

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL HAMMADDE ATIKLARININ YENİDEN
KULLANIM ALANLARININ İNCELENMESİ
YENİKÖY İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

OZAN ÇITIR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2019

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL HAMMADDE
ATIKLARININ YENİDEN KULLANIM
ALANLARININ İNCELENMESİ
YENİKÖY İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

OZAN ÇITIR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. NİHAL BEKTAŞ

GEBZE
2019

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

INVESTIGATION OF THE RE-USE
AREAS OF INDUSTRIAL RAW MATERIAL
WASTES
YENİKÖY PLANT

OZAN ÇITIR
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
PROF. DR. NİHAL BEKTAŞ

GEBZE
2019

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29/01/2019 tarih ve 2019/07 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 22/02/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Ozan ÇİTİR' ın tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ

ÜYE

: Prof. Dr. Nevim GENÇ

ÜYE

: Prof. Dr. Salim ÖNCEL

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Prof. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU

Gebze Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Bu tez çalışmasında bir endüstriyel hammadde zenginleştirme tesislerinde oluşan atıklarının karakterizasyonu yapıp, yeniden kullanımı alanları incelenmiştir. Endüstriyel hammaddelerin zenginleştirme prosesi olarak özel bir şirkete ait Feldispat Zenginleştirme Tesisi seçilmiştir. Söz konusu zenginleştirme tesisinin tüm hammadde girdileri ile ürün ve atık çıktılarını incelenerek atıkların tekrar kullanılabilirliği belirlenip, özellikle de feldispat flotasyonu atıklarının yeniden kullanılabilirliği konusuna yoğunlaştırılmıştır. Feldispat flotasyonu prosesi beslenen cevher içerisindeki istenmeyen titan, mika vb. malzemelerin feldispat içeriğinde yüzdürülmesi ile daha saf feldispat eldesinin çöktürülmesi daha kaliteli cevher üretilmesi amaçlanmaktadır. İstenmeyen malzemeler ile yüzdürülen atık düşük kalite feldispat cevheri muhteviyatındadır. Feldispat cevheri seramik, vitrifiye ve cam üretim sektörlerinde farklı endüstriyel minerallerden oluşan reçeteler için hammaddelerdir. İncelenen atıklarının alternatif hammadde olarak değerlendirilmesi için seramik üretimi faaliyetleri incelenmiştir. Çalışmaya konu atıkların incelenen fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri, düşük kalite ve koyu renkli ürünlerin üretilmesi için değerlendirilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda feldispat flotasyon atıkları fiziksel olarak kil boyutunda olduğundan permeabilitesinin atıkların düzenli depolama sahalarının kapatılması aşamasında üst tabaka olarak kullanılabilirliği sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak, feldispat flotasyonu atıklarının tehlikelilik analizler ve toprak mineralleri kapsamında yapılan analizler sonucu marjinal tarım arazilerinde rehabilitasyonu için kullanılabilirliği sonucuna da ulaşılmıştır. Ayrıca, flotasyon prosesinden kaynaklanan endüstriyel atıksuların arıtılması sonrası yapılan analizlerde özellikle atıksu içerisindeki katı madde oranının flotasyon prosesinde kullanılabilirliğinin uygun olduğu sonucu varılarak, atıksuyun geri dönüşümlü olarak kapalı sistem kullanımının gerçekleştirilebileceği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel hammadde, Alternatif hammadde, Feldispat flotasyonu, Marjinal tarım arazilerinin rehabilitasyonu.

SUMMARY

In this thesis, the characterization of wastes formed in industrial raw material enrichment plants and their reuse areas were examined. A private feldspar enrichment company was selected as an enrichment process of industrial raw materials. The reusability of all wastes was determined by examining all raw material inputs and outputs include as product or wastes in this enrichment plant. Particular attention was given to the reusability of feldspar flotation wastes. It was aimed to produce desired quality ore by floating undesirable impurities (titanium, mica, etc.) inside raw ore materials. Feldspar; is one of the raw materials used in the ceramic, vitrified and glass production sectors. In order to the wastes to be considered as alternative raw materials, the ceramics industry sector was primarily investigated. The physical, chemical and mineralogical properties of wastes was showed that waste can only be used in low quality and dark colored products. At the same time, feldspar flotation wastes were physically showed in clay size and had the similar permeability, so that it was confirmed that it could be suitable to use as top layer of landfills during the closure stage. Finally, it was concluded that feldspar flotation wastes can be used for the rehabilitation of marginal agricultural lands with according to the result of hazardous and soil minerals analyses undertaken during the thesis study. In addition, the analyses, done after the treatment process of the industrial wastewaters from the flotation process, showed that suspended solid materials in wastewater were under the limit discharge value. Therefore it is safe to use the treated wastewater in the facility as a closed loop water system.

Keywords: Industrial raw materials, Alternative raw materials, Feldspar flotation, Rehabilitation of marginal agricultural lands.

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışmanım Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ' a,

Bütün çalışma hayatım boyunca yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli arkadaşım Cansın AĞAÇ' a,

Ve göstermiş olduğu desteklerinden dolayı sevgili eşim Dr. Berna GÜNDÜZ ÇITIR' a ve dünyadaki tüm bilim insanlarına en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	3
2. MADEN ATIKLARININ YÖNETİMİ	3
2.1. Maden Atıkları	5
2.2. Maden Atıklarının Fiziksel Karakterizasyonu	6
2.2.1. Katı Atıklar	6
2.2.2. Sıvı Atıklar	6
2.2.3. Gaz Atıklar	7
2.3. Maden Atıklarının Kimyasal Karakterizasyonu	7
2.3.1. Metaller ve Yarı Metaller	7
2.3.2. Endüstriyel Mineraller	8
2.3.3. Asit Derecesi	8
2.3.4. İnert Atıklar	8
2.4. Maden Atıklarının Çevresel Etkileri	9
2.4.1. Su Kirliliği	9
2.4.2. Asit Maden Drenajı	9
2.4.3. Toprak Kirliliği	10
2.4.4. Hava Kirliliği	10
2.4.5. Maden Atıklarının Diğer Çevresel Etkileri	10

2.5. Maden Atık Yönetimi Mevzuatı	11
2.5.1. Atık Yönetimi Yönetmeliği	11
2.5.2. Maden Atıkları Yönetmeliği	12
2.5.2.1. Maden Atıkları Yönetmeliği Karakterizasyonu	13
2.5.3. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik	14
2.5.3.1. Düzenli Depolama Tesislerinin Sınıflandırması	15
2.5.3.2. Depo Tabanının Teşkili	16
2.5.3.3. Depo Tesisi Üst Örtüsünün Teşkili	16
2.5.4. Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği	16
3. FELDİSPAT ZENGİNLEŞTİRME İŞLEMİ	18
3.1. Cevher Hazırlama ve Cevher Zenginleştirme	18
3.2. Feldispat Hammaddesinin Tanımı ve Kullanımı	19
3.3. Feldispat Zenginleştirme	21
3.4. Flotasyon İle Cevher Zenginleştirme	23
3.4.1. Flotasyon Yönetiminin Tanımı	23
3.4.2 Feldispatların Flotasyonu	27
4. MATERYAL VE METOT	29
4.1. Çalışma Kapsamında Yapılan Deneysel Çalışmalar	30
4.1.1. Fiziksel Analizler Tane Boyutu Analizleri	30
4.1.2. Kimyasal İçerik Analizleri	31
4.1.3. Minerolojik Analizler	33
4.1.4. Sıkıştırma Test Analizleri	34
4.1.5. Toprak Analizleri	34
4.1.6. Atık Tehlikelilik Analizleri	34
4.1.7. Atıksu Analizleri	34
4.2. Çalışılan Tesis	35
4.2.1. Esan Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesis	35
4.2.2. Tesise Girdi Olan Hammaddenin Tanımı ve İçeriği	38
4.2.3. Tesisteki Temel Prosesler	39
4.2.3.1. Kırma Prosesleri	40
4.2.3.2. Zenginleştirme Prosesi	42
4.2.3.3. Değirmen Prosesi	43

4.2.3.4 Manyetik Ayırma Zenginleştirme Prosesi	44
4.2.3.5. Flotasyon Prosesi	46
4.2.3.6. Kurutma Prosesi	47
4.2.3.7. Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi	47
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	50
5.1. Atıklarının Seramik Sektöründe Kullanımı	50
5.2. Atıklarının, Atıkların Düzenli Depolanması Sahalarında Kullanımı	54
5.3. Atıklarının Tarım Alanlarının Rehabilitasyonunda kullanımı	
5.4. Maden Zenginleştirme Tesisi Endüstriyel ve Biyolojik Atıksularının Yeniden Kullanımı	58
6. SONUÇ	61
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	68
EKLER	69

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u> <u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
--	--------------------

a	: + Kırmızı, - Yeşil
b	: + Sarı, - Mavi
Ag	: Gümüş
As	: Arsenik
Al	: Alüminyum
Al ₂ O ₃	: Alüminyum Oksit
B	: Bor
Be	: Berilyum
Bi	: Bizmut
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cu	: Bakır
CaO	: Kalsiyum Oksit
Fe	: Demir
Fe ₂ O ₃	: Demir III Oksit
Hg	: Civa
K	: Geçirimsizlik Katsayısı
K ₂ O	: Potasyum Oksit
L	: Açıklık Koyuluk Parametresi
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
MgO	: Magnezyum Oksit
Na ₂ O	: Sodyum Oksit
Ni	: Nikel
NH ₄	: Amonyum
NO ₃	: Nitrat
Pb	: Kurşun
PO ₄	: Fosfat

Sb	: Antimon
Se	: Selenyum
SiO ₂	: Silisyum Oksit
Sn	: Kalay
SO ₄	: Sülfat
Te	: Tellür
Ti	: Titanyum
TiO ₂	: Titanyum Di Oksit
U	: Uranyum
V	: Vanadyum
W	: Tungsten
Zn	: Çinko
AMD	: Asit Maden Drenajı
A.Z.	: Pişirme Kaybı
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
FAU	: Bulanıklık
ISO 9001	: Kalite Yönetim Sistemi Standardı
ISO 14001	: Çevre Yönetim Sistemi Standardı
ISO 17025	: Laboratuvar Akreditasyon Standardı
KDK	: Katyon Değişim Kapasitesi
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
OHSAS 18001	: İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Standardı
TÜBİTAK -MAM	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu Marmara Araştırma Merkezi
XRD	: X- Işını Kırınım Analiz Yöntemi
XRF	: X- Işını Floresans Analiz Yöntemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1: Atık yönetiminde 5D/5R felsefesi.	2
3.1: Islanabilirlik ve temas açısı kavramlarının gösterimi.	24
3.2: Flotasyon prosesinde mineral tanelerinin hava kabarcığına tutulması ve zenginleşme.	25
3.3: Flotasyon makinasında mekanizmanın işleyişi.	26
3.4: Mineral tanelerinin flotasyon ortamında yüzmesinin şematik gösterimi.	27
3.5: Feldispatların flotasyon ile zenginleştirmesine ait genel akım şeması.	28
4.1: Malvern Mastersizer 3000 cihazı	30
4.2: Malvern Mastersizer 3000 cihazı çıktıları	31
4.3: X-ray diffractometer (XRF) Cihazı.	32
4.4: XRF’de analiz için elde edilen cam tabaka.	32
4.6: Çalışılan tesisin uydu görüntüsü.	37
4.7: Çalışılan tesisin genel vaziyet planı.	38
4.8: Çalışılan tesis genel iş akım şeması.	40
4.9: Kırma prosesi genel akım şeması	41
4.10: Zenginleştirme tesisi iş akış şeması.	43
4.11: Yaş manyetik seperatör genel prensip şeması.	45
5.1: Bölgenin topoğrafyası .	57
5.2: Endüstriyel atıksu arıtma tesisi akım şeması.	58
5.3: Endüstriyel atıksu arıtma tesisi akım şeması sembol ve açıklamaları.	59

