati rolleriyle bilinen gübre üretimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yataklar, değerli element içerikleri nedeniyle dikkat çekmektedir. Yaygın olarak farklı jeolojik ortamlara dağılan bu yataklar, mineral toplulukları içinde çeşitli değerli element konsantrasyonlarını içermektedir. Bu değişkenlik, fosfatın birincil kaynağı, ilişkili mineraller ve yatağın jeolojik geçmişi de dahil olmak üzere bir dizi jeolojik ve jeokimyasal faktöre bağlıdır.

Bu tezin temel amacı, fosfat barındıran kayaların değerli elementler açısından potansiyel bir kaynak olup olmadığını detaylı bir şekilde araştırmaktır.

1.2. Tezin Kapsamı

Bu çalışmanın ilk bölümünde, genel bilgilerle anlam ve önemi, amaç ve kapsam özetlenmeye çalışılmıştır. İkinci bölümde, çalışma alanının jeolojisi hakkında bilgiler sunulmuş, aynı zamanda bu bölgede daha önce gerçekleştirilen çalışmalar gözden geçirilmiştir. Üçüncü bölüm, geniş bir literatür taramasına yer verilmiştir. Burada fosfat madenciliği, tez kapsamında incelenen değerli elementler ve nadir toprak elementleri hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Dördüncü bölümde, arazi ve laboratuvar çalışmalarına geniş bir yer ayrılmıştır. Bu bölümde, sahadan alınan örnekler derlenmiş ve ardından laboratuvar ortamında gerçekleştirilen XRF çalışmaları bu bölümde toplanmıştır. Son olarak, yapılan analizler yorumlanarak çalışma sonlandırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

2.1. Çalışma Alanı Jeolojisi

Mardin/Mazıdağı bölgesinde, Güneydoğu Anadolu Otoktonuna ait olan bir yüzeyde Üst Kratese yaşlı Karababa Formasyonu görülmektedir. Bu formasyon, fosfat içeren kayaç seviyeleri ile karakterize edilir (Tetiker ve Yıldırım, 2021).

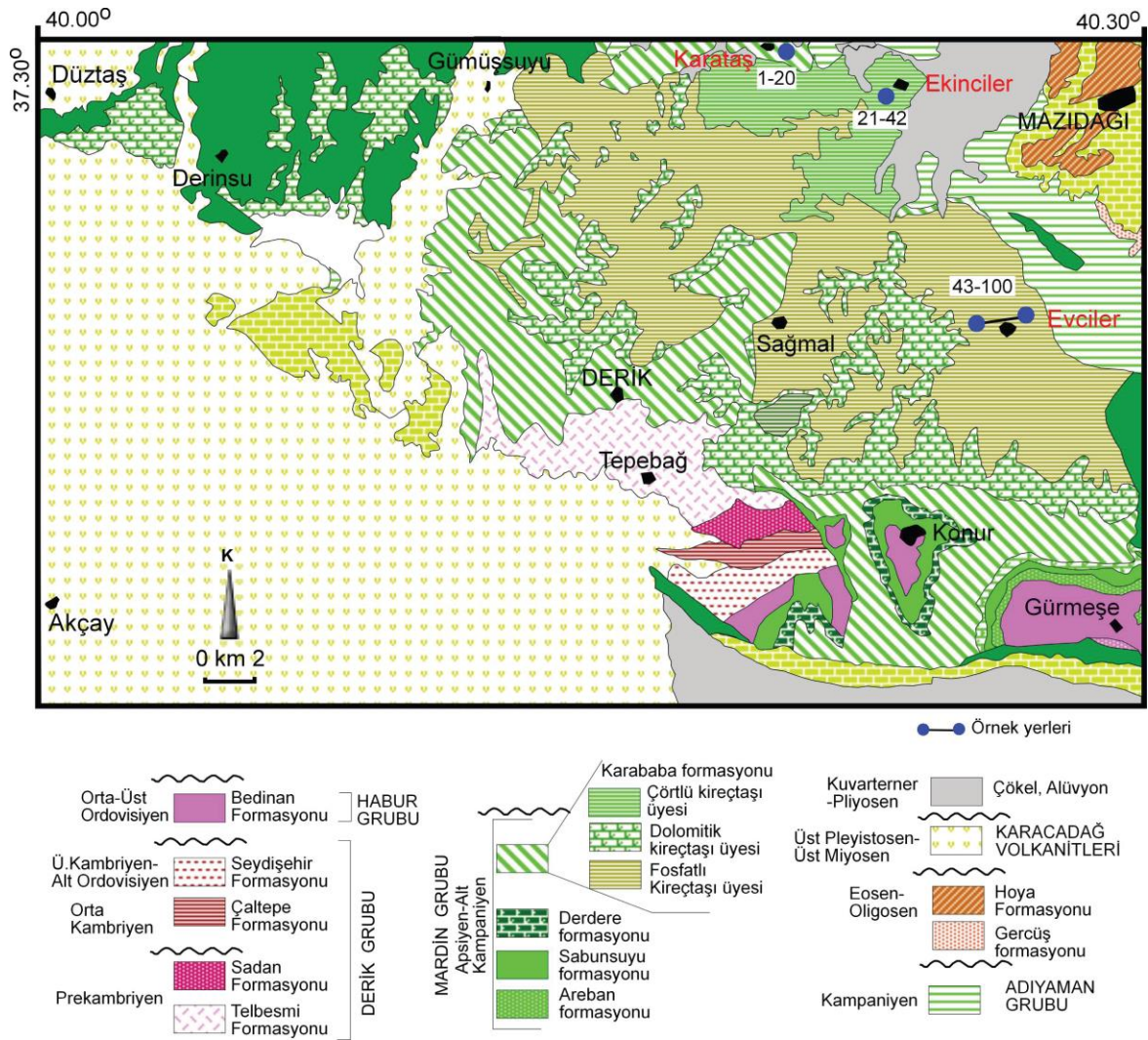
Mardin/Mazıdağı bölgesinin jeolojisi, Paleozoyik dönemden başlayan karmaşık tektono-stratigrafik evrimsel bir süreçte sahiptir. Bölge, esas olarak metamorfik kayaçlardan oluşan Mardin Metamorfitleri ile özgün bir yapıya sahiptir. Mardin Metamorfitleri, ardalanmış gnays, mikaşist, amfibolit, mermer ve kireçtaşı içerir. Bu metamorfik kayaçların oluşumu, esas olarak çeşitli tektonik olayların etkisi altında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla, kuzeyden güneye doğru ilerleyen tektonik kuvvetlerin etkisiyle şekillenmiş ve bu süreçte faylanma, kıvrılma ve çatlamlar önemli rol oynamıştır (Şengör ve ark., 1985)

Bölgenin jeolojik yapısı, yeraltı kaynakları ve çevresel özellikleriyle birlikte değerlendirildiğinde, Mardin/Mazıdağı'nın potansiyel ekonomik değeri vurgulanır. Bu jeolojik formasyonlar, madencilik endüstrisi açısından önemli kaynakları içerebilmektedir. (Doğan ve Pınar, 2017).

Tez çalışmasının yürütüldüğü Karababa Formasyonu ise karbonatlı kayaçlardan oluşmaktadır. Mardin-Mazıdağı yöresinde bulunan Karababa Formasyonu, Üst Kretase dönemine ait fosfat içeren sedimanter kayaçlardan oluşan önemli bir jeolojik oluşumdur. Formasyon, genellikle üç ana üyeye ayrılmaktadır: Karataş, Ekinciler ve Evciler üyeleri. Karataş üyesi, belirgin fosforit tabakalarını içermektedirken, Ekinciler üyesi kireçtaşı-marn ardalanmalarını, ve Evciler üyesi ise killi kireçtaşını barındırmaktadır. Bu formasyonun bileşimi, fosforit kayaçları ve mikritik kireçtaşları gibi çeşitli mineralleri içermektedir. Bunlar arasında apatit, kalsit, kuvars, dolomit ve kil mineralleri bulunur. Ayrıca, omurgasız fosil parçaları da dahil olmak üzere kemik parçaları, balık dişleri ve brakiyopod kabukları gibi fosil kalıntılarına sıkça rastlanmaktadır. Karababa Formasyonu'nun oluşumu, genellikle sığ, kıyıya yakın veya düşük enerjili denizel ortamlarda gerçekleştiği düşünülmektedir. Bu fosfat oluşumları, Neotetis okyanusunun jeolojik evrimiyle ilişkilendirilen tektonik hareketler ve deniz seviyesindeki değişimlerle bağlantılı olarak biyojenik ve biyojeokimyasal süreçler sonucunda ortaya çıkmıştır. Özellikle Çemberlitaş petrol

sahasında rezervuar kayaçları olarak belirginleşen bu formasyon, mikrofasiyes, çökelme ortamı ve sekans stratigrafisi gibi çeşitli analizlerle incelenmiştir. Bununla birlikte, formasyonun rezervuar özelliklerinin erken ve geç diyajenez süreçleriyle nasıl değiştiği de detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Tüm bu bulgular, Karababa Formasyonu'nun jeolojik ve petrol jeolojisi açısından büyük öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bu formasyonun yapısal, mineralojik ve paleontolojik özellikleri, bölgesel jeolojik evrim ve çevresel değişimlerin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır (Mülayim ve ark., 2015).

Mardin/Mazıdağı ve çevresinin jeolojisi ile birlikte Karababa Formasyonunun dağılımı Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Mazıdağı çevresinin jeolojik haritası (Umut, 2011)

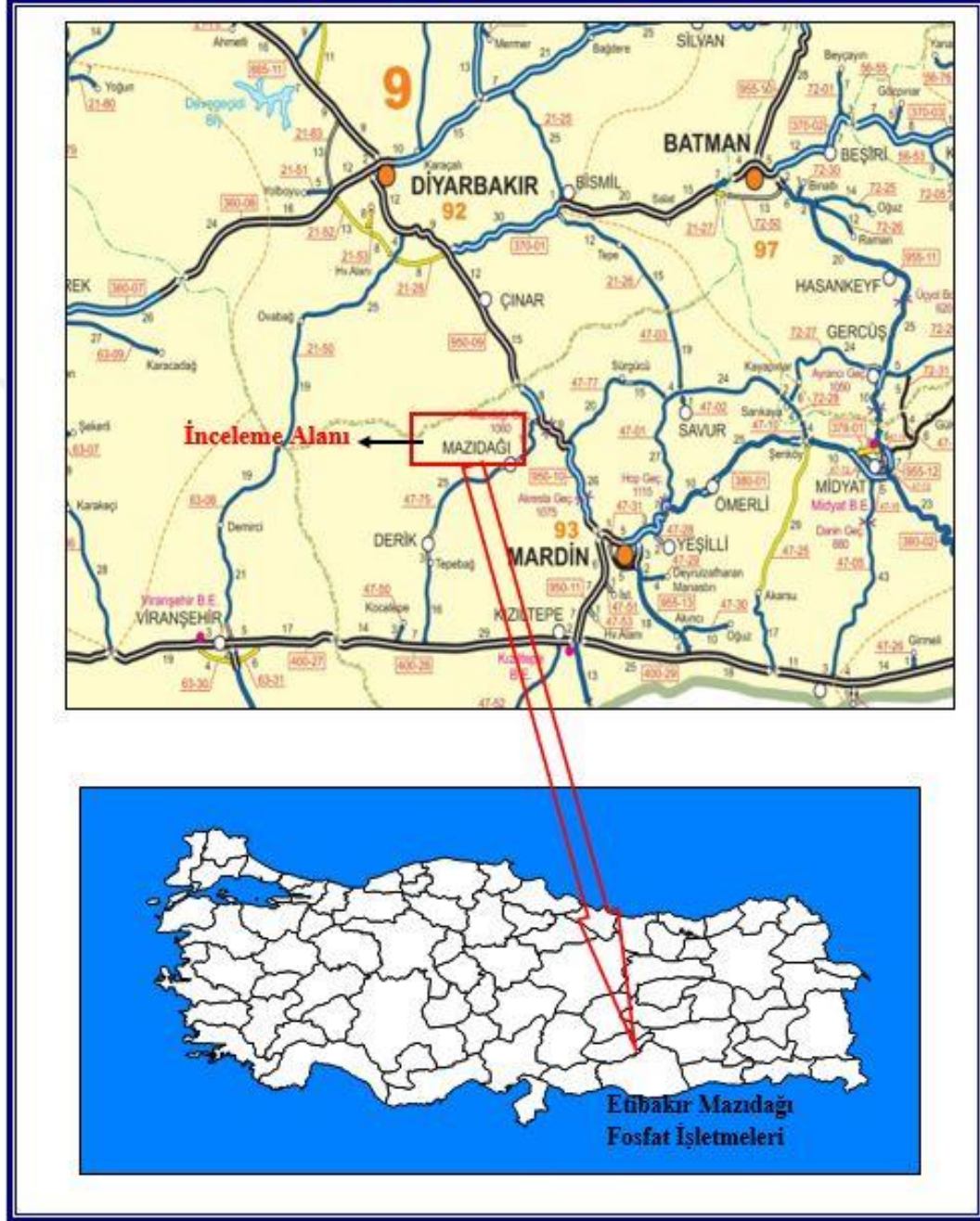
Tez çalışması kapsamında, çalışma yapılan bölgenin litolojik kesiti Şekil 2.1.2’de aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

SİSTEM	YAŞ		GRUP	FORMASYON	ÜYE	KALINLIK	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	ÇÖKELME ORTAMI
	SERİ	GRUP							
KRETASE	KAMPAİYEN	ADIIYAMAN	KARABOĞAZ			50 m		Kireçtaşı: Gri-beyaz renkli ince tabakalı 83.6 MYÖ	
	KONİYASİYEN - ALT SANTONİYEN	MARDİN	KARABABA	Evçiler		137 m		Kireçtaşı: Gri-bej renkli yapraklanmalı, killi, kavkılı Marn: Gri-brj renkli kireçtaşı arakatlı, çört yumrulu Çört: Bej renkli tabakalı Kireçtaşı: Gri-bej renkli çört yumrulu	SIĞ DENİZ (Kıyı ötesi)
				Ekinciler		70 m		Kireçtaşı: Krem-bej renkli, mikritik/sparitik, sert tabakalı, konkoidal kırılmalı, fosil kavkılı Marn: Sarımsı-bej renkli Dolomit: Bej renkli, tabakalı Kireçtaşı: Sarımsı-bej renkli, mikritik, kavkılı	SIĞ DENİZ (Kıyı ilerisi)
				Karataş		32 m		Fosforit: Çört yumrulu, gri-bej-kahve renkli, ince taneli, balık dişleri, kemik ve kavkılı Çört: Gri-bej renkli, yumrulu Kireçtaşı: Krem renkli, mikritik, kavkılı, fosfatlı ve çört yumrulu Fosforit: Gri-bej renkli pelletik, ince taneli, çörtlü, kemik ve kavkılı	SIĞ DENİZ (Kıyı yakını)
	SENOMANIYEN		DERDERE			183 m		Kireçtaşı: Beyaz, orta-kalın tabakalı, marn arakatlı	

Şekil 2.2. Bölgenin stratigrafik kesiti (Tetiker, Yıldırım, 2021)

2.2.Yer Bulduru Haritası

Yer bulduru haritası aşağıdaki gibi Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Yer bulduru haritası

2.3.Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı ve çevresindeki litolojik birimlerin, stratigrafik ilişkilerinin, yaşlandırma verilerinin ve tektonik evrimlerinin belirlenmesi amacıyla MTA (Maden Tetkik ve Arama) tarafından Mardin/Mazıdağı bölgesinde kapsamlı jeolojik araştırmalar yürütülmüştür. Bu araştırmalar kapsamında, çalışma alanı ve çevresindeki litolojik birimlerin tanımlanması, stratigrafik ilişkilerinin ortaya konulması, yaşlandırma verilerinin elde edilmesi ve tektonik evrimlerinin incelenmesi gibi konular ele alınmıştır. Bu sayede, bölgenin jeolojik tarihi, oluşum mekanizmaları, jeodinamik özellikleri ve jeotektonik konumu gibi çeşitli perspektiflerden değerlendirilmiştir. Bu araştırmaların sonuçları, bölgenin jeolojik yapısına ilişkin çok yönlü ve ayrıntılı bilgilerin sunulduğu bir rapor halinde hazırlanmıştır.

Nitekim Beer'in (1966) de aktardığına göre Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (M.T.A.) tarafından, 1960 sonbaharında Derik-Mazıdağı bölgesinde gerçekleştirilen ilk fosfat prospeksiyonu, önemli bilimsel gelişmelere yol açmıştır. Bu dönemde, J. Wipperf, Kretasesedimanları içinde fosfat endikasyonlarına işaret eden ilk jeolog olarak öne çıkmıştır. Ardından, 1961 yılında, R. Sheldon, Mining Assistance Commission'dan aldığı destekle, söz konusu bölgedeki fosfatların ekonomik açıdan önemli olduğunu ilk defa ispatlamıştır. R. Sheldon ve N. Tolun, Güneydoğu Türkiye'deki fosfat yatakları üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiş olsalar da özellikle Taşıt horizonunu detaylı bir şekilde ele almamışlardır. M.T.A. Enstitüsü, 1962 yılında geniş kapsamlı bir fosfat etüdü düzenleyerek Derik-Mazıdağı çevresini incelemiş ve öncelikle Derik'in kuzeybatısındaki rezervleri ele almıştır. Bu çalışmalar daha sonra T. Kines ekibi tarafından keşfedilen Taşıt-Mahlebik rezervlerine doğru genişletilmiştir. 1965 yılında, M. Slansky ve Ch. Monciardini (B.R.G.M.) tarafından gerçekleştirilen ilginç etüdler, fosfat rezervlerinin genetik sorunlarının çözümüne önemli katkılarda bulunmuştur.

Tez konusu kapsamında çalışma alanını oluşturan Karababa Formasyonunda, farklı alanlarda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu konuda Tetiker ve Yıldırım'ın (2021) aktardığına göre Beer (1966, 1967) tarafından yapılan çalışmalar, bölgede üç farklı fasiyes ve iki fosfat horizonunu tanımlamıştır. Berker (1972), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Hatay ile Hakkâri arasında geniş bir alanı kapsayan ekonomik cevher zonlarını rapor etmiştir. Arda ve diğerleri (1976), Mazıdağı-Karataş bölgesi fosfat cevherlerine yönelik gerçekleştirdikleri jeokimyasal çalışmalara dayanarak, bölgede U₃O₈ ve F rezervlerinin

bulundugunu belirtmişlerdir.Çoban (1987), yaptığı çalışmada Üst Kretase yaşlı neritik kireçtaşları ile Derik-Mazıdağı fosfatları arasında şelf ortamında deniz seviyesinin yükseldiği süreçlerde çökelen farklı yapıdaki fosfat oluşumlarının mineralojik bileşimlerini saptamıştır. Varol (1989), Mazıdağı fosfatlarının Üst Kretase döneminde yükselen derin deniz sularının şelf zonuna fosfat sağladığı ve zoofitoplankton (diyatom) kaynaklı zengin organik çamurun fosfatın ana kaynağını oluşturduğunu belirtmiştir. İmamoğlu ve diğerleri (2009), Batı Kasrik üyesi (Konyasiyen-Santoniyen) fosfatlarının erken diyajenetik süreçlerle ve çevresinde detritik getiri olmayan sedimentasyon alanlarının tektonik yükselmesine bağlı olarak oluştuğunu açıklamışlardır.Bu çalışmalar, bilimsel anlamda önemli bir dönemeçoluşturarak Türkiye'nin fosfat potansiyeli konusundaki bilgi birikimini artırmıştır.

3. LİTERATÜR TARAMASI

3.1. Fosfat Yatakları ve Oluşumu

Gübreler için hayati fosfor kaynakları olarak küresel tarım uygulamalarındaki rolleriyle tanınan fosfat yatakları, nadir toprak elementleri ve potansiyeldeğerli element depoları için ilgi çekici adaylar olarak ortaya çıkmıştır. Bu jeolojik oluşumları şekillendiren karmaşık süreçler jeolojik çağları kapsar ve sayısız faktörden etkilenir. Oluşum mekanizmalarının derinlemesine anlaşılması, bu yataklardaki değerli elementlerin zenginleştirme olanaklarının ortaya çıkarılması için temel teşkil etmektedir (Emsbove ark., 2015).

3.1.1. Fosfat yataklarının jeolojik oluşumu

Fosfat yataklarının oluşumu, geniş zamansal ölçeklerde ortaya çıkan biyolojik, kimyasal ve fiziksel süreçler arasındaki karmaşık etkileşimlerin bir sonucudur. Bu süreçler, fosfor bakımından zengin minerallerin yoğunlaşmasına elverişli belirli çevresel koşullar altında gelişme eğilimindedir. Çeşitli fosfat yatakları sınıflarının- tortul, magmatik ve metamorfik- her biri, temelde kendilerini ortaya çıkaran jeolojik bağlama dayanan ayırt edici özelliklere sahiptir. Fosfat yatakları sınıfları şu şekilde sıralanabilir (Notholt ve ark., 2005):

- ✓ Tortul Fosfat Yatakları: Yaygın ve ekonomik açıdan önemli olan tortul fosfat yatakları ağırlıklı olarak deniz ortamlarında gelişir. Kökenleri, özellikle balık, kabuklu deniz hayvanları ve mikroskobik plankton gibi deniz organizmalarından elde edilen organik kalıntıların birikmesine dayanır. Uzun süreler boyunca, bu organik malzemeler deniz tabanında birikir ve daha sonra sıkıştırma, çökeltme ve litifikasyon süreçlerinden geçer. Bu organik açıdan zengin tortuların kademeli olarak dönüşümü, fosfat kayalarının birincil kaynaklarını oluşturan fosforit yataklarının oluşumuyla sonuçlanır. Bu fosforit yatakları, fosfat taşıyan baskın mineral apatit olmak üzere bir mineral bileşimidir. Özellikle, apatit sadece fosfor barındırmakla kalmaz, aynı zamanda kristal yapısı içinde önemli miktarda NTE içeriği taşıma potansiyeline de sahiptir.

- ✓ **Magmatik Fosfat Yatakları:** Sedimanter benzerlerinin aksine, magmatik fosfat yatakları fosfor içeren magmanın kristalleşmesi sonucu ortaya çıkar. Bu yataklar genellikle alkalin veya karbonatitintrüzyonları ile birlikte görülür. Bu intrüzyonların benzersiz termal koşulları, fosfor bakımından zengin minerallerin ve nadir toprak elementlerinin birleşmesini kolaylaştırır. Bu intrüzyonların soğuması ve katılaşması sırasında, kristalleşme süreci apatit ve çeşitli fosfat minerallerini çökeltir ve elementlerin kafes yapıları içinde hapsedilmesi için bir yol sağlar.
- ✓ **Metamorfik Fosfat Yatakları:** Metamorfik fosfat yatakları, önceden var olan fosfat bakımından zengin kayaçların yüksek sıcaklıklar ve basınçlar altında dönüşümünün bir sonucudur. Bu metamorfik yolculuk tipik olarak tektonik güçlere ve jeolojik dönüşümlere maruz kalan tortul veya magmatik fosfat yataklarının başına gelir. Bu metamorfik süreçler boyunca, orijinal yatakların mineral bileşimi derin değişikliklere uğrar. Hem fosfor hem de değerli elementler barındırmasıyla bilinen apatit minerali bu koşullar altında parçalanabilir ve böylece element içeriği çevreye yayılabilir. Bu elementlerin daha sonra yeniden çökmesi, bitişik kaya oluşumları içinde gerçekleşebilir ve bu kritik elementlerin dağılımını ve potansiyel zenginleşmesini kolaylaştırabilir.