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa No:</u>
4.1: Çalışmada yapılan analizler ve kullanılan cihazlar.	30
4.2: Sahalardan üretilen cevherin genel mineralojik içeriği.	39
4.3: Flotasyon prosesinde kullanılan reaktifler.	46
4.4: ESAN Yeniköy Tesisi yaklaşık su kullanım miktarları.	48
5.1: Yeniköy Feldispat madeni zenginleştirme tesisi atığı kimyasal analiz.	51
5.2: Seramik reçetesine kil, kaolen ve feldispat atığı ile kuvars havuz incesi karışımı içeren tüm reçete ile ilgili bilgiler.	51
5.3: Reçetelere ait bilgiler ve analiz sonuçları.	53
5.4: Toprak analizleri sonuçları.	54
5.5: Toprakta ağır metal sınırları.	56
5.6: Proses çıkış suyu, geri kazanım sonrası ve yeraltısuyu analizleri.	59

1. GİRİŞ

Dünyadaki nüfus artışı, teknolojinin ve üretimin hızlı gelişimine buna bağlı olarak çevre sorunları gittikçe artmaktadır. Endüstri devrimi sonrası enerji ve her türlü doğal kaynağın ekonomik ve kolay elde edilebilir olması, doğal çevreye verdiği zararların göz ardı edilmesine neden olmuş ve çeşitli çevre sorunları ve hatta iklim değişikliklerine yol açmaya başlamıştır. Dolayısı ile kontrolsüz şekilde hızla artan sanayileşme ve nüfus artışı sonucunda hammadde ve enerji ihtiyacın sürdürülebilir kaynaklardan sağlanması ihtiyacı da artırmıştır. Bu nedenle ortaya çıkan atıkların yeniden ekonomiye katılmaları ile çevresel etkilerin öncelikle iyi ve doğru şekilde belirlenip buna yönelik önlemler alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

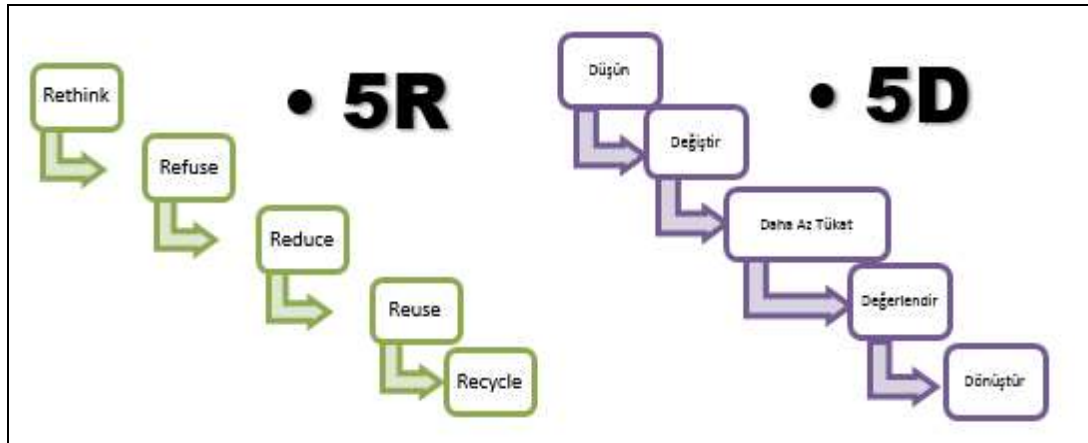
Bu tez çalışmasının konusu, Esan–Eczacıbaşı Yeniköy feldispat zenginleştirme tesisi flotasyon prosesi atıklarından alternatif hammadde olarak değerlendirilmesi olanaklarının araştırılması olarak belirlenmiştir. Çalışma, feldispat flotasyonu tesisi atıkların alternatif hammadde olarak başka bir proseste hammadde girdisi olarak kullanımı ile endüstriyel simbiyoz kapsamında değerlendirilmesi, hem de kullanılan farklı sektör ve alanlarda nihai ürün olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasını kapsamaktadır. Bunun yanında feldispat flotasyonu prosesinden kaynaklanan atıksuların arıtılarak geri dönüşümlü kullanımı ile feldispat flotasyonu prosesi için gerekli su ihtiyacının karşılanması için uygunluğu araştırılmıştır.

Günümüzde en önemli çevresel riskleri taşıyan başlıca etkileri doğru yönetilemeyen atıklar oluşturmaktadır. Literatürde madencilik sektöründe genellikle metallik cevherlerin zenginleştirilmesi sonucu oluşan atıklarının yeniden üretim süreçlerine alınarak daha düşük tenörlü kısmının zenginleştirilmesi ya da atık içindeki farklı metallerin kazanımı kapsamında değerlendirildiği görülmektedir. Son yıllarda endüstriyel hammaddelerde örnek çalışmalar mevcuttur. Günümüzde en önemli çevresel riskleri taşıyan başlıca etkileri doğru yönetilemeyen atıklar oluşturmaktadır. Atıklar, doğru bir şekilde yönetildiği zaman hem çevreye hem de ekonomiye önemli katkılar sağladığı ortaya çıkacaktır. Sınırlı olan doğal kaynakların korunması buna eş olarak çevre ve insan sağlığını korunduğu, atıkların ekonomiye faydalı bir ürün olarak dönüştüğü kaynak kontrolü yaklaşımı maden atıkların yönetilmesinde önemli bir yeri

vardır. Bu çalışmada öncelikle maden atıkları yönetimi 5D/ 5R felsefesi ile yorumlanmıştır.

Atık yönetiminde 5D felsefesi aşağıdaki sıra Şekil 1.1' deki gibi verilebilir:

- Yeniden Düşün: Tüketme ihtiyacını analiz et, ihtiyacım var mı diye yeniden düşün.
- Reddet/Alışkanlığını Değiştir: Sürdürülebilirliğe zararı olduğunu düşündüğün tüketimleri reddet.
- Azalt/Daha az tüket: Hammadde, enerji ve su tüketimlerini azaltıcı önlemler al, kaynakları verimli kullan.
- Yeniden Kullan/Değerlendir: İşe yarayacak malzemeleri (hammadde veya enerji kaynağı) atık olarak değil yeniden kullanılabilir ürün olarak değerlendir.
- Geri Dönüştür: Artık kullanamayacağın malzemeleri geri dönüştürerek, hammaddelerin yeniden ekonomiye katılmalarını sağla.



Şekil 1.1: Atık yönetiminde 5D/5R felsefesi.

Maden atıklarının çevresel etkileri ile fiziksel ve kimyasal olarak karakterizasyonu bu çalışmada irdelenen konuların arasındadır. Kimyasal karakterizasyon metalik, endüstriyel ve inert olmak üzere sektörde başlıca oluşan atıkların tasnif edilmesi için önemlidir. Gelişen çevre teknolojileri ile bu riskler yönetilerek kontrol altına alınabilecek çevresel etkilere dönüştürülmesi mümkündür. Çevresel risklerin arasında acil durumlar, afetler ve büyük endüstriyel kazalar çevresel sorunları arasında öne çıkan riskleridir. Atıkların kontrolsüz olarak havaya, suya, toprağa salınımı sonucu dünyamızı ciddi felaketlerle karşı karşıya getirmektedir. Bu

yüzden özellikle maden sektöründe atıkların yönetimi çevre sorunlarının çözüm için kritik öneme sahiptir.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu çalışma feldispat zenginleştirme proseslerini irdelerken özellikle flotasyon prosesinden çıkan katı ve sıvı atıklara odaklanılmıştır. Bu çalışmada yapılanları üç başlıkta toplayabiliriz; İlk olarak, atık karakterizasyonu yapılarak atıkların değerlendirilebilirliği, ikincisi seramik sektöründe kullanım için gerekli şartları sağlayabilirliği, son olarak da flotasyon prosesinden kaynaklı atıksuların tekrar kullanılabilirliği üzerine çalışılmıştır.

Çalışmada Esan - Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisinin tüm girdi ve çıktıları analiz edilmiştir. Prosesin her aşamasında çıkan atıkların yeniden değerlendirilebilirliği araştırılmıştır.

Zenginleştirme atıksularının geri dönüşümlü olarak kullanımı, endüstriyel simbiyoz kapsamında farklı sektörlerde (özellikle seramik sektöründe) kullanımı, tarımsal kalkınma kapsamında kullanılabilirliği için çalışmalar, atıkların düzenli depolaması projelerinde malzeme için kullanılabilirliği kapsamındaki çalışmalar; bu araştırmanın sonucunda varılacak önemli kazanımlar olacağı düşünülmektedir. “Sürdürülebilir Madencilik” dünyanın ve ülkemizin odaklandığı alanlar arasındadır. Maden sektöründe oldukça fazla olan çevresel risklerin yönetilmesi madencilik faaliyetleri arasında önemlidir. Doğal kaynakların arasında olan maden cevheri dünyamızda sınırsız değildir. Bu yüzden maden cevherinin verimli kullanımı, atıklarının kullanılabilir hale getirilmesi önemlidir. Bu çalışma bu temel felsefe üzerinde odaklanarak hazırlanmıştır.

2. MADEN ATIKLARI YÖNETİMİ

Madencilik altındaki faaliyetler, cevher hazırlama ve metalürjik, fiziksel, kimyasal zenginleştirme ile gerçekleştirilen bir ayrıştırma işlemidir [1]. Madencilik bir mineral veya cevherin ekonomiye kazandırılmasının ilk aşamasıdır. Mineral işleme veya cevher zenginleştirme, fiziksel, kimyasal ve mineralojik olarak ayırmak ve istenen cevheri safsızlaştırmayı hedefler. Maden sahalarında, madencilik prosesleri kırma, öğütme, yerçekimi, manyetik veya elektrostatik ayırma, flotasyon vb. birçok çeşit maden zenginleştirme yöntemleri ile ilişkilidir. Madencilik sektöründe maden çıkartma, cevher hazırlama ve metalürjik, fiziksel, kimyasal zenginleştirme gibi tüm süreçlerde atık üretilir. Maden atıkları katı, sıvı veya gaz olabilir. Bunlar maden sahalarında geniş yer kaplayan, herhangi bir işleme tabi tutulmadan herhangi bir ekonomik değeri olmayan atıklardır. Fakat birçok maden atığının karakterizasyonu yapıldığında yeniden zenginleştirilmesi ya da yeniden kullanımı söz konusudur [1],[2]. Atık yönetimi en genel hatlarıyla atık miktarının kaynakta azaltılması, atıkların yeniden kazanımı, atıkların nihai bertarafı aşamalarını içerir [1]-[3]. Uygun teknik, teknoloji ve yönetim programlarının seçimi ve uygulamasına bütünleşmiş atık yönetimin temelini oluşturur.