Fosfat yataklarının oluşumu, karmaşık biyolojik, kimyasal ve jeolojik koreografilerle karakterize edilen dünyanın dinamik güçleriyle iç içe geçmiş karmaşık bir süreçtir. Bu süreçler bir dizi jeolojik arka planda fosfor ve elementlerin yoğunlaşmasıyla sonuçlanır. Oluşum mekanizmalarının nüanslarını kavramak, potansiyel değerli elementler bakımından zengin fosfat yataklarını tanımanın ve sürdürülebilir kullanımları için stratejiler geliştirmenin anahtarıdır.

3.1.2. Fosfat yataklarının coğrafi dağılımı

Fosfat yataklarının dünya genelindeki dağılımı, milyonlarca yıl boyunca Dünya yüzeyini şekillendiren karmaşık jeolojik, paleo-çevresel ve tektonik süreçlerin bir sonucudur. Bu yataklar eski okyanuslar, kıtasal kara kütleleri ve jeolojik güçler arasındaki dinamik etkileşimleri yansıtan çeşitli jeolojik ortamlarda bulunur. Fosfat yataklarının coğrafi değişkenliği hem fosfor hem de değerli elementlerle birlikte nadir toprak

elementleri potansiyel kaynakları hakkında değerli bilgiler sağlar ve stratejik önemlerinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar (Cooper vd., 2011).

*Deniz Fosfat Yatakları:*Eski okyanuslarda oluşan deniz fosfat yatakları, çeşitli kıtalarda yaygın olarak dağılmıştır. Bu tortular, deniz organizmalarının iskelet kalıntıları ve fosfatlı tortuların çökmesi gibi deniz biyogenik malzemelerinin birikiminden ortaya çıkar. Nauru, Banaba ve Christmas Adası da dahil olmak üzere Pasifik Adaları önemli deniz fosfat rezervlerine ev sahipliği yapmaktadır. Bu adalar, deniz yaşamının geliştiği ve fosfat bakımından zengin tortu katmanlarını geride bıraktığı batık volkanların kalıntılarıdır. Kuzey Afrika (örneğin Fas, Tunus, Cezayir) ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Florida gibi bölgelerin kıta sahanlıkları da önemli deniz fosfat yataklarına sahiptir (Föllmi, 1996).

Karasal Fosfat Yatakları: Karasal fosfat yatakları kıtasal ortamlarda bulunur ve tortul, magmatik ve metamorfik yataklar gibi jeolojik kökenlerine göre şu şekilde sınıflandırılabilir (Burnett ve Riggs, 1990):

✓ Tortul Karasal Yataklar: Tortul fosfat yatakları, eski deniz havzaları, gölsel ortamlar ve nehir vadileri de dahil olmak üzere çeşitli jeolojik ortamlarda meydana gelir. Kuzey Afrika bölgesi, özellikle Fas ve Batı Sahra, dünyanın en büyük tortul fosfat yataklarından bazılarını sahiptir. Bu tortular, fosfat bakımından zengin tortuların milyonlarca yıl boyunca biriktiği eski deniz ortamlarının kalıntılarıdır. Tortul karasal yatakların diğer örnekleri arasında Batı Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Phosphoria Formasyonu ve Eosen River Formasyonu yer almaktadır.

✓ Magmatik Karasal Yataklar: Magmatik fosfat yatakları tortul olanlara göre nispeten daha az yaygındır, ancak benzersiz fosfor ve değerli elementler bakımından kaynaklar sunarlar. Bu yataklar, alkali veya karbonatit intrüzyonlarında fosfat bakımından zengin magmaların kristalleşmesinden kaynaklanır. Kayda değer örnekler arasında Güney Afrika'daki Palabora Kompleksi ve Rusya'daki Kola Yarımadası yer almaktadır ve her ikisi de farklı elementlerce zenginleştirilmiş apatit bakımından zengin cevherlerin varlığı ile karakterize edilir.

✓ Metamorfik Karasal Yataklar: Metamorfik fosfat yatakları genellikle önceden var olan fosfatça zengin kayaların yüksek sıcaklıklar ve basınçlar altında dönüşümü ile ilişkilidir. Bu yataklar, dağ oluşturma süreçleri gibi yoğun jeolojik faaliyetlerin olduğu bölgelerde bulunabilir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Appalachians ve Avrupa'daki Alpler, tektonik güçlere maruz kalmış, mevcut fosfat

minerallerinin değişmesine ve potansiyel değerlielement zenginleşmesine yol açan metamorfik fosfat yataklarına ev sahipliği yapmaktadır.

Fosfat yataklarının coğrafi dağılımı önemli jeopolitik sonuçlar doğurur, çünkü bol rezervlere sahip ülkeler küresel fosfor ve potansiyel olarak nadir toprak elementleri ve değerli elementler tedarik zincirleri üzerinde etkiye sahiptir. Örneğin Fas, geniş tortul fosfat kaynaklarına sahiptir ve küresel fosfor üretiminde baskın bir rol oynamaktadır. Alternatif NTE ve değerli element kaynakları arayışı hız kazandıkça, önemli fosfat yataklarına sahip bölgeler de NTE ve değerli element kaynakları pazarında kilit oyuncular haline gelmek için kaynaklarından yararlanabilir. Fosfat yatakları için gelecek beklentileri, tarım, gübre ve kimya endüstrilerindeki geleneksel kullanımların ötesine uzanmaktadır. Bu yataklarda element zenginleştirme potansiyeli, değerli element kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve sınırlı coğrafi tedarikçilere bağımlılığın azaltılması için bir yol sağlar. Fosfat ana kayalarından değerli elementlerin çıkarımının entegre edilmesi, geleneksel nadir toprak elementleri ve değerli elementlerin kaynaklarıyla ilişkili jeopolitik ve ekonomik kırılganlıkları azaltarak daha güvenli ve sürdürülebilir bir tedarik zincirine yol açabilir (Emsbo ve ark., 2015).

3.1.3. Fosfat madenciliği ve ekonomik etkileri

Fosfat minerallerinin yatlardan çıkarılması, onlarca yıldır küresel tarım ve sanayide önemli bir rol oynamıştır. Fosfat madenciliğinin ekonomik etkileri, istihdam ve gelir yaratmadan çevresel hususlara kadar çeşitli faktörleri kapsayan çok yönlüdür. Fosfat yataklarının potansiyel değerli elementlerin kaynağı olarak kullanılmasına yönelik ilgi arttıkça, fosfat madenciliğinin ekonomik boyutlarının kapsamlı bir şekilde anlaşılması çok önemli hale gelmektedir. Fosfat madenciliği, jeolojik yatakları çeşitli endüstriler için değerli ürünlere dönüştüren bir dizi adımı içerir. Süreç tipik olarak jeolojik araştırmalar ve ekonomik olarak uygun yatakları bulmak için yapılan keşiflerle başlar. Bir kez tespit edildikten sonra, madencilik operasyonu fosfat taşıyan katmanlara erişmek için aşırı yükün kaldırılmasıyla başlar. Yatağın türüne ve derinliğine bağlı olarak, madencilik teknikleri açık ocak madenciliğinden yeraltı çıkarma yöntemlerine kadar değişebilir. Çıkarma işleminin sonu cevher, fosfat minerallerini istenmeyen maddelerden ayırmak için işlenir. Fosfat içeriğini artırmak ve safsızlıkları azaltmak için yüzdürme, yıkama ve eleme gibi zenginleştirme teknikleri kullanılır. Elde edilen konsantre daha sonra işlenerek gübre,

endüstriyel kimyasallar ve hayvan yemi takviyeleri gibi farklı ürünlere dönüştürülür. Fosfat madenciliği operasyonları, sürdürülebilir uygulamalar sağlamak için su kaynaklarının, atık bertarafının ve çevresel etkilerin dikkatli bir şekilde yönetilmesini gerektirir (Al Rawashdeh ve ark., 2016).

Fosfat madenciliğinin istihdama, devlet gelirlerine ve bölgesel kalkınmaya katkıda bulunarak önemli ekonomik etkileri vardır. Önemli fosfat rezervlerine sahip bölgelerde, madencilik faaliyetleri doğrudan çıkarma, işleme ve nakliye alanlarında istihdam yaratır. Ayrıca, sektörün tedarik zinciri, ekipman imalatı, nakliye ve lojistik gibi ilgili sektörlerde istihdamı teşvik eder. Hükümetler de vergi gelirleri ve telif hakları yoluyla fosfat madenciliğinden faydalanmaktadır. Bu mali katkılar genellikle kamu altyapısının geliştirilmesi, eğitim, sağlık ve diğer sosyal hizmetlere yönlendirilir. Bazı durumlarda, geniş fosfat kaynaklarına sahip ülkeler, ekonomik büyümeyi teşvik etmek ve ekonomilerini çeşitlendirmek için endüstriden yararlanmaktadır. Fosfat madenciliği ekonomik faydalar sunarken, ele alınması gereken çevresel kaygıları da beraberinde getirmektedir. Başlıca zorluklardan biri, aşırı yük ve atıklar da dahil olmak üzere atık malzemelerin yönetimidir. Atıkların uygunsuz şekilde bertaraf edilmesi habitatın bozulmasına, toprak ve su kirliliğine ve yerel ekosistemler üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Madencilik operasyonları çıkarma, işleme ve toz bastırma için önemli su kaynaklarına ihtiyaç duyduğundan, su yönetimi bir diğer kritik husustur. Su kullanımı yerel su kaynaklarını zorlayabilir ve yakındaki su ekosistemlerini etkileyebilir. Ayrıca, fosfat yatakları genellikle uranyum ve toryum gibi eser miktarda radyoaktif elementler içerir ve bunlar doğru yönetilmediği takdirde sağlık ve çevre açısından risk oluşturabilir (Yang ve ark., 2014).

Fosfat yataklarında değerli elementlerin zenginleştirilmesi çalışmaları yapılmasına yönelik ilgi arttıkça, sürdürülebilir madencilik uygulamalarına geçiş zorunlu hale gelmektedir. Hem fosfat hem de değerli elementlerin geri kazanımını dikkate alan entegre yaklaşımlar kaynak kullanımını optimize edebilir ve çevresel etkileri azaltabilir. Çıkarma ve zenginleştirme teknolojilerindeki yenilikler, atık oluşumunu en aza indirirken geri kazanım oranlarını artırabilir. Ayrıca çevresel etkileri azaltma çabaları, mayınlı alanların ıslahını ve restorasyonunu içerir. Etkili ıslah stratejilerinin uygulanması ekosistemlerin yenilenmesine, habitat bozulmasının en aza indirilmesine ve uzun vadeli çevresel bozulmanın önlenmesine yardımcı olabilir. Ekonomik çıkarlar ile çevresel hususların dengelenmesi, fosfat madenciliğinin sürdürülebilir kalkınmasının merkezinde yer almaktadır. Sıkı çevresel düzenlemelerin uygulanması, araştırma ve yeniliğe yatırım

yapılması ve paydaşlar arasında iş birliğinin teşvik edilmesi, fosfat kaynaklarının sorumlu bir şekilde kullanılmasını kolaylaştırabilir. Sektör fosfat yataklarından element geri kazanım potansiyelini araştırırken, en iyi uygulamaların ve teknolojik ilerlemelerin benimsenmesi, ekonomik faydaların uzun vadeli çevre yönetimi ile uyumlu olmasını sağlamak için gerekli olacaktır (Hamed ve ark., 2022).

3.2. Nadir Toprak Elementleri: Tanım ve Özellikler

Tez çalışması kapsamında, fosfat yan kayaçlarında değerli elementler aranmaktadır. Ancak fosfat kayaçları, sadece fosfor gibi temel tarım elementleri için değil, aynı zamanda nadir toprak elementleri ve diğer değerli metaller açısından da zengin bir kaynak olabilir. Bu sebeple, tez içerisinde nadir toprak elementleri hakkında temel bilgilere yer verilmiştir.

Nadir toprak elementleri, endüstriyel ve yüksek teknoloji uygulamalarında kritik öneme sahip olan özel kimyasal özelliklere sahip bir grup elementi içerir. Kimyasal tabloda lantanit grubunu oluşturan 15 elementi içermektedir. Bu grup, periyodik çizelgede geçiş metallerinin bir alt serisini temsil eder. Lantanitler ve NTE, atom numarası 57'den (lantanyum- La) atom numarası 71'e kadar olan elementleri kapsar. Ayrıca, atom numarası 21 olan skandiyum (Sc) ve atom numarası 39 olan itriyum (Y), benzer kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip oldukları için NTE grubuna dahil edilir (Yıldız, 2016; Castor ve Hedrick, 2006). Eşsiz elektronik ve manyetik özellikleri onlara elektronik, yenilenebilir enerji sistemleri, gelişmiş malzemeler ve diğer çeşitli endüstrilerin gelişiminde çok önemli bir rol oynamıştır. NTE'lerin kimyasal özelliklerini anlamak, çeşitli uygulamalarını ve bunların çıkarılması ve kullanılmasıyla ilgili zorlukları anlamak için temeldir.

3.2.1. Nadir toprak elementlerinin kimyasal özellikleri

NTE'lerin kimyasal özellikleri, atomik yapılarından kaynaklanan paylaşılan elektron konfigürasyonlarının bir yansımasıdır. NTE'ler tipik olarak elektronik konfigürasyonlarına göre iki alt gruba ayrılır (Van Gosen ve ark., 2017):

✓ Lantanit Serisi: İlk alt grup, 4f elektron orbitallerinin doldurulmasıyla karakterize edilen lantanit elementlerini içerir. Bu elementler seryumdan (Ce, atom numarası 58) lutesyuma (Lu, atom numarası 71) kadar uzanır. Lantanitler, benzer kimyasal davranışlarına katkıda bulunan benzer dış elektron yapılarını paylaşırlar. Atom numarası

arttıkça atom yarıçapları azalır ve bu da kimyasal reaktivitede öngörülebilir eğilimlere yol açar.

✓ Aktinit Serisi: İkinci alt grup 5f elektron orbitallerini dolduran aktinit elementlerinden oluşur. Bu seri toryumdan (Th, atom numarası 90) lawrensiyuma (Lr, atom numarası 103) kadar uzanır. Aktinitler, 5f orbitallerinin ilave karmaşıklıkları nedeniyle daha da karmaşık elektronik konfigürasyonlar ve kimyasal davranışlar sergilerler.

Temel kimyasal özellikleri ise şu şekildedir (Atwood, 2013):

✓ Benzer Atomik ve İyonik Yarıçaplar: Her bir alt gruptaki NTE'ler, atom numarası arttıkça azalan atomik ve iyonik yarıçap eğilimi gösterir. Boyutlarındaki bu benzerlik, kimyasal benzerliklerine ve ekstraksiyon işlemleri sırasında onları ayırmanın zorluğuna katkıda bulunur.

✓ Oksidasyon Durumları: NTE'ler genellikle çeşitli kimyasal reaksiyonlara girmelerini sağlayan çoklu oksidasyon durumları sergilerler. Oksidasyon durumları tipik olarak lantanitler için +2 ila +4 ve aktinitler için +3 ila +4 arasında değişir. Bu çeşitli oksidasyon durumları, karmaşık koordinasyon bileşiklerinin ve komplekslerinin oluşumu için çok önemlidir.

✓ Kompleksleşme ve Koordinasyon Kimyası: NTE'ler elektron konfigürasyonları nedeniyle çeşitli ligandlarla kolayca koordinasyon kompleksleri oluşturur. Bu kompleksler ilgi çekici özellikler sergileyerek onları katalizörlerde, ısıldayan malzemelerde ve tıbbi görüntüleme ajanlarında temel bileşenler haline getirir.

✓ Paramanyetizma ve Manyetik Özellikler: Birçok NTE eşleşmemiş elektronlara sahiptir, bu da onları paramanyetik ve manyetik alanlara duyarlı hale getirir. Bu özellik, manyetik rezonans görüntülemede (MRI) ve motorlarda ve elektronik cihazlarda kullanılan kalıcı mıknatısların üretimindeki uygulamalarının temelini oluşturur.

✓ Lüminesans ve Optik Özellikler: Bazı NTE'ler, enerji kaynakları tarafından uyarıldıklarında ışık yayan lüminesans sergilerler. Bu özellik floresan aydınlatma, lazerler ve ekranlar ve aydınlatma için fosforlarda uygulama alanı bulur.

✓ Alaşım Oluşumu: NTE'ler diğer metallerle alaşımlar oluşturarak daha fazla mukavemet, korozyon direnci ve ısı direnci gibi arzu edilen özellikler kazandırabilir. Örneğin neodimyum, çeşitli uygulamalarda kullanılan neodimyum-demir-bor mıknatıslarında önemli bir bileşendir.

✓ Radyoaktivite: Özellikle aktinit serisindeki bazı NTE'ler radyoaktiftir. Bu özellik kullanım ve bertaraf için bir zorluk olsa da nükleer enerji ve kanser tedavisi gibi tıbbi uygulamalarda da kullanım alanı bulur.

3.2.2. Nadir toprak elementlerinin endüstriyel kullanım alanları

Nadir Toprak Elementleri (NTE'ler), benzersiz özellikleri ve çok yönlü uygulamaları nedeniyle çok çeşitli endüstrilerde vazgeçilmez bileşenler haline gelmiştir. Elektronik ve yenilenebilir enerjiden, sağlık ve savunmaya kadar NTE'ler teknolojinin ilerlemesinde, performansın artırılmasında ve sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. NTE'lerin endüstriyel kullanımlarını anlamak, modern toplumdaki önemlerini takdir etmek ve geleneksel rezervlerin ötesindeki potansiyel kaynakları keşfetmek için çok önemlidir. NTE'lerin çeşitli özellikleri, her biri belirli hedeflere ulaşmak için farklı özelliklerinden yararlanan çok sayıda endüstriyel uygulamaya kendilerini ödünç verir. NTE'lere büyük ölçüde güvenen bazı kilit sektörler şunlardır (Charalampides ve ark., 2015):

- ✓ Elektronik ve Telekomünikasyon:
- ✓ Mıknatıslar: Neodimyum ve samaryum kobalt mıknatıslar, yüksek manyetik güçleri nedeniyle elektrik motorları, jeneratörler ve hoparlörlerin ayrılmaz bileşenleridir.
- ✓ Ekranlar: Europium renkli ekranlar için kırmızı fosforlarda kullanılırken, itriyum enerji tasarruflu floresan lambalar ve LED ekranlar için fosforlarda kullanılır.
- ✓ Katalizörler: Seryum bazlı katalizörler, zararlı emisyonları azaltmak için otomotiv egzoz sistemlerinde kullanılır.
- ✓ Yenilenebilir Enerji:
- ✓ Rüzgâr Türbinleri: Neodimyum ve disprosyum, rüzgâr türbini jeneratörlerinde kullanılan yüksek performanslı sabit mıknatısların üretimi için gereklidir.
- ✓ Elektrikli Araçlar: NTE'ler, nikel-metal hidrit (NiMH) piller ve lityum-iyon piller dahil olmak üzere elektrikli araç (EV) pilleri için hayati öneme sahiptir.
- ✓ Güneş Pilleri: Lantan ve europium gibi çeşitli NTE'ler güneş pilleri ve panellerinin üretiminde kullanılmaktadır.

- ✓ Sağlık Hizmetleri ve Tıbbi Görüntüleme:
- ✓ MRI Tarayıcıları: Gadolinyum, görüntü kalitesini artırmak için manyetik rezonans görüntülemede (MRI) kontrast madde olarak kullanılır.
- ✓ Kanser Tedavisi: Yttrium-90 ve lutetium-177, belirli kanser türlerinin tedavisinde hedefe yönelik radyasyon tedavilerinde kullanılmaktadır.
- ✓ Savunma ve Havacılık:
- ✓ Füzeler ve Radar Sistemleri: NTE'ler füzeler ve askeri uçaklar için radar sistemlerinde, yönlendirme sistemlerinde ve kontrol sistemlerinde kullanılır.
- ✓ Gece Görüş Cihazları: Europium bazlı fosforlar gece görüş cihazlarında kullanılır ve düşük ışık koşullarında gelişmiş görünürlük sağlar.
- ✓ Gelişmiş Malzemeler ve Alaşımlar:
- ✓ Alaşımlar: NTE'ler çelik ve alüminyum gibi metallere eklenerek güçleri, dayanıklılıkları ve korozyona karşı dirençleri artırılır.
- ✓ Cam ve Seramikler: Europium ve terbium floresan lambalarda, LED ışıklarda ve plazma ekranlarda fosfor üretmek için kullanılır.
- ✓ Çevre Teknolojileri:
- ✓ Katalizörler: Seryum bazlı katalizörler, yanmalı motorlardan yayılan kirleticileri azaltmak için katalitik dönüştürücülerde kullanılır.
- ✓ Verimlilik Arttırıcılar: NTE'ler rafinaj ve petrokimya üretimi gibi endüstriyel süreçlerde enerji verimliliğini artırabilir.
- ✓ İletişim ve Bilgi Teknolojisi:
- ✓ Fiber Optik: Erbiyum katkılı fiber amplifikatörler, telekomünikasyonda fiber optik iletişim sistemlerinde optik sinyalleri yükseltmek için kullanılır.

NTE'lerin geniş kapsamlı uygulamaları, stratejik önemlerinin ve istikrarlı bir arzın güvence altına alınmasıyla ilgili zorlukların altını çizmektedir. Öncelikle birkaç ülkenin hakimiyetinde olan geleneksel NTE kaynakları, tedarik zincirindeki kırılganlıklarla ilgili endişelere yol açmıştır. Fosfat ana kayaları gibi alternatif kaynakların araştırılması, tedarik zincirlerini çeşitlendirme ve kaynak güvenliğini artırma potansiyeli sunmaktadır.

3.2.3. Fosfat yataklarındaki nadir toprak elementlerinin önemi

Fosfat yataklarındaki Nadir Toprak Elementleri (NTE) potansiyeli, kaynak çeşitlendirmesi ve sürdürülebilir çıkarma uygulamaları için yeni yollar açmıştır. Modern

teknolojideki stratejik önemleriyle bilinen bu kritik elementler, fosfatlarla birlikte çıkarılmaları için eşsiz bir fırsat sunmakta ve NTE'lere yönelik artan talebi karşılarken fosfat madenciliği faaliyetlerine değer katmaktadır.

Geleneksel olarak tarımsal gübrelerdeki rolleri nedeniyle değer verilen fosfat yatakları, NTE'lerin deposu olma potansiyelleri nedeniyle dikkat çekmiştir. Fosfat yataklarındaki NTE'lerin önemi birkaç faktörden kaynaklanmaktadır (Hannigan ve Sholkovitz, 2001):

✓ Ortak Üretim Potansiyeli:Fosfat madenciliği operasyonları potansiyel olarak NTE'leri yan ürün olarak birlikte üretebilir ve hem fosfat hem de NTE çıkarımının ekonomik uygulanabilirliğini artırabilir. Bu ortak üretim modeli, madencilik şirketleri için çeşitlendirilmiş bir gelir akışına katkıda bulunabilir ve emtia fiyatlarındaki dalgalanmalarla ilişkili finansal riski azaltabilir.