Atık yönetimi hiyerarşisi kapsamında maden atıkları ele alındığında, maden atıklarının yeniden kullanıma potansiyeli değerlendirildiğinde atık oluşumun ortadan kaldırılmış olacaktır. Bu kapsamda endüstriyel maden atıklarının yeniden kullanımı alanlarının yaratılması ile atık önlemesi hiyerarşinin başlangıç adımıdır. Tüm sektörlerde olduğu gibi maden sektöründe atık önlenmesi mümkün olmayan durumlar mevcuttur. Bu kapsamda atık içeriğindeki değerli materyaller ayrıştırılarak minimize edilmesi, atıkların yeniden farklı sektör ve amaç için değerlendirmesi ve atıkları tasnif edilerek yeniden kullanım ve geri dönüşümlü süreçlerine dahil edilmesi gerekmektedir. Tüm bu değerlendirmeler sonrasında değerlendirilemeyen atıkların uygun bertarafı hiyerarşinin son basamağıdır. Maden atıkları yönetimde süreç son basamağa kaldığında, alansal olarak pasa sahaları, büyük düzenli atık depolama sahaları gibi topografik yapıyı bozan büyük yığınlar meydana gelmektedir. Maden atık yönetimin en kritik aşaması atık karakterizasyonudur. Atıkların tasnif edilmesi ve depolanması için saha seçiminde karakterizasyon için önemlidir. Maden atıkların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi atık depolaması dizaynı ve saha

tespitinde önemli karar süreçlerini oluşturmaktadır. Atıklarını olumsuz çevre risklerinin yönetilmesi için atık karakterizasyonu yapılmış olması gerekmektedir [2],[4].

Maden atıkların karakterizasyonu atığın yeniden üretim süreçlerinde değerlendirmesi kapsamında önemli bir göstergedir. Yeniden değerlendirme potansiyeli çok düşük ya da hiç olmayan kısmı atık olarak nitelendirilmesi gerekmektedir. Bu tasnif ancak karakterizasyon sayesinde ortaya koyulabilmektedir [5].

2.1. Maden Atıkları

Madencilik, cevher hazırlama ve metalürjik, fiziksel, kimyasal zenginleştirme süreçlerinde katı, sıvı ve gaz atıkları oluşmaktadır. Maden atıkları madencilik faaliyetleri sonucu çıkan katı atıklar, maden çıkartma ve zenginleştirme faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atıklar ve maden sahası ile maden zenginleştirme tesislerinden kaynaklanan sular olarak sınıflanabilir [6].

Madencilik atıkları; metalik cevher mineralleri ve endüstriyel mineraller, metalleri bünyesinde eser olarak bulundursa da temel olarak içermez. Atık kaya/pasa aslında cevher ve madeni üretmek için dekopaj yapılan yan kaya malzemesidir. Endüstriyel Hammaddelerin üretimde, atık kayalara pasa denir. Maden atıklarının jeolojik özellikleri, heterojen sedimanter, metamorfik ve magmatik kayalar, toprak ve gevşek çökeltilerden oluşabilir. Bu kapsamda, boyutları kil boyutu parçacıklardan kaya boyutu parçaları kadar olabilmektedir. Maden atıklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini oluşturan etmeleri; mineralojisi, jeokimyası, türü, madencilik üretim yöntemleri, çıkarılan tanecik boyutları ve nem olarak özetleyebiliriz. Bu malzemelerin ilk oluştuğu alan, örtü tabakasının yüzeyden sıyrılması için yapılan madencilik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan sediment, kaya, toprak özellikle açık işletmelerden kaynaklanır [1],[2].

Zenginleştirme Atıkları, cevher genellikle maden işleme veya zenginleştirme adı verilen fiziksel ve kimyasal bir süreçte elde edilir. Mineral zenginleştirme yöntemleri cevher yıkanması, gravite, manyetik, elektrik veya optik işlemleri sonrası flotasyon sırasında empüri/istenmeyen minerallerinin ayrılması işlemi ile gerçekleştirir. Proses atıkları da söz konusu zenginleştirme aşamaları sonucu ortaya çıkabilir. Üretim aşamaları sonucu oluşan atıkların, çamur, şlam ve mineral zenginleştirme, kömür

yıkama atık sularını da içerir. Atıksuların fiziksel ve kimyasal arıtımı sağlanmadığında bu atıklar su ve yeraltı suyu kirliliğine sebep olabilir. Hava emisyonları, duman, toz, cüruf, yanma ürünleri, atık su gibi çeşitli atık ürünleri maden zenginleştirme proseslerinden ortaya çıkabilir.

Maden atıkları ile kapsamında ve su kirliliğine yol açan başlıca çevresel risk asit maden drenajıdır (AMD). AMD; sülfürlü mineraller içeren, baz metal, uranyum ve metal madenlerinde sık görülen bir oluşumdur [7]-[9]. Asıl oluşumu ise kayaç yığınları, atık barajına terk edilen zenginleştirme atıkları, pirit konsantresi stokları, açık ve kapalı maden işletmeleridir. Asit maden drenajı bu alanlarda meydana gelen sızıntılara ve yüzey drenajlarına bağlı olarak gelişir [8].

2.2. Maden Atıklarının Fiziksel Karakterizasyonu

Madencilik sektöründe maden çıkartma, cevher hazırlama ve metalürjik, fiziksel, kimyasal zenginleştirme gibi tüm süreçlerde atık üretilir. Maden atıkları fiziksel karakterizasyon kapsamında katı, sıvı veya gaz olabilir [5].

2.2.1. Katı Atıklar

Yerüstü madenciliğinde atıkların önemli bölümünü pasa atıklarının miktarsal olarak fazla olmasından dolayı katı atıklar, atıkların büyük bölümünü içerir. Pasa atıkları genelde inert karakterde olduğu için daha az çevresel risk oluşturmaktadır. Ayrıca çok fazla yeniden kullanım örneği olduğu için çevresel etkisinin azaltılması kapsamında önemli bir özeliğe sahiptir [1],[2]. Ayrıca metal ve endüstriyel cevherin zenginleştirilmesi kapsamında istenmeyen/empürite malzemelerin bulunduğu kısımda katı atıklar arasındadır. Bu kapsamda boyut ve içeriğine göre tasnif edilerek ayrı yerde depolanması bu atıkların yönetimi konusunda büyük fayda sağlayacaktır.

2.2.2. Sıvı Atıklar

Maden sektöründe sıvı atıklar ağırlıklı olarak kimyasal ve fiziksel olarak yapılan yıkama benzeri zenginleştirme proseslerinin sonucu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte zenginleştirme proseslerinden çıkan havuz incesi, şlam vb. çamur şeklinde

atıkların içeriğinde tutulan atıklar açısından çamurun susuzlaştırılması yapılacak çalışmalar bertaraf konusunda önemli bir yer tutmaktadır [1],[2]. Maden Zenginleştirme proseslerinde su önemli bir girdidir. Suyun katı kısmından ayrılıp tekrar kullanımı maden sektöründe kritik öneme sahiptir. Geri dönüşümlü olarak kullanımı için suyun uygun şekilde arıtılması gerekmektedir. Ayrıca maden zenginleştirme proseslerinde reaktifler toksik özelliğe sahip olabilirler. Genellikle maden zenginleştirme atığı içinde bulunan metaller ve diğer elementlerin ekotoksik ve toksik özellikleri çevresel olarak risk oluşturmaktadır. Bu reaktiflerin başlıca olanları; Bor (B), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Berilyum (Be), Antimon (Sb), Gümüş (Ag), Arsenik (As), Kurşun (Pb), Cıva (Hg), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Selenyum (Se), Titanyum (T), Uranyum (U), Vanadyum (V), Çinko (Zn) ve Alüminyum (Al) dur. Bu reaktifler, atıksu içerisinde sınır değerleri aşması halinde öldürücü potansiyele bağlıdır [1],[2].

2.2.3. Gaz Atıklar

Maden sektöründe arama işleminden son mamul üretimine kadar toz önemli bir çevre boyutu olarak karşımıza çıkmaktadır. Sondaj, patlatma, nakliye, ocak ve maden zenginleştirme tesisinde depolama, kırma, öğütme gibi süreçlerin tamamında tozuma ile toz çevresel risk oluşturma potansiyeline sahiptir. Ayrıca kurutma ve öğütme gibi maden zenginleştirme proseslerinde de yakma kurutma fırınları için kullanılan yakıtlar sonucu gaz atıkların oluşmasında mümkündür [1],[2].

2.3. Maden Atıklarının Kimyasal Karakterizasyonu

Maden Atıklarının atık depolama şartları kimyasal özellikleri kapsamında değişmektedir. Maden atıklarının çevreyle etkileme potansiyelleri ve salımlarının belirlenmesi için maden atığın kimyasal karakterizasyonu yapılması önemlidir.

2.3.1. Metaller ve Yarı Metaller

Söz konusu elementlerin ve bu elementleri içeren bileşiklerin çoğunluğu kimyasal reaksiyonlarda elektron kaybetme eğilimi, ısı ya da elektrik iletkenliği gibi

önemli kimyasal özellikleri bulunmaktadır. Ağır metallerin çoğunlukla yoğunluğu 6 gr/cm³ ve daha yüksek olanlar olarak kabul gördüğü bilinmektedir. Fe, Cu, Pb, Zn, Sn, Ni, Co, Mo, W, Hg, Cd, In ve Tl bu metallerin önemli olanların arasındadır.[1]. Bazı metaller ise alaşımlarının yerine, endüstride doğrudan kullanılan metaller olarak bilinir. Cu (bakır), Pb (kurşun), Zn (çinko) ve Sn (Kalay) bazı metallerden en çok kullanımı bulunanlar arasındadır [7].

Söz konusu elementler metal ve ametal özelliklerinden bir ya da birkaçını gösterebilen elementler arasındadır. Bu özelliklerinden bazıları; kimyasal tepkimelerde bir ya da daha çok elektron kazanma yeteneği, metallere göre daha düşük ısı ve elektrik iletkenliği yetenekleri olduğu bilinmektedir. Bu elementlerin örnekleri; As (arsenik), Sb (antimon), Bi (bizmut), Se (selenyum) ve Te (tellür) olarak sıralanır [1].

2.3.2. Endüstriyel Mineraller

Maden sahasından ocak faaliyeti ile çıkartılan cevher minerali veya endüstriyel mineral olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel mineraller herhangi bir kayaç, mineral veya doğal olarak varolmuş ekonomik değeri olan materyallerdir. Fakat metalik cevherler, mineral yakıtlar ve değerli taşlar söz konusu tanımın içerisinde yer almaz [10].

2.3.3. Asit Derecesi

Herhangi bir ortamın asidik, bazik ya da nötr olma durumunun belirlenmesini sağlayan kimyasal ölçüt pH değeri olarak tanımlanır. 7 ortamın nötr, 7' den 0' a doğru ortamın artan asitliğini, 7' den 14' e doğru ortamın artan bazikliğini gösterir. Toprağın pH değeri farklı çeşitlerde olabilir. Farklı pH değerlerine göre toprak; asidik toprak, bazik veya nötral olarak tanımlanmaktadır. Topraktaki kimyasal bileşiklerin iyonizasyonunu ve taşıdıkları yükü etkileyerek kimyasalların çözünürlüğünü kontrol edilir. Bu sebeple, toprak ve havalandırma zonu boyunca potansiyel kirleticilerin taşınımını etkileyen başlıca parametreler arasındadır [11].