✓ Stratejik Kaynak Güvenliği:NTE'ler elektronik, yenilenebilir enerji ve savunma dahil olmak üzere çeşitli yüksek teknoloji endüstrilerinde kritik bileşenlerdir. Geleneksel NTE kaynakları genellikle birkaç ülkede yoğunlaşmıştır ve bu da tedarik zinciri kırılganlıklarıyla ilgili endişelere yol açmaktadır. Fosfat yataklarından NTE çıkarımının entegre edilmesi, sınırlı coğrafi tedarikçilere bağımlılığı azaltarak kaynak güvenliğine katkıda bulunabilir.

✓ Çevresel Sinerji:NTE'lerin fosfat yataklarından birlikte çıkarılması sürdürülebilir madencilik uygulamalarıyla uyumlu olabilir. Birçok fosfat yatağı, potansiyel su kirliliği ve habitat bozulması nedeniyle çevresel incelemeyle karşı karşıya olduğundan, NTE geri kazanımının dahil edilmesi, kaynak kullanımını ve atık yönetimini optimize ederek madencilik operasyonlarının daha verimli hale getirilmesi sağlanabilir.

✓ Teknolojik Gelişmeler:Çıkarma ve ayırma teknolojilerindeki yenilikler, fosfat kayaları da dahil olmak üzere karmaşık cevherlerden NTE'lerin geri kazanılmasını giderek daha uygulanabilir hale getirmiştir. Hidrometalurji, solvent ekstraksiyonu ve iyon değişim proseslerindeki gelişmeler NTE geri kazanımının verimliliğini artırarak fosfat ana kayalarından birlikte ekstraksiyonunu daha uygulanabilir hale getirmiştir.

✓ Döngüsel Ekonomi Girişimleri:Kaynakların verimli bir şekilde kullanıldığı, geri dönüştürüldüğü ve yeniden işlendiği döngüsel ekonomi kavramı, NTE'lerin fosfat yatakları ile birlikte çıkarılmasıyla uyumludur. NTE içeren ürünler kullanım ömrü sonunda atık haline geldikçe, fosfat madenciliğinden güvenilir bir ikincil NTE kaynağına sahip

olmak, döngünün kapatılmasına ve birincil NTE üretimine olan ihtiyacın azaltılmasına katkıda bulunabilir.

✓ Araştırma ve Geliştirme Fırsatları:NTE bakımından zengin fosfat yataklarının keşfi, disiplinler arası araştırma ve iş birliği için fırsatlar sunmaktadır. Jeologlar, mineraloglar, kimyagerler ve mühendisler, çıkarma yöntemlerini optimize etmek, verimli ayırma teknikleri geliştirmek ve NTE geri kazanımı ile ilgili zorlukları ele almak için iş birliği yapabilirler.

NTE'ler ve fosfat madenciliği arasındaki ilişki jeolojik, kimyasal ve teknolojik yönleri iç içe geçiren çok yönlü bir ilişkidir. Bu ilişkiyi anlamak, fosfat yataklarındaki NTE'lerin potansiyelini ortaya çıkaracak stratejiler geliştirmek için gereklidir (Emsbo ve ark., 2015):

✓ Jeolojik İlişki:NTE'ler, hem benzer jeokimyasal davranışları hem de bir arada bulunmalarını teşvik eden belirli jeolojik koşullar nedeniyle genellikle fosfat mineralleriyle birlikte bulunur. Apatit gibi fosfat mineralleri kristal yapılarında NTE'leri barındırabilir ve bu da zenginleştirme işlemi sırasında birlikte geri kazanım potansiyeli sunar.

✓ Kimyasal Özellikler:NTE'lerin benzer atomik ve iyonik yarıçapları gibi kimyasal özellikleri, fosfat minerallerinin kristal kafesine dahil edilmelerini sağlar. Fosfat yataklarını oluşturan mineralojik süreçler sırasında NTE'lerin davranışı, yatak içindeki dağılımlarını ve konsantrasyonlarını etkiler.

✓ Ekstraksiyon Zorlukları:NTE'lerin fosfat yataklarından birlikte çıkarılması fırsatlar sunarken, aynı zamanda zorluklar da ortaya çıkarmaktadır. NTE'lerin fosfat minerallerinden ayrılması, atık oluşumunu ve çevresel etkiyi en aza indirirken bu elementleri seçici olarak geri kazanmak için özel işleme teknikleri gerektirir.

✓ Ekonomik Uygulanabilirlik:Birlikte ekstraksiyonun ekonomik uygulanabilirliği NTE konsantrasyonları, işleme maliyetleri ve pazar talebi gibi faktörlere bağlıdır. NTE geri kazanımının mevcut fosfat madenciliği operasyonlarına entegre edilmesi, faydaların ilgili maliyetlerden daha ağır basmasını sağlamak için dikkatli bir ekonomik değerlendirme gerektirir.

✓ Çevresel Hususlar:NTE geri kazanımının faydalarının madencilik operasyonlarının genel sürdürülebilirliğini tehlikeye atmamasını sağlamak için birlikte ekstraksiyonun çevresel etkilerinin değerlendirilmesi gerekir. Uygun atık yönetimi, su

tasarrufu ve ıslah uygulamaları, olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesi için çok önemlidir.

✓ Teknolojik Yenilik:Çıkarma ve ayırma teknolojilerindeki ilerlemeler, fosfat yataklarındaki NTE'lerin potansiyelini ortaya çıkarmanın anahtarıdır. Devam eden araştırma ve geliştirme çalışmaları, NTE geri kazanım yöntemlerinin verimliliğini artırmaya ve seçici ekstraksiyon ve atık yönetimi ile ilgili zorlukları ele almaya odaklanmıştır.

3.3.Değerli Elementlerin Fosfat Üretimine Etkisi

Değerli elementler, fosfat üretimi ve kullanımı alanlarında önemli bir role sahiptir. Fosfat, tarım ve endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan temel bir bileşendir ve nadir toprak elementlerinin bu sürece etkisi, fosfatın verimliliği ve etkinliği üzerinde belirleyici olabilir. Değerli elementlerin fosfatmineralleri içindeki varlığı, bu minerallerin işlenmesi ve rafine edilmesi süreçlerinde önemli etkilere sahiptir. Değerli elementler, fosfat kaynaklarında doğal olarak bulunur ve bu elementlerin fosfat mineral yapısına entegrasyonu, fosfatın çıkarılması ve işlenmesi sırasında bazı zorluklar yaratır. Değerli elementlerin fosfat minerallerine bağlanma biçimi, bu elementlerin ayrıştırılmasını ve arındırılmasını karmaşıktırabilir. Bu durum, fosfat üretimi sırasında ekonomik ve çevresel etkiler yaratır.Değerli elementlerin çevresel etkileri de fosfat üretimi bağlamında önemlidir. Değerli elementlerin fosfat üretimi sırasında ortaya çıkan atık ürünlerde birikmesi, çevresel kirliliğe yol açabilir. Bu atık ürünlerin etkin bir şekilde yönetilmesi ve arındırılması hem ekonomik hem de çevresel açıdan önem taşır. Değerli elementlerin atık yönetimi, fosfat üretimi süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik bir faktördür.Ek olarak, değerli elementlerin fosfat üretimine etkisi, bu elementlerin piyasa değeri ve arz-talep dengesi ile de ilişkilidir. Değerli elementlerin ekonomik değeri, fosfat üretimi sırasında bu elementleri geri kazanma ve yeniden kullanma stratejilerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu stratejiler, fosfat üretiminin maliyet etkinliğini artırırken aynı zamanda değerli elementlerin sürdürülebilir kullanımını da destekler (Şen ve ark., 2012).

Sonuç olarak, değerli elementlerin fosfat üretimine etkisi çok yönlüdür ve bu etkiler, kimyasal, çevresel ve ekonomik boyutları kapsar. Bu elementler fosfat mineralleri ile etkileşimi, fosfat üretiminin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle, fosfat üretimi üzerindeki etkilerini anlamak, bu süreçlerin optimizasyonu ve çevresel etkilerinin azaltılması açısından önemlidir.

3.4. Sürdürülebilir Madencilik Yaklaşımları

Değerli elementler ve nadir toprak elementleri, çağdaş teknolojilerin vazgeçilmez bileşenleri olarak, küresel ekonomide önemli bir yere sahiptir. Ancak, madenciliğin çevresel etkileri, sürdürülebilir madencilik yaklaşımlarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Madencilik, genellikle ağır çevresel etkilere neden olabilir. Bu etkiler, su ve toprak kirliliği, biyoçeşitlilik kaybı ve yüksek enerji tüketimi şeklinde kendini gösterir. Sürdürülebilir madencilik yaklaşımları, bu etkileri azaltmayı hedefler. Bu yaklaşımlar, daha az çevresel zarar veren madencilik tekniklerini, atık yönetimi stratejilerini ve madencilik faaliyetlerinin ekosistemlere olan etkilerini minimize etmeyi içerir. Özellikle, su kaynaklarının korunması ve atık yönetimi, sürdürülebilir madenciliğin temel bileşenleridir. Madencilik sürecinde kullanılan suyun geri dönüştürülmesi ve arıtılması, su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunur. Ayrıca, madencilik atıklarının etkili bir şekilde yönetilmesi, çevreye olan zararlı etkileri azaltır. Bu atıkların yeniden kullanılabilir malzemelere dönüştürülmesi veya güvenli bir şekilde depolanması, çevresel sürdürülebilirliğin önemli bir parçasıdır (Lukowiak ve ark., 2020).

Değerli elementler ve nadir toprak elementleri madenciliğinde enerji verimliliği de kritik bir konudur. Daha verimli madencilik ekipmanları ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma, enerji tüketimini azaltır ve madencilik sürecinin karbon ayak izini düşürür. Ayrıca, yeşil teknolojilere yapılan yatırımlar, madenciliğin çevresel etkilerini daha da azaltabilir. Sürdürülebilir madencilik yaklaşımları, yerel topluluklar ve çevre üzerinde de olumlu etkilere sahiptir. Toplulukların madencilik faaliyetlerine katılımı, sosyal sorumluluk ve yerel ekonomilere katkı, sürdürülebilir madencilik uygulamalarının önemli unsurlarıdır. Bu yaklaşımlar, madencilik faaliyetlerinin yerel topluluklar üzerindeki sosyal ve ekonomik etkilerini dikkate alır ve bu toplulukların korunmasını ve kalkınmasını destekler (Kamenopoulos ve ark., 2016).

3.5. Fosfat Yan Kayaçlarında Değerli Elementlerin Çıkarılması ve İşlenmesi

Fosfat yan kayaçları, fosfat madenciliği sırasında elde edilen ve genellikle atık olarak değerlendirilen ancak değerli elementler açısından zengin olabilecek materyallerdir. Fosfat yan kayaçlarından ekonomik değer taşıyabilecek element çıkarımı, bu elementlerin

düşük konsantrasyonları ve karmaşık kimyasal yapıları nedeniyle zorluklar içerir. Bu süreç, genellikle çeşitli kimyasal ve fiziksel işlemleri kapsar ve bu işlemlerin maliyet etkinliği ve çevresel etkileri önemli faktörlerdir. Elementlerin çıkarımı için kullanılan teknolojiler, bu elementlerin etkili bir şekilde ayrıştırılmasını ve saf hallerde elde edilmesini sağlamak üzere tasarlanmalıdır. Fosfat yan kayaçlarının işlenmesi, bu elementlerin endüstriyel kullanıma uygun hale getirilmesini içerir. Bu süreç, farklı elementlerin saflaştırılması, dönüştürülmesi ve nihai ürünlerin üretimi gibi aşamaları içerebilir. İşleme teknolojilerinin seçimi, hedeflenen elementin türüne ve istenen ürünün özelliklerine bağlıdır (Soukeur ve ark., 2021; Yang ve ark., 2019).

Ekonomik açıdan, fosfat yan kayaçlarından değerli olabilecek elementlerin çıkarılması ve işlenmesi, ek gelir kaynakları yaratma ve kaynakların çeşitlendirilmesi açısından önemlidir. Bu yaklaşım, geleneksel kaynaklara olan bağımlılığı azaltabilir ve madencilik endüstrisinin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir. Çevresel olarak, fosfat yan kayaçlarının değerlendirilmesi, atık yönetimi ve çevresel etkilerin azaltılması açısından faydalıdır. Ancak, bu süreçlerin çevresel etkileri dikkatle yönetilmeli ve sürdürülebilir madencilik uygulamalarına uygun olmalıdır (Chen ve Graedel, 2015).

Fosfat yan kayaçları, değerli olabilecek elementler için potansiyel bir kaynak olarak önem taşır. Fosfat yan kayaçlarından çıkarılan elementlerin zenginleştirilmesi, düşük konsantrasyonlardaki bu elementlerin ekonomik olarak kullanılabilir bir düzeye getirilmesini gerektirir. Zenginleştirme süreçleri, genellikle fiziksel ve kimyasal ayırma tekniklerini içerir. Fiziksel ayırma yöntemleri, elementleri içeren mineral fraksiyonlarını diğer materyallerden ayırmak için kullanılır. Kimyasal işlemler ise bu elementlerin saflığını artırmak ve belirli bileşikler halinde izole etmek için uygulanır. Elementlerin arıtılması, zenginleştirilmiş elementlerin daha da saflaştırılmasını ve nihai kullanım için hazırlanma süreçlerini içermektedir. Arıtma süreçleri, genellikle solvent ekstraksiyonu, iyon değişimi ve elektrokimyasal yöntemler gibi ileri teknoloji işlemleri içerir. Bu işlemler, elementlerin saflığını artırmak ve endüstriyel uygulamalar için uygun hale getirmek amacıyla tasarlanmıştır (Jyothi ve ark., 2020; Florek ve ark., 2014; Liu ve ark., 2020)

Teknolojik yenilikler, fosfat yan kayaçlarından çıkarılan elementlerin zenginleştirilmesi ve arıtılması süreçlerinde önemli bir rol oynar. Gelişmiş ayırma ve saflaştırma teknolojileri, bu süreçlerin verimliliğini ve etkinliğini artırırken enerji tüketimini ve atık üretimini azaltabilir. Bu hem ekonomik verimliliği artırır hem de çevresel etkileri azaltır. Çevresel açıdan, değerli elementlerin zenginleştirilmesi ve

arıtılması süreçlerinin çevre üzerindeki etkileri dikkatle yönetilmelidir. Bu süreçlerin atık üretimi, su ve hava kirliliği gibi çevresel etkileri minimize edilerek sürdürülebilir madencilik uygulamalarına uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Ekonomik olarak, fosfat yan kayaçlarından çıkarılan değerli elementlerin zenginleştirilmesi ve arıtılması, madencilik endüstrisi için ek gelir kaynakları yaratma potansiyeline sahiptir. Bu süreçler, elementlerin kaynaklarının çeşitlendirilmesine ve madencilik faaliyetlerinin ekonomik sürdürülebilirliğine önemli katkılarda bulunabilir (Jyothi ve ark., 2020).

3.5.1. Değerli elementlerin çıkarılması yöntemleri ve teknolojileri

Fosfat yan kayaçlarında potansiyel olarak değerli kaynaklar bulunabilir. Fosfat yan kayaçlarından farklı elementlerin çıkarımı için kullanılan yöntemler, genellikle bu elementlerin düşük konsantrasyonları ve karmaşık kimyasal yapılarına uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu süreçler, genellikle fiziksel ayırma, kimyasal çözünürlük ve metalurjik işlemleri içerir. Fiziksel ayırma teknikleri, kayaçlardan farklı element içeren mineral fraksiyonlarını ayırmak için kullanılır. Kimyasal işlemler, bu elementlerin zenginleştirilmesi ve saf hale getirilmesi için uygulanır. Bu elementlerin çıkarımında kullanılan teknolojik yenilikler, sürecin verimliliğini ve çevresel etkilerini önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin, gelişmiş ayırma ve saflaştırma teknolojileri, değerli elementlerin daha etkin bir şekilde çıkarılmasını sağlar ve atık üretimini azaltabilmektedir. Ayrıca, bu teknolojiler enerji tüketimini ve çevresel zararı azaltarak süreçlerin sürdürülebilirliğine katkıda bulunur. Çıkarım süreçlerinin verimliliği, fosfat yan kayaçlarından elementlerin ekonomik olarak geri kazanılmasının anahtarıdır. Etkin çıkarım yöntemleri, bu elementlerin düşük konsantrasyonlarına rağmen maliyet etkin bir şekilde elde edilmesini sağlar. Bu, kaynaklarının çeşitlendirilmesine ve madencilik endüstrisinin sürdürülebilirliğine önemli katkılarda bulunur (Soukeur vd., 2021; Chen ve Graedel, 2015).

3.6. Fosfat Yan Kayaçları ve Çevresel Sürdürülebilirlik

Fosfat yan kayaçları, fosfat madenciliği sırasında ortaya çıkan ve çeşitli çevresel sorunlara yol açabilen atık ürünlerdir. Fosfat yan kayaçlarının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri, bu kayaçların depolanması, işlenmesi ve atılması sırasında ortaya çıkan çevresel zorluklardan kaynaklanır. Bu atıklar, su kirliliği, toprak erozyonu ve hava kirliliği gibi çeşitli çevresel sorunlara neden olabilir. Bu nedenle, fosfat yan kayaçlarının çevresel

etkilerini azaltmak için etkili yönetim ve kullanım stratejileri geliştirilmesi gerekmektedir.Fosfat yan kayaçlarının yönetimi ve kullanımı ile ilgili sürdürülebilir uygulamalar, bu atıkların etkili bir şekilde değerlendirilmesini ve azaltılmasını içerir. Örneğin, bu kayaçların yeniden işlenmesi ve geri dönüşümü, atık miktarını azaltabilir ve ekonomik değer yaratabilir. Ayrıca, fosfat yan kayaçlarının çevresel zararlarını azaltacak şekilde depolanması ve işlenmesi, sürdürülebilir madencilik uygulamalarının önemli bir parçasıdır.Fosfat yan kayaçlarının çevresel etkileri, su ve hava kirliliği, biyoçeşitlilik üzerindeki olumsuz etkiler ve ekosistemlerin bozulması gibi alanlarda kendini gösterir. Bu nedenle, bu etkileri azaltmak için çevresel standartlara ve düzenlemelere uygun işleme ve atık yönetimi yöntemleri uygulanmalıdır (Fayiha ve Nwoke, 2016; Oelkers ve Valsami-Jones, 2008).

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Saha Çalışması

Maden sahasında gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında, belirlenen noktalardan sistematik bir şekilde numune alımları yapıldı. Belirlenen bu noktalar, alanın jeolojik yapısını temsil etmesi bakımından bilinçli olarak seçilmiş ve 652, 20, 75, 35 ve 25 panoları olarak adlandırılan bölgelerden numune alınmıştır.

Tez çalışması kapsamında numune alımı, fosfat yan kayaçları olan kalker, çört ve kireçtaşı birimlerinden yapılmıştır, zira bu birimler, sahanın jeolojik bileşimini temsil etmesi açısından önemli bulunmuştur. Alınan örnekler, numune torbalarına yerleştirilerek laboratuvara iletilmiştir. Sahadan alınan numuneleri gösteren fotoğrafı Şekil4.1.'de sunulmuştur.



Resim 4.1. Sahadan alınan numuneler (Orijinal)



Resim 4.2. Maden sahası genel görünüm (Orijinal)



Resim 4.3. Maden aynası (Orijinal)

4.2. XRF Analizi

X-Işını Floresans (XRF) spektrometresi, elemental ve kimyasal kompozisyonun belirlenmesinde kritik bir rol oynayan önemli bir analitik cihazdır. Teknolojik ve bilimsel araştırmalarda giderek artan bir öneme sahiptir, bu da hızlı, duyarlı, kullanımı kolay ve malzemeye zarar vermeden çalışabilme özelliklerinden kaynaklanmaktadır (URL-1, 2023). Tez çalışması kapsamında işletme içerisinde kurulan XRF cihazı ile testler gerçekleştirilmiştir. XRF yöntemi kayaç içerisindeki minerallerin tanımlanmasına kullanılan yaygın yöntemlerden bir tanesidir.

Analiz sonuçları, kayaç örneklerinin içerdiği elementlerin ve kimyasal bileşenlerin belirlenmesinde XRF spektrometresinin etkinliğini göstermiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler, bölgedeki jeolojik formasyonların yapısını anlamak ve madencilik faaliyetlerinin optimize edilmesi için önemli bir kaynak sağlamaktadır. Son olarak çalışma bölgesinden toplanan numuneler, Eti Bakır'ın kendi laboratuvarında gerçekleştirilen analiz edilmiş ve tez çalışmasının güvenilirliğini, sonuçlarının sağlamlığını artırılması hedeflenmiştir.

4.2.1. XRFanaliz sonuçları

Çalışma bölgesi üzerinde gerçekleştirilen araştırmada, 6 ayrı noktadan örnekler alınmıştır. Bu örnekler, alanın jeolojik yapısını ve bileşimini anlamak amacıyla laboratuvar ortamında analizlere tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda elde edilen veriler, içerdikleri mineralbilgilerini içeren bir tablo şeklinde sunulmuştur. Bu tablo, çalışma bölgesinin jeolojik yapısını daha iyi anlamak ve belirli jeolojik süreçleri veya formasyonları tanımlamak için değerli bir kaynak olmuştur. Analiz sonuçları, araştırmanın ilerleyen aşamalarında kullanılmak üzere tezin son bölümünde detaylı bir şekilde incelenmiş ve yorumlanmıştır. Böylece analiz sonuçları, çalışma bölgesinin jeolojik özelliklerini daha iyi anlamak ve belirli jeolojik süreçleri veya formasyonları tanımlamak için tezin son bölümünde değerlendirilmiştir.