2.3.4. İnert Atıklar

İnert atık; fiziksel, kimyasal veya biyolojik olarak önemli oranda bir değişime uğramayan, çözünmeyen, yanmayan, fiziksel veya kimyasal olarak reaksiyona girmeyen, biyolojik bozunmaya uğramayan veya temas ettiği maddeleri çevreye veya insan hayatına zarar verecek şekilde etkisi olmayan ve toplam sızıntı özelliği ve ekotoksitesitesi önemsiz miktarda olan, özellikle yüzeysel ve yeraltı suyu kirliliği tehlikesi oluşturmeyen atıklar olarak tanımlanır [10],[11].

2.4. Maden Atıklarının Çevresel Etkileri

Maden atıkları yönetilemediğinde ciddi çevresel riskler oluşturmaktadır. Bu risklerin önemli çevresel etkileri mevcuttur. Bu etkileri su kaynaklarının kalitesinin bozulması, asit maden drenajı oluşumu, toprak kirliliği ve toprak kirliliği ile dolaylı olarak yeraltı sularının kalitesinin bozulması ve atıkların duyarlılık sorunları bu etkilerin başlıca örnekleridir [12].

2.4.1. Su Kirliliği

Uygun Standartlar ve kriterlerde çevreye yapılan salınımlar su kalitesinin bozulmasına sebep olabilir. Kirletici yükü standartların üzerinde olan atıkların çevreye salımı yüzeysel sularla (dere, nehir, akarsu vb.) direk taşınabilir. Ayrıca toprağa kontaminasyon ile yeraltı sularında dolaylı olarak taşınabilir. Bunun yanında, yağmur suları ile kontamine olmuş yüzeysel sularda su kaynakların kirlenmesinde önemli çevresel riskler oluşturmaktadır. Bu kapsamda tesis ve üretim alanının da kuşaklama kanalları ile kontamine olmuş yüzeysel sularında kontrol altına alınması önemlidir. Maden sektöründe oluşan liç, sülfür oksidasyonuna ve asit oksidasyonu oluşumu ve böylece ağır metaller gibi kirleticilerin çevreye salımına neden olur. Su kirliliğine sebep olan ağır metaller çevreye yüksek derecede çevresel tahribata sebep olan atıkların başında gelmektedir [1],[2].

2.4.2. Asit Maden Drenajı

Sülfürlü minerallerin üretim sürecinde okside olması sonucu düşük pH değerine sahip maden sularının Asit Maden Drenajı (AMD) sonucu oluşumlardır [7]. Söz konusu asidik sular çevresel etkileri yüksek atıklardır ve bu atıksuların yeraltı sularına, yüzey sularına ve toprağa salımı insanlara, hayvanlara ve bitkilere zarar verme potansiyeline sahiptir [10]. AMD; sülfürlü mineraller içeren kömür, baz metal, uranyum ve metal madenlerinde sık görülen bir oluşumdur [6]. AMD, hem yüzey sularında hem de yeraltı sularında etkili olabilmektedir. AMD' nin yüzeysel kaynaklara göre yer altı sularına daha fazla etki ettiği düşünülmektedir [7].

2.4.3. Toprak Kirliliği

Maden Sektöründe direkt ve dolaylı olarak toprağa salım sonucunda toprak kirliliğinin ortaya çıkması mümkündür. Maden atıklarının ağır metal içeriği, ince boyutta askıda katı içeriği ve zenginleştirme prosesleri kapsamındaki reaktifler toprak kirliliği oluşturabilecek başlıca etkilere sahiptir. Maden atıklarından kaynaklı toprağın kimyasal yapısının bozulması, toprak pH değişmesi, toprağa toksikolojik maddelerin karışması toprak kalitesinin bozulmasına yol açacaktır. Dolayısıyla ekolojik zararlar ortaya çıkacaktır.

2.4.4. Hava Kirliliği

Maden Sektöründen kaynaklanabilecek hava kirleticiler, hammaddenin aranması, çıkartılması, taşınması ve sonrasında hammaddenin işlenmesi sırasında gerçekleşen kırma, öğütme, eleme, taşıma ve stoklama işlemleri sırasında oluşabilecek partikül maddeler (toz emisyonları) kaynaklanacak gaz kirleticilerdir. Maden üretimi kapsamında üretim süreçleri haricinde hammadde, ara ürün, ürün ve atıklara uygulanan yükleme, boşaltma ve depolama gibi işlemler sırasında da toz emisyonları oluşmaktadır. Bu işlemlerin gerçekleştiği alanlarda esen rüzgâr şiddeti toz emisyonu miktarını arttırmaktadır. Bu nedenle rüzgâr etkisini azaltmak için tesis veya stok sahalarının çevresi ağaçlandırılmakta ya da rüzgâr kesici panellerle çevrelenmekte,

tesis içi yollar tozumu önleyecek şekilde kaplanmakta, taşıma bantları ve aktarma noktalarının üstleri kapatılmakta ve tozlu gazlar filtre edilerek minimize edilmektedir. Bunun yanında kurutma, kuru öğütme gibi üretim süreçlerinde yakma proseslerinde kullanılan yakıtlara bağlı baca gazı emisyonları söz konusudur. LPG, LNG ve Doğal gaz kullanımı ile çevresel etki minimize edilmektedir

2.4.5. Maden Atıkların Diğer Çevresel Etkileri

Maden atıklarının miktarsal olarak fazla olmasından dolayı doğal topografyada hızlı değişiklikleri ortaya çıkarmaktadır. Buna bağlı olarak toprak erozyon, su taşkını gibi çevresel felaketlerin potansiyelini artırmaktadır. Tesislerde kullanılan yardımcı malzemeler ve kimyasalların (Mazot, Reaktifler, LPG, LNG gibi) çevreye salımı, yangın, patlama ve sızıntı gibi durumlar Büyük Endüstriyel Kaza oluşturma riskini barındırır. Ayrıca Madencilik faaliyetleri orman alanları ile içi içe yapıldığı için orman yangınları kapsamında ciddi çevresel riski oluşturmaktadır.

Ayrıca, duraylılık ile ilgili sorunları yığınlar olarak veya atık barajlarında depolanan atıkların fiziksel duraylılığı çok önemli olduğu bilinmektedir. 1975’den bu yana, atık barajlarındaki kazalar, madencilik faaliyetlerinde meydana gelen çevresel olayların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. İnce taneli maden atıkları fiziksel özellikleri açısından suya doygun olduğunda ve basınca maruz kaldığında, harap edici özellikte çamur akışlarına neden olduğu bilinmektedir. Maden atıklarının su kirliliği ve duraysızlık dışında çevre üzerindeki diğer önemli etkileri; görsel kirlilik, arazi verimliliğinin azalması, ekosistemin bozulması, tozlanma ve erozyon olarak ortaya çıkmaktadır [12].

2.5. Maden Atık Yönetimi Mevzuatı

Ülkemizde atık yönetimi politikası atıkların önlenmesi, atıkların kaynağında azaltılması, daha az atık üretilmesi, mümkün olduğunca yeniden kullanılması, geri kazanımı ve geri dönüşümü şeklindedir. Tüm bu seçeneklerin uygulanmayacağı durumda ise nihai bertarafı söz konusudur. Ülkemizde atık konusunda birçok mevzuat mevcuttur. Atık Yönetimi Yönetmeliği kapsamında maden zenginleştirme faaliyetleri kapsam dışı bırakmıştır. Daha önce düzenli depolama sahaları hakkındaki yönetmelik

ile maden atıkları hakkında uygulamalar söz konusu iken, Maden Atıklarını kapsayan mevzuat ilk defa 2015 yılında yapılmıştır. Maden atıkları yönetmeliği tüm sektörü ve konunun her detayının şekillendirildiği bir mevzuat olmuştur. Ayrıca Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği' de atıkların alternatif hammadde olarak kullanımındaki koşullardan bahsedilmektedir [12].

2.5.1. Atık Yönetimi Yönetmeliği

Atık Yönetimi Yönetmeliği; Atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetiminin sağlanması temel amacıdır. Atık oluşumunun azaltılması, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı gibi yollar ile doğal kaynak kullanımının azaltılması ve atık yönetiminin sağlanması yönetmeliğin temelini oluşturmuştur. Atık yönetimi yönetmeliğinin kapsamı dışında bırakılan faaliyetlerin arasında madenlerin aranması, çıkarılması, işleme tabi tutulması veya depolanması sonucu oluşan atıklarda mevcuttur. Yönetmelikte maden atıklarının yan ürün olarak değerlendirilmesi ile ilgili kısım yan ürünler hakkındaki kısımdır. Ancak yönetmelik kapsamında madencilik faaliyetleri alınmadığı için ne kadar yan ürün süreci atık olmayan ürün için uygun olsa da mevzuat kapsamında kısıtlı kalmaktadır [14].

2.5.2. Maden Atıkları Yönetmeliği

Maden Atıklarının Yönetmeliğinin amacı; madenlerin aranması, çıkarılması, hazırlanması/zenginleştirilmesi veya depolanması sonucunda ortaya çıkan atıkların üretiminden nihai bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde yönetilmesi kapsamındaki tüm usul ve esasları içermektedir.

Yönetmeliğin kapsamı madenlerin aranması, çıkarılması, hazırlanması, zenginleştirilmesi veya depolanması sonucunda ortaya çıkan atıkların yönetimi için gerekli olan işlemleri olarak özetlenebilir. Yönetmeliğin kapsamında olmayan faaliyetler ise; maden sahalarında doğrudan madencilik faaliyetlerinden kaynaklanmayan atıkları, maden galerilerine ve sondaj çukurlarına su basılmasını veya yer altı suyunun re-enjeksiyon faaliyetleri olarak belirlenmiştir [15].

Maden atıklarının geçici depolanması, taşınması ve işlenmesi sırasında su, hava, toprak, bitki, hayvan ve insanlar için risk yaratmayacak, gürültü, titreşim ve koku yoluyla rahatsızlığa neden olmayacak, doğal çevrenin olumsuz etkilenmesini önleyecek ve böylece çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek yöntem ve işlemlerin kullanılması esası yönetmelikte belirtilmiştir. Maden atıkların toprağa, denizlere, göllere, akarsulara ve benzeri alıcı ortamlara dökülmesi, doğrudan dolgu yapılması ve depolanması suretiyle çevrenin kirletilmesi yasağı yönetmelikle açıkça belirtilmiştir. Maden atıklarının sürdürülebilir çevre ve insan sağlığı ile sürdürülebilir kalkınma prensipleri göz önünde bulundurularak yönetilmesinde mevcut en iyi teknik ve teknolojilerin seçilmesi ve uygulanması esasları yönetmeliğin temel felsefesini oluşturmaktadır.