Sahadan alınan kalker (Pano 20) numunesinin XRF sonucu Tablo4.2.1.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1.Pano 20'den kalker numunesinin analiz sonucu

Numune Kalker (Pano 20)	Başlangıç ağırlığı: 0.8139 gr	Uygulama: WRX ULT 22	Tarih: 13.02.2023
	Katkı ağırlıkları: 8.011 gr	Kalibrasyon: WRX ULT 22	
	Toplam ağırlık: 8.825 gr	Normalizasyon faktörü: 0.9902	
	Son ağırlık: 8.662 gr		
Rapor Adı	Sonuç	Birim	Durum
L.O.İ.	! 19.9700	%	
Fe2O3	0.2633	%	
SO3	0.5450	%	
SiO2	48.1424	%	
P2O5	2.6494	%	
CaO	28.1025	%	
Cr2O3	0.0230	%	
MgO	0.1161	%	
Mn3O4	0.0048	%	
Al2O3	0.0706	%	
PbO	0.0000	%	
Na2O	0.0801	%	
NiO	0.0037	%	
CuO	0.0041	%	

Bao	0.0023	%	
ZrO2	0.0000	%	
K2O	0.0059	%	
ZnO	0.0101	%	
Fe	0.1841	%	
S	0.2180	%	
Cu	0.0033	%	
Zn	0.0081	%	
Mg	0.070	%	
Cr	0.016	%	
Mn	0.0000	%	
Pb	0.0000	%	
Na	0.059	%	
Ni	0.003	%	
K	0.005	%	
Al	0.037	%	
TiO2	0.0000	%	
Sro	0.0175	%	
V2O5	0.0074	%	
HfO2	0.0000	%	
Co3O4	0.0000	%	
Co	0.0000	%	

Sahadan alınan çörtlü kalker (Pano 35) numunesinin XRF sonucu Tablo 4.2.1.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2.Pano 35'ten çörtlü kalker numunesinin analiz sonucu

Numune Çörtlü Kalker (Pano 35)	Başlangıç ağırlığı: 0.8118 gr	Uygulama: WRX ULT22	Tarih: 13.02.2023
	Katkı ağırlıkları: 8.038 gr	Kalibrasyon: WRX ULT 22	
	Toplam ağırlık: 8.850 gr	Normalizasyon faktörü: 1.037	
	Son ağırlık: 8.797 gr		
Rapor Adı	Sonuç	Birim	Durum
L.O.İ.	! 6.5400	%	
Fe2O3	0.2769	%	
SO3	0.7809	%	
SiO2	61.6075	%	
P2O5	9.4596	%	
CaO	20.7808	%	
Cr2O3	0.0257	%	
MgO	0.0715	%	
Mn3O4	0.0040	%	
Al2O3	0.1270	%	
PbO	0.0000	%	
Na2O	0.2288	%	
NiO	0.0029	%	
CuO	0.0067	%	
Bao	0.0025	%	

ZrO ₂	0.0000	%	
K ₂ O	0.0179	%	
ZnO	0.0224	%	
Fe	0.1937	%	
S	0.3124	%	
Cu	0.0053	%	

	Başlangıç ağırlığı: 0.8172 gr	Uygulama: WROXI	Tarih: 16.09.2022
--	-------------------------------	-----------------	-------------------

Zn	0.0180	%	
Mg	0.043	%	
Cr	0.018	%	
Mn	0.0000	%	
Pb	0.0000	%	
Na	0.170	%	
Ni	0.002	%	
K	0.015	%	
Al	0.067	%	
TiO ₂	0.0000	%	
SrO	0.0534	%	
V ₂ O ₅	0.0090	%	
HfO ₂	0.0000	%	
Co ₃ O ₄	0.000	%	
Co	0.000	%	

Sahadan alınan kalker (Pano 25) numunesinin XRF sonucu Tablo4.2.1.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3.Pano 25'ten alınan kalker numunesinin analiz sonucu

	Katkı ağırlıkları: 8.004 gr	Kalibrasyon: WROXI	
	Toplam ağırlık: 8.821 gr	Normalizasyon faktörü: 1.077	
	Son ağırlık: 8.505 gr		
Rapor Adı	Sonuç	Birim	Durum
L.O.İ.	! 38.7300	%	
Fe2O3	0.1250	%	
CaO	0.0000	%	
	Başlangıç ağırlığı: 0.8546 gr	Uygulama:WROXI	Tarih: 10.08.2022
SiO2	0.8747	%	
P2O5	1.3472	%	
CaO	50.2738	%	
Cr2O3	0.0285	%	
MgO	0.1769	%	
Mn3O4	0.0127	%	
Al2O3	0.0856	%	
PbO	0.0000	%	
Na2O	0.1838	%	
NiO	0.0682	%	
CuO	0.0006	%	
Bao	0.0000	%	
ZrO2	0.0000	%	
K2O	0.0074	%	
ZnO	0.0084	%	
Fe	0.0874	%	
S	0.0275	%	
Cu	0.0005	%	
Zn	0.0067	%	
Mg	0.107	%	
Cr	0.020	%	
Mn	0.0000	%	
Pb	0.0000	%	
Na	0.136	%	
Ni	0.054	%	
K	0.006	%	
Al	0.045	%	
TiO2	0.0000	%	
Sro	0.0209	%	
V2O5	0.0043	%	
HfO2	0.0000	%	

Sahadan alınan kireçtaşı (Pano 75) numunesinin XRF sonucu Tablo4.2.1.4.'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4.Pano 75'ten alınan kireçtaşı numunesin analiz sonucu

	Katkı ağırlıkları: 8.128 gr	Kalibrasyon: WROXI	
	Toplam ağırlık: 8.983 gr	Normalizasyon faktörü: 1.177	
	Son ağırlık: 8.772 gr		
Rapor Adı	Sonuç	Birim	Durum
L.O.İ.	! 24.5900	%	
Fe2O3	0.1223	%	
668	0.6885	%	
Numune	Başlangıç ağırlığı: 0.8290 gr	Uygulama: WROXI	Tarih: 17.08.2022
	Katkı ağırlıkları: 8.033 gr	Kalibrasyon: WROXI	
P2O5	15.4484	%	
CaO	57.4714	%	
Cr2O3	0.0117	%	
MgO	0.2253	%	
Mn3O4	0.0033	%	
Al2O3	0.0228	%	
PbO	0.0001	%	
Na2O	0.6882	%	
NiO	0.0000	%	
CuO	0.0029	%	
Bao	0.0142	%	
ZrO2	0.0000	%	
K2O	0.0204	%	
ZnO	0.0371	%	
Fe	0.0856	%	
S	0.2514	%	
Cu	0.0023	%	
Zn	0.0298	%	
Mg	0.136	%	
Cr	0.008	%	
Mn	0.000	%	
Pb	0.000	%	
Na	0.511	%	
Ni	0.0000	%	
K	0.017	%	
Al	0.012	%	
TiO2	0.0000	%	
Sro	0.1166	%	
V2O5	0.0124	%	
HfO2	0.0000	%	

Sahadan alınan silis (Pano 75) numunesinin XRF sonucu Tablo4.2.1.5.'te gösterilmiştir.

Tablo 4.5.Pano 75'ten alınan silis numunesinin analiz sonucu

Silis (Pano 75)	Toplam ağırlık: 8.862 gr	Normalizasyon faktörü: 1.057	
	Son ağırlık: 8.815 gr		
Rapor Adı	Sonuç	Birim	Durum
L.O.İ.	! 5.6500	%	
Fe ₂ O ₃	0.3053	%	
SO ₃	0.0485	%	
Numune	Başlangıç ağırlığı: 0.8014 gr	Uygulama: WRX ULT 22	Tarih: 13.02.2023
	Katkı ağırlıkları: 8.012 gr	Kalibrasyon: WRX ULT 22	
CaO	9.2973	%	
Cr ₂ O ₃	0.0475	%	
MgO	0.0314	%	
Mn ₃ O ₄	0.0013	%	
Al ₂ O ₃	0.0894	%	
PbO	0.0000	%	
Na ₂ O	0.0335	%	
NiO	0.0000	%	
CuO	0.0014	%	
Bao	0.0019	%	
ZrO ₂	0.0000	%	
K ₂ O	0.0040	%	
ZnO	0.0049	%	
Fe	0.2135	%	
S	0.0194	%	
Cu	0.0011	%	
Zn	0.0040	%	
Mg	0.019	%	
Cr	0.032	%	
Mn	0.0000	%	
Pb	0.0000	%	
Na	0.025	%	
Ni	0.000	%	
K	0.003	%	
Al	0.047	%	
TiO ₂	0.0000	%	
Sro	0.0000	%	
V ₂ O ₅	0.0039	%	
HfO ₂	0.0005	%	

Sahadan alınan çört (Pano 652) numunesinin XRF sonucu Tablo4.2.1.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6.Pano 652'den alınan çört numunesinin analiz sonucu

Çört(Pano 652)	Toplam ağırlık: 8.813 gr	Normalizasyon faktörü: 1.026	
	Son ağırlık: 8.708 gr		
Rapor Adı	Sonuç	Birim	Durum
L.O.İ.	! 13.2100	%	
Fe ₂ O ₃	0.3372	%	
SO ₃	0.3260	%	
SiO ₂	27.1528	%	
P ₂ O ₅	17.8996	%	
CaO	39.9136	%	
Cr ₂ O ₃	0.0369	%	
MgO	0.1964	%	
Mn ₃ O ₄	0.0080	%	
Al ₂ O ₃	0.2989	%	
PbO	0.0000	%	
Na ₂ O	0.4395	%	
NiO	0.0046	%	
CuO	0.0038	%	
Bao	0.0044	%	
ZrO ₂	0.0000	%	
K ₂ O	0.0394	%	
ZnO	0.0177	%	
Fe	0.2358	%	
S	0.1304	%	
Cu	0.0030	%	
Zn	0.0142	%	
Mg	0.118	%	
Cr	0.025	%	
Mn	0.0000	%	
Pb	0.0000	%	
Na	0.326	%	
Ni	0.004	%	
K	0.033	%	
Al	0.158	%	
TiO ₂	0.0208	%	
Sro	0.0852	%	
V ₂ O ₅	0.0118	%	
HfO ₂	0.0000	%	
Co ₃ O ₄	0.000	%	
Co	0.000	%	

4.2.2. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında yapılan analizler maden sahasında çalışmaların devam ettiği yönde, stratejik noktalardan seçilmiştir. Böylece numune alımı maden sahasında çalışma yürüten maden arama ekibi ile birlikte yürütülmüştür.

Bu tez çalışması, fosfat yan kayaçlarında alınan örnekler üzerinden XRF analizi yöntemiyle değerli elementler tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarda, beklenen

düzeyde değerli element bulunamamıştır. Bu durum, maden sahasının potansiyelinin değerlendirilmesi açısından önemli bir veri olmuştur. Ayrıca yine gelecekte yapılabilecek olan çalışmalara önemli bir yol haritası sunmuştur.



5. TEZ ÇALIŞMASINDA ELE ALINAN KONULARIN ÖNEMİ VE ETKİLERİ

Bu tezde ele alınan konuların önemi oldukça büyük. Hem değerli elementler hem de nadir toprak elementleri günümüzde birçok endüstride kullanılmaktadır ve birçok yenilikçi teknolojinin temelini oluşturmaktadır. Bu elementlerin önemi özellikle yeşil enerji teknolojileri, elektronik cihazlar, otomotiv endüstrisi, savunma sanayii ve tıbbi cihazlar gibi birçok alanda kullanılmalarıdır.

Ancak, bu elementlerin çıkarılması, işlenmesi ve kullanımı sırasında çevresel etkileri ve sürdürülebilirlik sorunları da ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, bu alandaki araştırmalar sadece endüstri açısından değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal açılardan da önemlidir.

Bu tezde ele alınan konuların etkileri, bu elementlerin kullanımının artmasıyla birlikte ortaya çıkan çevresel ve sosyal etkileri içermektedir. Ayrıca, bu tezde ele alınan konuların, bu elementlerin kullanımının sürdürülebilirliği açısından alternatiflerinin araştırılması ve geliştirilmesi yönünde araştırmacılara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.



6. ÖNERİLER ve SONUÇLAR

Tez çalışmasında ele alınan konular, değerli elementlerin ve nadir toprak elementlerinin önemini ve endüstrideki kullanımlarını açıklamakta ve bu elementlerin üretim sürecindeki çevresel etkileri, sürdürülebilirlik sorunları ve alternatifleri hakkında bilgi vermektedir. Tez çalışması kapsamında ortaya çıkan bazı öneriler şunlar olabilir:

- ✓ Değerli elementlerin veya nadir toprak elementlerinin üretim sürecinde çevresel etkileri azaltmak için daha fazla araştırma yapılmalı ve alternatif üretim yöntemleri geliştirilmelidir.
- ✓ Değerli elementlerin veya nadir toprak elementleri ile ilgili endüstrilerde geri dönüşüm ve yeniden kullanım yöntemleri artırılmalıdır.
- ✓ Değerli elementlerin veya nadir toprak elementlerinin yer dağılımı ve mineralojik yapıları hakkında daha kapsamlı araştırmalar yapılmalıdır.
- ✓ Alternatif teknolojilerin geliştirilmesi için daha fazla yatırım yapılmalıdır.
- ✓ Değerli elementler ile ilgili çalışmaların kapsamının genişletilmesi ve diğer disiplinlerle birlikte daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Bu öneriler ve gelecek çalışma önerileri, nadir toprak elementleri konusunda daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir endüstrinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Fosfat yan kayaçları, fosfat madenciliği sırasında ortaya çıkan ve genellikle atık olarak değerlendirilen malzemelerdir. Ancak, bu yan kayaçlar değerli elementler açısından zengin olabilir ve bu nedenle ekonomik değere sahip potansiyel kaynaklar olarak değerlendirilmektedir.