Maden atıklarının miktarının azaltılması, işleme tabi tutulması, geri kazanımı, yeniden kullanımı, maden sahası dışında başka bir alanda hammadde olarak kullanılması ve bertarafına yönelik atık yönetim planını yönetmelikte belirtilen hususlara uygun olarak maden atık yönetim planını sunmak yönetmelik kapsamında işletmecinin görev ve yükümlülüklerinin başında gelmektedir. Ayrıca yeni bir proje için ÇED sürecinde söz konusu maden atık yönetim planının ÇED dosyası ile sunulması gerekliliği yönetmelikte belirtilmiştir. Yönetmelik kapsamında hazırlanan maden atığı yönetim planları beş yılda bir revize edilmesi gerekmektedir [16].

Yönetmelik gereğince, maden atıklarının karakterizasyonun ve maden atığı bertaraf tesisin sınıflandırmasını yapmak/yaptırmakla, Maden atıklarının depolandığı tesise ait uygulama projesini yönetmeliğe uygun hazırlamak, Bakanlıkça uygun görülen uygulama projesine göre yapılacak olan maden atıklarının depolandığı tesise ait inşaat denetimini ve inşaat denetimine ait raporlama işlerini Bakanlıkça belirlenen usul ve esaslara göre yaptırmakla, Kategori A maden atığı bertaraf tesisi için finansal garantiyi yaptırmakla, İnert maden atıklarının alan ıslahı, dolgu, restorasyon amaçlı kullanımı veya depolanmasına dair uygun formata hazırladıkları raporu İl Müdürlüklerine sunmakla işletmenin başlıca görev ve sorumlulukları arasında bulunur [15].

Yönetmelik kapsamında Maden atıklarının karakterizasyonu ise aşağıdaki adımlar izlenerek tamamlanır. Maden atıkları; “tehlikeli”, “tehlikesiz” ve “inert” atıklar olarak üç sınıfta toplanır. Maden atıklarının karakterizasyonu ÇED yeterli belgesine ya da çevre danışmanlık yeterli belgesine sahip kurum ve kuruluşlar tarafından yönetmelikteki formata göre yapılır/yaptırılır. Maden atık bertaraf tesisleri

Kategori A ve Kategori B olmak üzere iki sınıfta değerlendirilir. Maden atıklarının depolandığı bertaraf tesisi sınıflandırması yönetmelikte belirtilen kriterlere göre, ÇED yeterlik belgesine ya da çevre danışmanlık yeterlik belgesine sahip kurum ve kuruluşlar tarafından yaptırılması gerekmektedir [15].

2.5.2.1. Maden Atıkları Yönetmeliği Karakterizasyonu

Maden atığının tehlikeli olup olmadığını belirlemek amacıyla; Atık Yönetimi Yönetmeliği'nin ilgili atık listesi ve tehlikelilik özelliklerinin belirlenmesinde yönetmelikçe belirlenen tehlikelilik özellikleri ve yönetmelikte verilen sınır değerler kullanılır. Yapılan analize göre tehlikesiz olarak tanımlanan maden atıklarının karakterizasyonu için ek olarak;

- Proseste kullanılacak kimyasal maddelerin tanımı ve özellikleri,
- Maden atığının jeokimyasal özellikleri ve durumu ile ilgili olarak maden atığının mineralojik ve kimyasal özellikleri ve atığın içerisinde kalmış olabilecek proses katkı maddeleri ya da kalıntıların tanımlanması,
- Maden atığının jeokimyasal özellikleri ve durumu ile ilgili olarak belirli bir zaman aralığında metallerin, oksianyonların ve tuzların pH' a bağlı liç testi ve/veya perkolasyon testi ve/veya zamana bağlı salınımı ve/veya başka uygun testler yoluyla değerlendirmesi,
- Maden atığının jeokimyasal özellikleri ve durumu ile ilgili olarak sülfür (S^{2-}) içeren atıklarda zamanla oluşabilecek asit maden drenajının ve metal liçinin belirlenmesi için statik testlerin ve bunun sonucuna göre gerekirse kinetik testlerin yapılması, gerekmektedir. Bu analiz ve testlere göre ilgili mevzuatta yer alan sınır değerleri aşan atıklar tehlikeli olarak sınıflandırılır [15].

2.5.3. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik

Yönetmeliğin amacı; atıkların düzenli depolama yöntemi ile bertarafı sürecinde; Oluşabilecek sızıntı sularının ve depo gazlarının toprak, hava, yeraltı suları ve yüzeysel suların üzerindeki olumsuz etkilerinin asgari düzeye indirilerek çevre

kirliliğinin önlenmesine, Atıkların türüne göre uygun depo tabanı teknik tasarımlarının yapılması ve düzenli depolama tesislerinin inşa edilmesine, Düzenli depolama tesislerine atık kabulü işlemlerine, Düzenli depolama tesislerinin işletilmesi, kapatılması ile kapatma sonrası kontrol ve bakım süreçlerine, İşletme, kapatma ve kapatma sonrası bakım süreçlerinde sera etkisi de dâhil olmak üzere çevre ve insan sağlığı açısından risk teşkil edebilecek olumsuzlukların önlenmesine, Mevcut düzenli depolama tesislerinin ıslahı, kapatılması ve kapatma sonrası bakım süreçlerine ilişkin teknik ve idari hususlar ile uyulması gereken genel kuralları belirlemektir [16].

Yönetmelik gereğince, düzenli depolama tesislerine ilişkin teknik esaslar ile atıkların düzenli depolama tesislerine kabulü ve atıkların düzenli depolanmasına ilişkin usul ve esaslar ile alınacak önlemleri, yapılacak denetimleri ve tabi olunacak sorumlulukları kapsam olarak belirtilmiştir [16].

Ancak; 31/5/2005 tarihli ve 25831 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinin üçüncü bölümünde yer alan ham çamur, stabilize arıtma çamuru ve kompostun gübreleme veya toprak iyileştirme amacıyla toprağa uygulanmasında, İnert atıkların alan ıslahı, restorasyon veya dolgu amaçlı ve düzenli depolama tesislerinde inşaat amaçlı kullanımında, Su kanalları açılırken çıkarılan tehlikesiz dip çamuru ile yatak ve alt katman toprağı da dâhil olmak üzere yüzeysel sulardaki tehlikesiz nitelikli çamurların, çıkarıldığı yere doldurulmasında, Sadece hizmet verdiği adanın atıklarının kabul edilmesi ve bu tesiste depolanan atıkların türlerini ve miktarlarını gösteren kayıtların tutularak bu kayıtların Bakanlığa yıllık olarak sunulması kaydı ile, adalarda bulunan ve sadece bulunduğu adada oluşan tehlikesiz ve inert atıkların bertarafı amacıyla kullanılan tek düzenli depolama tesisi olma özelliğine sahip, toplam kapasitesi 15000 tonu aşmayan veya depolanan atık miktarı 1000 ton/yıl’ı aşmayan düzenli depolama tesislerinde, Sadece hizmet verdiği izole yerleşim yerinin atıklarının kabul edilmesi ve bu tesiste depolanan atıkların türlerini ve miktarlarını gösteren kayıtların tutularak bu kayıtların Bakanlığa yıllık olarak sunulması kaydı ile, izole yerleşimlerde bulunan ve sadece bu yerleşimlerde oluşan tehlikesiz ve inert atıkların bertarafı amacıyla kullanılan düzenli depolama tesislerinde, Yeraltı depolama sahalarında, Taş ocağı faaliyetleri ile mineral kaynakların aranması, çıkarılması ve işlenmesi sonucu oluşan inert atıkların depolanmasında 5/7/2008 tarihli ve 26927 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmeliğine aykırı olmamak kaydı ile bu Yönetmelik hükümleri uygulanmaz [16].

2.5.3.1. Düzenli Depolama Tesislerinin Sınıflandırılması

Düzenli depolama tesisleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılır: I. sınıf düzenli depolama tesisi: Tehlikeli atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis. II. sınıf düzenli depolama tesisi: Belediye atıkları ile tehlikesiz atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesis. III. sınıf düzenli depolama tesisi: İnert atıkların depolanması için gereken altyapıya sahip tesisler olarak sınıflandırılır [16].

2.5.3.2 Depo Tabanının Teşkili

Düzenli depolama tesisinin tabanı ve yan yüzeylerinde, sızıntı suyunun yeraltı suyuna karışmasını önleyecek şekilde bir geçirimsizlik tabakası teşkil edilir. Bunun için kil veya eşdeğeri malzemeden oluşturulmuş geçirimsizlik tabakası serilir. Geçirimsizlik tabakasının fiziksel, kimyasal, mekanik ve hidrolik özellikleri depolama tesisinin toprak ve yeraltı suları için oluşturacağı potansiyel riskleri önleyecek nitelikte olmak zorundadır. Geçirimsizlik malzemeleri teknik özellik bakımından Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmalıdır. Düzenli depolama tesisi sınıflarına göre depo tabanının asgari özellikleri EK A' da verilen geçirgenlik ve kalınlık özelliklerine sahip olması gerekmektedir [16].

2.5.3.3. Depo Tesis Üst Örtüsünün Teşkili

Atık depolama işlemi tamamen bittikten sonra depolama alanında üst örtü teşkil edilmeden önce, alan normal kazı toprağı örtüsü ile tesviye edilir. Kapatma işlemine başlamadan önce; atıkların veya yapının kayma ve çökme riskine karşı depolanan atık kütlelerinin yeterince oturduğu tespit edilir.

Düzenli depolama tesisi sınıflarına göre, tesisin kurulduğu bölgenin yağış özelliklerinden dolayı kapatma sonrası süreçte sızıntı suyunun oluşumunun engellenmesi ve depoda oluşacak gazların toplanması için depo üst örtüsü asgari özellikleri Ek A' da verilen şartları sağlayacak şekilde teşkil edilmektedir [16].

2.5.4. Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği

Bu Tebliğin amacı, atıkların alternatif hammadde olarak kullanılması, atıktan türetilmiş yakıt hazırlanması ve bu hazırlama tesislerinde bulunması gereken asgari şartlara ilişkin teknik, idari ve uyulması gereken genel kurallar ile atıktan türetilmiş yakıt kullanımı ve beraber yakma tesislerinde ek yakıt olarak kullanılacak atıklara ilişkin esasları belirlemektir [13].

Bu Tebliğ atık listesinde yer alan; Atıktan türetilmiş yakıt hazırlanması ve bu yakıtı hazırlayacak tesislerin teknik ve idari gereksinimlerini, Atıktan türetilmiş yakıt kullanım şartlarını, Atıkların beraber yakma tesislerinde ek yakıt olarak kullanım şartlarını, Atıkların alternatif hammadde olarak proste kullanımına ilişkin şartları, kapsar [13].

Tebliğ gereği alternatif hammadde kullanımına ilişkin genel ilkeler aşağıdaki gibi özetlenebilir; Alternatif hammadde kullanacak tesisler, Bakanlığa bu Tebliğin 1. üncü maddesinde belirtilen bilgi ve belgeler ile başvuru yaparak, alternatif hammadde kullanımı için onay almakla ve Bakanlığa kayıt olmakla yükümlüdür. Çimento, beton, kireç, tuğla, kiremit, seramik ve demir-çelik üretimi yapan tesisler Bakanlıkça uygun görülen atıkları alternatif hammadde olarak kullanabilir. Ayrıca akaryakıt üretimi yapan rafineriler ise akaryakıt atıklarını alternatif hammadde olarak kullanabilir. Atıklarını alternatif hammadde kullanımı amacıyla Bakanlıktan onay almış tesislere verecek işletmeler, atık beyan formunu her yıl takip eden yılın en geç mart ayı sonuna kadar bir önceki yıla ait bilgileri içerecek şekilde Bakanlıkça hazırlanan çevrimiçi programı kullanarak doldurmak, onaylamak, çıktısını almak ve beş yıl boyunca bir nüshasını saklamakla yükümlüdür. Alternatif Hammadde kapsamında başvuru işlemlerinde sunulacak bilgi ve belgeler ekte verilmiştir [13].