Fosfat yan kayaçlarının potansiyel element içeriği, genellikle fosfat mineralizasyon süreciyle ilişkilidir. Bu kayaçlar, fosfat minerallerinin oluşumu sırasında önemli derecede elementleri yüksek konsantrasyonlarda içerebilir. Bu durum, fosfat yan kayaçlarını potansiyel kaynağı olarak değerli kılar ve fosfat madenciliği sırasında bu elementlerin geri kazanılmasına yönelik ilgiyi artırmaktadır.

Değerli elementlerin fosfat yan kayaçlarından çıkarılması ve işlenmesi süreçleri, teknik ve ekonomik zorlukları içerir. Bu süreçler, genellikle karmaşık ve maliyetli olabilir, ancak doğru teknolojiler ve yöntemler kullanıldığında etkili ve verimli olabilir. Elementlerin çıkarılması, çeşitli kimyasal ve fiziksel işleme metotları gerektirir ve bu süreçlerin optimizasyonu, maliyet etkinliği ve çevresel etkiler açısından önemlidir.

Ekonomik açıdan, fosfat yan kayaçlarından elementleri geri kazanmak, bu elementlere olan küresel talebi karşılamak için alternatif bir kaynak sunar. Bu yaklaşım, elementlerin geleneksel kaynaklarına olan bağımlılığı azaltabilir ve piyasasının çeşitlendirilmesine katkıda bulunabilir. Ayrıca, fosfat madenciliği endüstrisi için ek gelir kaynağı oluşturarak sürdürülebilirlik ve ekonomik verimlilik sağlayabilir.

Çevresel açıdan, fosfat yan kayaçlarının farklı elementler açısından değerlendirilmesi, atık malzemelerin yeniden kullanımını teşvik eder ve çevresel etkileri

azaltır. Bu yaklaşım, fosfat madenciliğinin toplam çevresel ayak izini düşürmeye yardımcı olabilir ve atık yönetimi stratejilerinin bir parçası olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, fosfat yan kayaçlarının değerli olabilecek elementler açısından değerlendirilmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu yaklaşım, değerli elementlerin kaynaklarının çeşitlendirilmesine, atık malzemelerin değerlendirilmesine ve fosfat madenciliğinin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir. Ancak, bu süreçlerin etkin ve çevre dostu bir şekilde gerçekleştirilmesi için teknolojik yenilikler ve optimize edilmiş işleme metotları gereklidir.



7. KAYNAKLAR

- Al Rawashdeh, R., Campbell, G., Titi, A.,** 2016. The Socio-Economic Impacts Of Mining On Local Communities: The Case Of Jordan. *The Extractive Industries And Society*, 3(2), 494-507.
- Atwood, D. A. (Ed.),** 2013. The rare earth elements: fundamentals and applications. John Wiley & Sons.
- Beer H.,** 1966. Mardin-Derik-Mazıdağı çevresindeki fosfatlı tabakaların jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, Cilt 66, Sayı 66, 1966, 104 – 120.

- Burnett, W. C., Riggs, S. R.,** 1990. Phosphate Deposits Of The World (P. 480).
- Charalampides, G., Vatalis, K. I., Apostoplos, B. Ploutarch-Nikolas, B.,** 2015. Rare earth elements: industrial applications and economic dependency of Europe. *Procedia Economics And Finance*, 24, 126-135.
- Chen, M., Graedel, T. E.,** 2015. The potential for mining trace elements from phosphate rock. *Journal Of Cleaner Production*, 91, 337-346.
- Cooper, J., Lombardi, R., Boardman, D., Carliell-Marquet, C.,** 2011. The Future Distribution And Production of Global Phosphate Rock Reserves. *Resources, Conservation And Recycling*, 57, 78-86.
- Doğan, U., Pınar, A.,** 2017. Assessment of groundwater quality in mazıdağı plain (mardin, turkey) using multivariate statistical techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(1), 2.
- Du, X., Graedel, T. E.,** 2013. Uncovering The End Uses of The Rare Earth Elements. *Science of The Total Environment*, 461, 781-784.
- Emsbo, P., McLaughlin, P. I., Breit, G. N., Du Bray, E. A., Koenig, A. E.,** 2015. Rare Earth Elements In Sedimentary Phosphate Deposits: Solution To The Global Nte Crisis. *Gondwana Research*, 27(2), 776-785.
- Fayiga, A. O., Nwoke, O. C.,** 2016. Phosphate Rock: Origin, Importance, Environmental Impacts, And Future Roles. *Environmental Reviews*, 24(4), 403-415.
- Florek, J., Chalifour, F., Bilodeau, F., Larivière, D., Kleitz, F.,** 2014. Nanostructured Hybrid Materials For The Selective Recovery And Enrichment of Rare Earth Elements. *Advanced Functional Materials*, 24(18), 2668-2676.
- Föllmi, K. B.,** 1996. The Phosphorus Cycle, Phosphogenesis And Marine Phosphate-Rich Deposits. *Earth-Science Reviews*, 40(1-2), 55-124.
- Gwenzi, W., Mupatsi, N. M., Mtisi, M., Mungazi, A. A.,** 2021. Sources And Health Risks Of Rare Earth Elements In Waters. *Water Pollution And Remediation: Heavy Metals*, 1-36.
- Hamed, Y., Khelifi, F., Houda, B., Sâad, A. B., Ncibi, K., Hadji, R., Hamad, A.,** 2022. Phosphate Mining Pollution In Southern Tunisia: Environmental, Epidemiological, And Socioeconomic Investigation. *Environment, Development And Sustainability*, 1-18.
- Hannigan, R. E., Sholkovitz, E. R.,** 2001. The Development Of Middle Rare Earth Element Enrichments In Freshwaters: Weathering Of Phosphate Minerals. *Chemical Geology*, 175(3-4), 495-508.
- Huang, X., Zhang, G., Pan, A., Chen, F., Zheng, C.,** 2016. Protecting The Environment And Public Health From Rare Earth Mining. *Earth's Future*, 4(11), 532-535.

- Jinxia, L. I., Mei, H., Xiuqin, Y. I. N., Jiliang, L. I. U.,** 2010. Effects Of TheAccumulationof TheRare Earth Elements On SoilMacrofaunaCommunity. *Journal Of RareEarths*, 28(6), 957-964.
- Jowitt, S. M., Werner, T. T., Weng, Z., Mudd, G. M.,** 2018. Recycling Of TheRare Earth Elements. *CurrentOpinion İn GreenAndSustainableChemistry*, 13, 1-7.
- Jyothi, R. K., Thenepalli, T., Ahn, J. W., Parhi, P. K., Chung, K. W., Lee, J. Y.,** 2020. Review Of Rare Earth ElementsRecoveryFromSecondaryResourcesForCleanEnergy Technologies: Grand OpportunitiesToCreateWealthFromWaste. *Journal Of CleanerProduction*, 267, 122048.
- Kamenopoulos, S. N., Agioutantis, Z., Komnitsas, K.,** 2016. Framework ForSustainableMining Of Rare Earth Elements. In*RareEarthsIndustry* (Pp. 111-120). Elsevier.
- Klinger, J. M.,** 2018. Rare Earth Elements: Development, SustainabilityAndPolicyİssues. *TheExtractiveIndustriesAndSociety*, 5(1), 1-7.
- Lima, A. T., Ottosen, L.,** 2021. RecoveringRare Earth ElementsFromContaminatedSoils: Critical Overview Of CurrentRemediation Technologies. *Chemosphere*, 265, 129163.
- Liu, H., Zhang, Y., Luan, Y., Yu, H., Li, D.,** 2020. ResearchProgress İn PreparationAndPurification Of Rare Earth Metals. *Metals*, 10(10), 1376.
- Lukowiak, A., Zur, L., Tomala, R., Lamtran, T. N., Bouajaj, A., Strek, W., Ferrari, M.,** 2020. Rare Earth ElementsAnd Urban Mines: Critical StrategiesForSustainable Development. *Ceramics International*, 46(16), 26247-26250.
- Mulayim, O., Mancini, E., Çemen, İ., Yılmaz, İ., Ö.,** 2015.UpperCenomanian-LowerCampanianDerdereand Karababa formations in the Çemberlitaş oilfield, southeasternTurkey: theirmicrofaciesanalyses, depositionalenvironments, andsequencestratigraphy. *TurkishJournal of Earth Sciences*,25: 46-63
- Notholt, A. J. G., Sheldon, R. P., Davidson, D. F. (Eds.),** 2005. *PhosphateDeposits Of The World: Volume 2, PhosphateRockResources* (Vol. 2). Cambridge UniversityPress.
- Oelkers, E. H.,Valsami-Jones, E.,** 2008. Phosphate Mineral ReactivityAnd Global Sustainability. *Elements*, 4(2), 83-87.
- Öztürk, H., Hanilci, N., Altuncu, S., Kacapci, C.,** 2019. Türkiye'ninnadir yer element (NYE) kaynakları: Özellikleri ve kökenlerine genel bir bakış. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*. 159:133-148.
- Pang, X., Li, D., Peng, A.,**2002. Application Of Rare-Earth Elements İn TheAgriculture Of ChinaAndİtsEnvironmentalBehavior İn Soil. *EnvironmentalScienceAndPollutionResearch*, 9, 143-148.

- Rim, K. T.,** 2016. Effects Of Rare Earth Elements On The Environment And Human Health: A Literature Review. *ToxicologyAndEnvironmentalHealthSciences*, 8, 189-200.
- Soukeur, A., Szymczyk, A., Berbar, Y., Amara, M.,**2021. Extraction Of Rare Earth ElementsFromWasteProductsof PhosphateIndustry. *SeparationAndPurificationTechnology*, 256, 117857.
- Şen, P., Kuşçu, E., Ak, S.,** 2012. Nadir Toprak Elementler, Özellikleri, Cevherleşmeleri ve Türkiye Nadir Toprak Element Potansiyeli., Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni.
- Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C. Sakınc, M.,** 1985. Eastern Anatolia: A GeodynamicLaboratory. *Tectonophysics*, 120(1-2), 1-36).
- Umut, M.** 2011. 1/100.000 ölçekli Türkiye JeolojiHaritası, Diyarbakır N 44 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- URL-1,** 2023. <https://merlab.metu.edu.tr/tr/x-isini-floresans-spektometresi>
- Van Gosen, B. S., Verplanck, P. L., Seallı, R. R., Long, K. R., Gambogi, J.,** 2017. *Rare-Earth Elements* (No. 1802-O). Us GeologicalSurvey.
- Yang, X., Makkonen, H. T., Pakkanen, L.,** 2019. Rare Earth Occurrences İn Streams Of Processing A PhosphateOre. *Minerals*, 9(5), 262.
- Yang, Y. Y., Wu, H. N., Shen, S. L., Horpibulsuk, S., Xu, Y. S.,Zhou, Q. H.,**2014. EnvironmentalİmpactsCausedByPhosphateMiningAndEcologicalRestoration: A Case History İn Kunming, China. *Natural Hazards*, 74, 755-770.