3. FELDSPAT ZENGİNLEŞTİRME İŞLEMİ

Ülkemizde üretilen feldispat genel olarak albit (sodyum feldispat) olarak piyasaya sürülmektedir. Feldispat zenginleştirme işlemi demir ve titan içeriği düşük kalitede ürün oluşturmak için gerçekleştirilmektedir. Bazı firmalar da flotasyon yapmadan ocaklarından ve rezervlerinden, flotasyon yapılmadan demir ve titan içeriği düşük olan feldispat üretimi yapmaktadır [17].

Feldispatların zenginleştirilmesinde en fazla uygulanan zenginleştirme yöntemi flotasyon olup, bu yöntem gerek istenmeyen minerallerin ayrılmasında ve gerekse endüstriyel hammaddelerin çeşitli ürünler halinde elde edilmesinde faydalanan etkin bir yöntemdir. Feldispatların zenginleştirilmesinde % 70 – 75 oranında kullanılan bu yöntemle feldispat ve kuvars mineralleri ekonomik olarak kazanılıp, istenmeyen mika, turmalin, gröna ve demiroksitler başarı ile uzaklaştırılmaktadır [18].

3.1. Cevher Hazırlama ve Cevher Zenginleştirme

Cevherler doğada bazen yalnızca bir tek kıymetli mineral içeren kayaç olarak bulunurlar. Bunlara kireçtaşı, kalsit, kuvars, feldispat, kayaçları örnek gösterilebilir. Genelde ise; cevherler doğal olarak bir veya birden fazla kıymetli mineraller ve ayrıca bir veya birden fazla kıymetsiz mineraller içerirler. Ekonomik değer taşıyan kıymetli mineraller doğadan koparıldıkları şekilde direkt kullanılabildikleri gibi çoğu halde de bazı işlemlerin uygulanmasından sonra tüketime sunulabilmektedirler. Çok mineralli bir cevherdeki faydalı mineraller, ancak faydasız minerallerden arındırıldıktan sonra ekonomik olarak değerlendirilebilmektedir. İşte cevherlerdeki kıymetli mineralleri, kıymetsizlerden, ayrıca kıymetlileri de kendi aralarında ayırarak endüstrinin gereksinimine uygun ürünler üretme işlemlerinin tümüne Cevher Hazırlama denilir [19],[20].

Cevher hazırlama işlemleri iki amaca yönelik olarak yapılır. Bunlar;

- Doğadan çıkarıldıkları gibi kullanılabilen kayaçları tüketicinin isteğine uygun hale (tane boyutlarına ve homojenliğine, vs.) getirmek,

- Doğadan çıkarıldıkları gibi kullanılamayan cevherleri zenginleştirilebilmeleri için, uygulanacak zenginleştirme yönteminin gerektirdiği şartlara (tane boyutuna, vs.) getirmektedir.

Cevher Hazırlama; maden işletme işlemlerine tabi tutulmuş; yani maden üretim sahalarından kazanılmış cevherin zenginleştirilmesinden (işe yarar hale getirilmesinden) önce yapılması gereken bir takım işlemler topluluğu olarak tarif edilmektedir. Aynı şekilde Cevher Zenginleştirme de cevherin hazırlanıp içerisindeki faydalı minerallerin serbest hale getirilmesinden sonra, değişik yöntem veya yöntemlerle, faydalı minerallerinin ayrılarak, bunlardan mono-faydalı mineralli veya poli-faydalı mineralli konsantreler üretilmesi işlemi olarak tarif edilebilir.

Cevher zenginleştirmeyi gerektiren nedenler ekonomik ve teknolojik nedenlerdir. Bu amaçlara, çeşitli cevher zenginleştirme yöntemlerinden biri veya birkaçı uygulanarak ulaşılır. Cevher zenginleştirmede minerallerin farklı özelliklerinden yararlanılarak mineraller birbirlerinden ayrılmaktadır. Cevher zenginleştirmede; fiziksel ve kimyasal özellik farklarının yansira minerallerin fiziko-kimyasal özellik farklarından da yararlanan zenginleştirme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin başında Flotasyon yöntemi gelmektedir. Minerallerin kendi yüzey özellikleri ve mineral yüzeyi ile sıvı veya gaz fazı arasındaki davranışları; ıslanabilme, kutuplaşabilme, özelliklerinin farklılıkları flotasyon işlemlerinin temelini teşkil etmektedir [19],[20].

Mineral endüstrisinde uygulanan her zenginleştirme yönteminin başarılı olduğu optimal koşullar vardır. Örneğin tane irilikleri belirli sınırlar içinde olması bir yöntemin uygulanabilirliğini belirleyen önemli etkidir. Zenginleştirme yöntemleri, başarılı oldukları tane sınırlarına göre topluca değerlendirildiğinde zenginleştirme tane iriliği inceldikçe uygulanabilecek yöntem sayısı azalmaktadır. Çok ince tanelerin zenginleştirilebildiği yöntemler yüksek gradientli manyetik zenginleştirme, liç zenginleştirmesi, flotasyon, multi gravite seperatörlerle zenginleştirme olarak sıralanabilir. Bu nedenle cevher yapısı uygun ile zenginleştirme yöntemi arasında çok yakın ilişki vardır. [19],[20].

3.2. Feldispat Hammaddesinin Tanımı ve Kullanımı

Silikatlar, yeryüzünde en çok bulunan minerallerdir. Yer kabuğunda, bilinen minerallerin % 25' i, yaygın minerallerin de % 40' ı silikat mineralleri grubuna girer. Bu mineraller, endüstride kullanım alanı bulabilen ve “Endüstriyel Hammadde” olarak adlandırılan, kilden kuvarsa kadar pek çok minerali içermektedir. Cam, seramik, boya ve plastik sanayi başta olmak üzere pek çok endüstriyel uygulamanın ana hammaddesi olarak bu endüstriyel hammaddeleri vazgeçilmez kaynaklardır. Değişen ve gelişen teknoloji pek çok endüstriyel hammaddenin kullanımını yaygınlaştırırken, belirli standart ve kalitede hammadde kullanımını da zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle, özellikle hızla gelişmekte olan sektörlerde hammadde ihtiyacını karşılamak ve sürekli üretim anlayışı kaynaklarımızın en iyi şekilde değerlendirilmesi ve işlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye'nin önemli ekonomik girdilerinden biri olan silikat minerallerinin ihracatı gün geçtikçe artmaktadır. Yapılan araştırmalarda Türkiye'nin silikat üretiminde ve ihracatında dünya ikincisi olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, ülkemiz potansiyel silikat rezerv potansiyelinden en yüksek oranda ve en ekonomik şekilde yararlanmayı sağlayacak süreçlerin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir [11],[19].

Ülkemizde, yatağından çıkarıldığı gibi teknolojik ve ekonomik değeri olan silikatlar çok az olduğundan ya da hiç bulunmadığından, içerisinde birçok silikat minerallerini ve renk verici mineralleri bulunduran büyük rezervli cevher yataklarının kullanılması gerekmektedir. Bu tür kayaçların en önemlisi ve en geniş kullanım alanına sahip olan; feldispatlar (Na, K, Ca, Mg, vs.), mika, Fe ve Ti gibi renk verici safsızlıklardan oluşmaktadır. Bu kaynaklardan teknolojik standartlarda ve kalitede hammadde elde edilebilmesi için uygun zenginleştirilme süreçlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. İnce boyutlarda serbestleşen ve fiziksel açıdan birbirine benzeyen bu minerallerin, fiziksel yöntemlerle ayrılmaları çok güçtür. Bu yüzden, ince boyutta serbestleşen, feldispat mineralleri çoğunlukla yüzey/ara yüzey özelliklerinden faydalanarak zenginleştirilmesini sağlayan en yaygın yöntem olan flotasyon yöntemiyle zenginleştirilirler. Bu yöntem ile silikatlar ve renk verici mineraller birbirlerinden kolaylıkla ayrılabilirler. Silikat mineraller gruplarının kimyasal bileşimleri birbirlerine çok benzemelerine rağmen flotasyon ile başarılı bir şekilde zenginleştirilmektedirler. Özellikle feldispatların zenginleştirilmesinde mika

flotasyonu, renk vericilerin flotasyonunu dünya çapında kullanılan çok yaygın bir yöntem olup bu mineralleri zenginleştiren birçok tesis bulunmaktadır [11],[19].

Feldispat, magmatik küllerin % 60' sını kapsayan, onların isimlendirilmesinde ve sınıflandırılmasında rol oynayan esas bileşimi potasyum, sodyum alüminyum silikat ya da bunların bileşimi olan endüstriyel bir hammaddedir. Feldispat grubu mineraller, yer kabuğunda bulunan en bol silikat minerali olmalarına rağmen, mineralojik ve kimyasal özellikleri, nadir bulunan pek çok minerale göre daha az bilinmektedir. Feldispat mineralleri, volkanik, metamorfik ve sedimanter kayaları oluşturan esas minerallerdir. Yaygın feldispatların kimyasal bileşimleri $KAlSi_3O_8$ (Ortoklas-Or): $NaAlSi_3O_8$ (Albit-Ab) ve $CaAl_2Si_2O_8$ (Anortit-An) sisteminde görülmektedir [11],[19].

Feldispat başta cam ve seramik olmak üzere, boya, plastik ve kaynak elektrotları gibi çok sayıda sektörde kullanılan önemli bir endüstriyel hammaddedir. Feldispatların sanayide kullanımını etkileyen en önemli iki özelliği alkali ve alümina içeriğidir. Dünya feldispat üretiminin % 60' ı cam, % 35' i seramik, % 5' i de kauçuk, plastik ve boya sanayilerinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Seramiklerin yapımında feldispat, kilden sonraki en önemli bileşeni oluşturmaktadır. Seramik yapımı sırasında alkaliler ergitici işlevi görürler. Feldispatların bu ergitici özelliğine etki eden faktörler arasında silika içeriği, bünye bileşimi ve daha önemlisi toplam alkali içeriği ile Na_2O , K_2O , Li_2O gibi alkali oksitlerin oranları sayılabilir. Alkali içeriği yükseldikçe, eritici özellikte artar ve buna bağlı olarak erime noktası düşer [18].

3.3. Feldispatların Zenginleştirilmesi

Teknolojik gelişmeler ile paralel endüstriyel hammaddelerin kullanımı artmış ve her endüstri dalı için belirli bir kalitede hammadde kullanımı gerekliliği oluşmuştur. Özellikle hızla tükenen kaliteli hammadde kaynaklarının en iyi şekilde işletilmesi, daha önceleri potansiyel konumdaki kaynakların işletilmeye başlanması ve yeni teknolojilerin bu süreçte doğal kaynakların verimli işletilmesi değerlendirilmesindeki önemi ülke ekonomisi açısından da büyük önem taşımaktadır.

Feldispat grubu mineraller, birbirlerine çok benzer fiziksel özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Bu yüzden, temel bileşeni tek bir mineral olan monomineralik hammaddeler eldesi genellikle çok karmaşık teknolojik işlemler sonucunda

oluşmaktadır. Buna karşın, özellikle Aydın – Çine, Muğla –Milas ve çevresinde bulunan albit yatakları, nerdeyse tüm ile albitten oluşan monomineralik bir bileşiminden oluşmaktadır. Ocak işletme faaliyeti sonrası sadece kırılarak, kırıldıktan sonra elenerek, kurutularak ya da yıkanarak piyasaya sürülebilmektedir. Bu bakımdan, bu yataklar hem bu özellikleri hem de büyük rezerve sahip birikimleri oluşturmaları açısından dünyada nadir görülen feldispat yataklanmalarını örnekleri olarak görülmektedir. Günümüzde, teknolojik açıdan ocaktan üretildiği gibi piyasaya sürülebilen kalitedeki hammaddeler gün geçtikçe azalmaktadır ve üretim sonrası geride kalan feldispatların oluşum sürecinde çeşitli empüritelerin, istenmeyen malzemelerin bulunduğu daha düşük kalitedeki hammaddeler mevcut rezervlerin çoğunluğunu oluşturmaktadır.

Bütün cevherlerde olduğu gibi safsızlıkların varlığı feldispatlarda da kaliteyi belirleyen en önemli etkidir. Feldispatlar içerdiği safsızlıkların (Fe_2O_3 , TiO_2) oranına göre birden fazla kalite sınıfındadır ve bunların miktarları önemlidir. Feldispat mineralleri içeren değişik cevher oluşumları (magmatik, metamorfik ve sedimanter kökenli kayaçlar), feldispat minerallerinin yanında kuvars, mika, turmalin, gröna ve demir oksitleri içerikleri bulunmaktadır. Bu yüzden feldispatların, kullanım alanlarındaki teknolojik şartlarını sağlayabilmeleri için bir zenginleştirme yöntemi kullanılarak beraberinde bulunan diğer minerallerden ayrılması şart olmaktadır. Bu kapsamda cevherin tenörüne, kalitesine ve özelliklerine bağlı olarak zenginleştirme yöntemleri sonrasında piyasaya sürülmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Zenginleştirme işlemleri, cevheri oluşturan feldispat ve diğer minerallerin fiziksel ve kimyasal ayırt edici özelliklerine göre çeşitli yöntemler uygulanarak yapılmaktadır. Bu yöntemler, elle ayıklama, boyuta göre sınıflandırma, manyetik ayırma, elektrostatik ayırma ve flotasyon yöntemidir. Feldispat minerallerin zenginleştirilmesinde bu yöntemler tek tek uygulanabildiği gibi birlikte de uygulanabildikleri çeşitli uygulamalarda görülmektedir. Buna karşın özgül ağırlık farkı kullanılarak uygulanan gravite zenginleştirme yöntemleri, feldispatlar ve yan minerallerinin özgül ağırlıkları birbirine çok yakın olmasından dolayı çok az kullanım alanı bulmaktadır. Gravite zenginleştirme yöntemi olarak, mikaların, feldispat mineralinden zenginleştirilmesinde spirallerin kullanılması gösterilebilir. Serbestleşme boyutu çok küçük olan feldispat cevherlerinin zenginleştirilmesinde flotasyon, manyetik ayırma ve elektrostatik ayırmanın olumlu sonuçlar verdiği yapılan çeşitli araştırmalarla gösterilmiştir [12],[19].

3.4. Flotasyon ile Cevher Zenginleştirme

Maden zenginleştirme proseslerinden flotasyon yöntemi özellikle minerallerin kimyasal yapısını değiştirmeden tamamen mineral yüzey özelliklerinin kullanıldığı bir ayırma/zenginleştirme yöntemidir. Metalik cevher zenginleştirilirken flotasyon prosesinde yüzdürülen malzeme ürün iken feldispat madeni zenginleştirilmesinde istenmeye/empürite malzeme yüzdürülerek atık olarak ayrılırken, çöken malzeme ürünü oluşturmaktadır.

3.4.1. Flotasyon Yönteminin Tanıtımı

Sözlük anlamı yüzdürmek olan flotasyon, ince tane büyüklüğüne öğütölmüş ve gravimetrik yollarla zenginleştirilmesi mümkün olmayan cevherlerin; yüzdürme yoluyla zenginleştirilmesi yöntemidir [19],[20].

Bugün birçok mineral endüstrisinde, çevre teknolojilerinde ve arıtma sektöründe kullanılan bu teknik özellik, büyük tonajlarda üretim yapan cevher endüstrisinde uygulaması olan önemli ve verimli cevher hazırlama tekniğidir. 1906 yılında patentlenmiş ve hem düşük tenörlü hem de kompleks cevherlerin değerlendirilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem özellikle düşük tenörlü cevherlerin ekonomik değer kazanmasında uygulanan en önemli yöntemlerin başında gelmektedir. Dünyada ilk uygulaması Sülfürlü cevherlere olmakla birlikte, oksitli, metalik cevherler, endüstriyel hammaddeler ve kömür gibi madencilik endüstrisinde uygulanmış ve uygulanmaya devam edilmektedir. Günümüzde, madencilik dışında kimya ve kâğıt endüstrisinde de kullanılmaktadır.

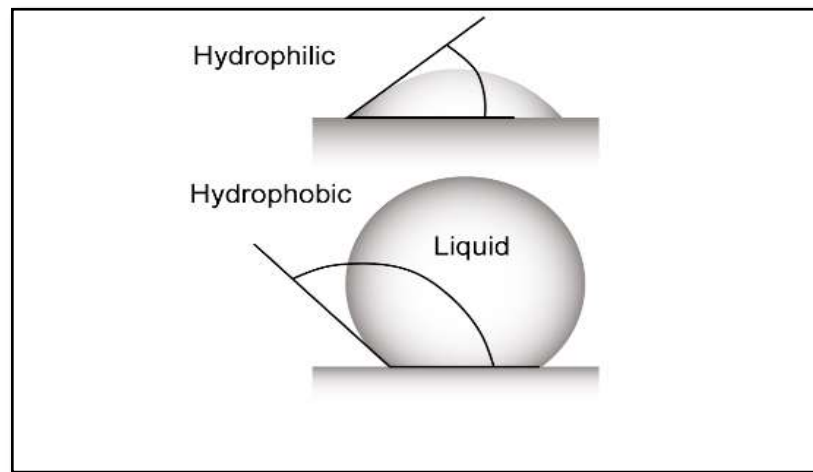
Flotasyon yöntemi özellikle minerallerin kimyasal yapısını değiştirmeden tamamen mineral yüzey özelliklerinin kullanıldığı bir ayırma/zenginleştirme yöntemidir. Bu metotta mineral yüzeylerinin su içinde kazandığı yüzey özellik farklılıkları kullanılarak ayırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Mineralleri birbirlerinden ayıran temel farklılık su içindeki mineral yüzey davranışlarıdır. Bu nitelik farklılığı flotasyon yönteminin uygulanabilirliğindeki en büyük etkindir.

Farklı içerikli katıların birbirinden ayrılmasını sağlayan flotasyon yöntemi üç fazdan oluşmaktadır. Bunlar, yüzdürülen katı fazı, muhtelif elektrolitleri bulunduran

sıvı, hava kabarcığını meydana getiren gaz fazıdır. Her flotasyon sisteminde bu üç faz temas halindedir [19],[20].

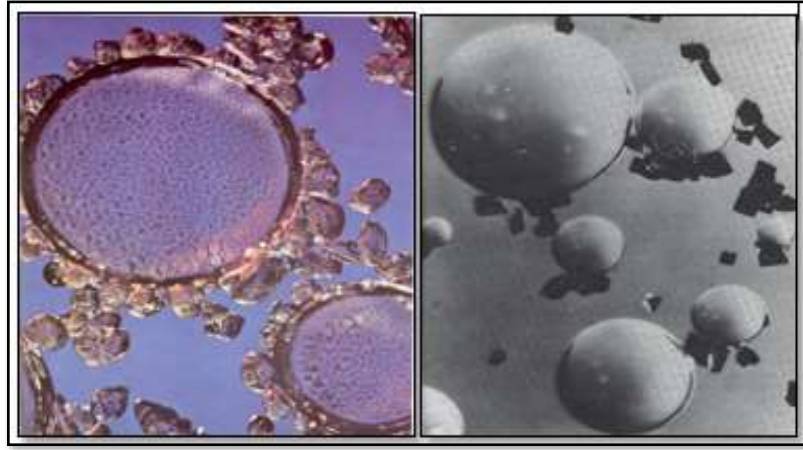
Birkaç istisnanın dışında, inorganik içerikli katıların yüzeyleri su içinde tamamen ıslanır. Islanmayı meydana getiren sebep, katı yüzeylerindeki iyonların, su içindeki hidrate iyonlarla bağlantı kurabilmeleridir. Bu hidrate iyonlar, suyu içeriğinde bulunan hidrojen ve hidroksil iyonları olabildiği gibi, su içeriğindeki diğer elektrolitler de olabilir. Mineral yüzeylerinin bazıları yapısal özellik olarak hidrofob (hava sever yani su iten) bazıları ise az veya çok ölçüde hidrofil (su sever yani hava iten) niteliklere sahiptirler. Hidrofob mineraller Şekil 3.1’deki gibi zor ıslanırlar, buna karşın hidrofil minerallerinin dış yüzeyleri kolay ıslanır. Flotasyonda ilk kademe yüzdürülmek istenilen mineralin yüzeyinde su-katı ara yüzeyi yerine katı-hava ara yüzeyi meydana getirmektir. Yani hidrofob yapmaktır. Bu su fazına uygun reaktiflerin ilavesi ile olur. Bu reaktiflerle mineral yüzeyi arasındaki adsorpsiyon neticesinde, mineral yüzeyinde suyu iten (hidrofob) bir tabaka meydana gelir [20].

İşte flotasyon bu yüzey özelliklerini temel alan ve ortamdaki minerallerin farklı fizikokimyasal davranışlarını, ortama verilecek uygun reaktif kombinasyonları ile daha da arttırarak hidrofob mineralleri ortamda suni olarak yaratılan hava kabarcıklarına yapıştırıp yüzeyde toplanması neticesinde ayrılmasını sağlayan bir yöntemdir. Mekanik bir düzenle alınan bu yüzdürülmüş mineral topluluğuna konsantre, ortamda kalan (yüzmeyen) hidrofil özellikteki mineral topluluğuna ise artık denir.



Şekil 3.1: Islanabilirlik ve temas açısı kavramlarının gösterimi.

Flotasyonda en önemli ayrıntı yüzey özelliği hidrofob olmayan mineralin kullanılacak reaktifler ile hidrofob yapılmasıdır. Minerallerin yüzebilmesi için hidrofob özellik kazanması gerekir. Burada reaktiflerin kullanım amacı mineralin kimyasal yapısını değiştirmeden sadece yüzeyinde bir hidrofob yapı oluşumunu sağlamaktır. Flotasyonda cevheri oluşturan minerallerin yüzme davranışlarını olumlu yönde etkileyen reaktifleri flotasyon devrelerine hazırlanışları ve beslenişleri ile miktarları cevher yapılarına bağlı olup belirli sistem içinde sağlanır. Bu reaktifler belirli bir sıra içinde devrelere verilmektedir.



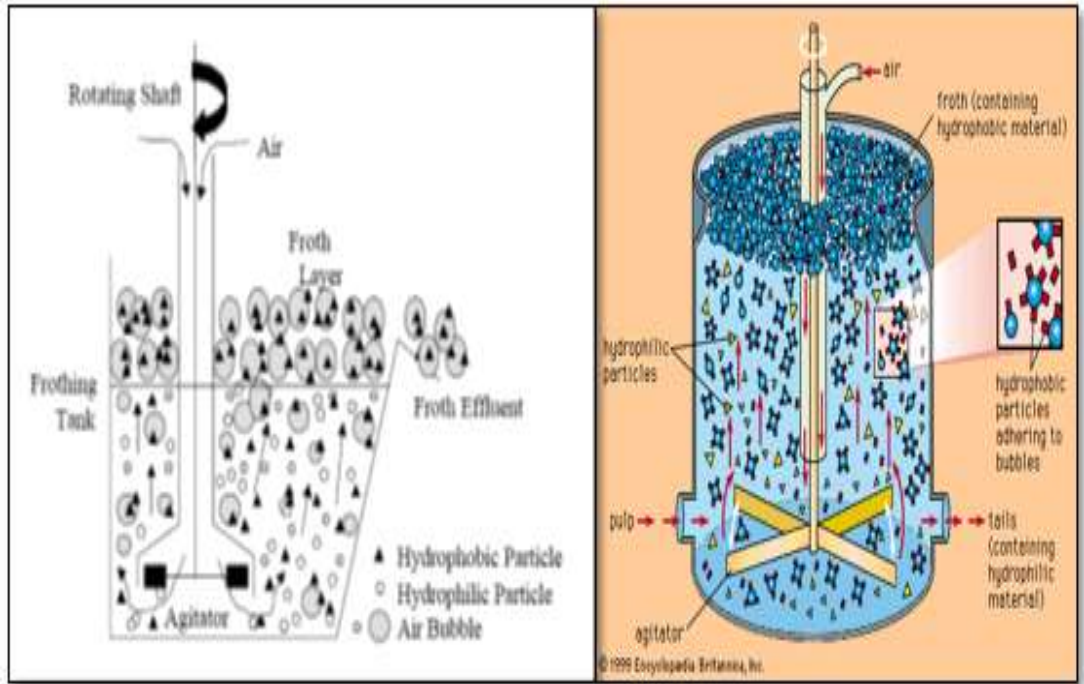
Şekil 3.2: Flotasyon prosesinde mineral tanelerinin hava kabarcıkların tutulması ile zenginleştirme.

- Flotasyonda kullanılan reaktiflerin başında kollektörler gelir. Kollektörler, mineralin yüzeyine Şekil 3.2’ deki gibi bağlanarak hidrokarbon tabakası ile kaplayıp mineralin hava kabarcığına yapışmasını sağlarlar. Mineral yüzeyinin su itme etkisini artırarak ya da azaltarak kollektör etkisini düzenleyen reaktifler ayarlayıcı reaktiflerdir. Bu reaktifler ile belirli minerallere karşı kollektör etkisi daha selektif olabilir.
- Mineral yüzeyinde kollektörün adsorpsiyon etkisini azaltan reaktifler ise bastırıcılardır. Yani bazı minerallerin hidrofillik (su sever) özelliklerini arttırarak, bunların flotasyonunu önleyip, flotasyon selektivitesini arttıran reaktifler bastırıcılardır.
- Canlandırıcılar ise mineral yüzeyinde kollektör adsorpsiyonunu arttırıcı özellik gösterirler. Bu reaktifler sayesinde mineral yüzeyinin durumu değişir ve kollektör etkisi sebebiyle mineral hidrofob özellik kazanır.

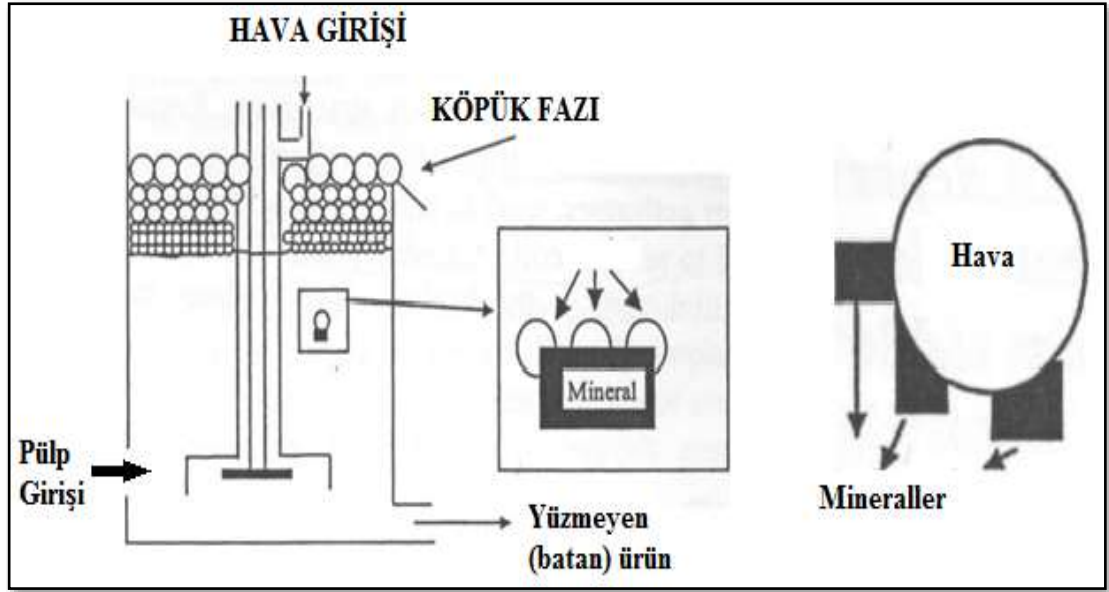
- Köpürtücüler ise genelde flotasyon devrelerindeki hava kabarcıklarını mineral tanelerini taşıyacak nitelikte sağlam ve stabil köpük köpük meydana getirmek amacı ile kullanılan maddelerdir. Kollektör kullanımı ile mineral yüzeyine hidrofobik özellik kazandırıldığında, özellikle pülp yüzeyindeki köpüklü bağ stabilitesi köpürtücünün etkisine bağlı olmaktadır.

Genel olarak bir flotasyon yöntemi sırası ile şu aşamaları içerir:

- Cevherin maksimum 0.5 mm gibi bir boyutun altına öğütülmesi;
- % 15-35 arasındaki katı içerik olacak şekilde sulandırılması;
- Bir veya birkaç çeşit flotasyon yardımcı (bastırıcı, canlandırıcı v.b.) kimyasalın eklenmesi;
- Mineral yüzeyini kaplayarak köpüğe yapışmasını sağlayacak toplayıcı (kollektör) kimyasalın eklenmesi;
- Dayanıklı hava kabarcığı oluşturan köpürtücü kimyasalın ilavesi;
- Karıştırmayla veya basınçlı havayla köpüğün Şekil 3.3' deki gibi oluşturulması;



Şekil 3.3: Mineral tanelerinin flotasyon ortamında yüzmesinin şematik gösterimi.

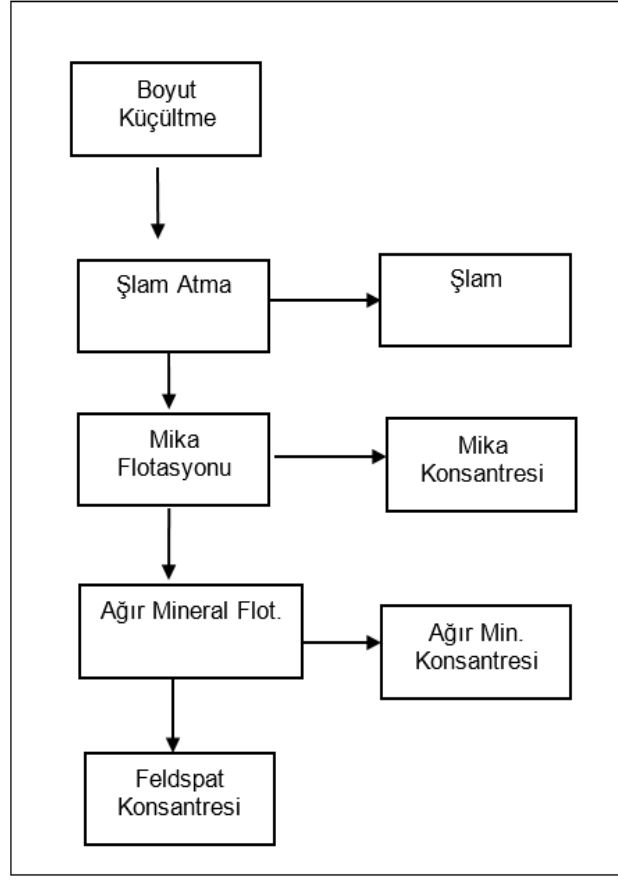


Şekil 3.4: Flotasyon makinasında mekanizmanın işleyişi.

- Mineral taşıyan köpük zonu ile köpüğe yapışmayan mineralleri Şekil 3.4’ deki gibi bulunduran pülpün birbirinden ayrılması.

3.4.2. Feldispatların Flotasyonu

Silikatlar içerisinde en ilginç mineral grubu olan feldispatlar, genel olarak içindeki safsızlık (empürite) minerallerinden (mika, turmalin ve ağır mineraller) aşamalı olarak ters flotasyon ile zenginleştirilirler. Feldispatların flotasyon ile zenginleştirmesine ait genel akım şeması Şekil 3.5’ te görülmektedir. Feldispat cevherlerinin zenginleştirilmesinde ilk işlem mikanın uzaklaştırılması aşamasıdır. Mika flotasyonunda, mika mineralleri uygun reaktifler kullanılarak yüzdürülmektedir. Bu aşamada feldispat ve kuvars mineralleri bastırılmaktadır. Feldispat cevherinin zenginleştirilmesinde ikinci aşama ise demir içeren renk verici minerallerin (turmalin, gröna ve demir oksitler) uzaklaştırılmasıdır. Bu aşamada mika minerallerinin uzaklaştırılmasıyla zenginleşmiş olan feldispat cevherinden ağır mineraller yüzdürülerek uzaklaştırılır.



Şekil 3.5: Feldispatların flotasyon ile zenginleştirilmesine ait genel akım şeması.

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli kimyasallar üreten şirketler yeni bir tür flotasyon reaktifi geliştirmişlerdir. Feldispatların flotasyonunda, şlam atma işleminden sonra bazik pH'larda (pH 7-9) bu toplayıcılar kullanılarak tek aşamada hem renk verici mineraller hem de mika mineralleri başarıyla yüzdürülerek uzaklaştırılmaktadır [19].

Genel olarak silikat minerallerinin flotasyonunda kullanılan kollektör reaktifler (yüzey aktif maddeler) mineral yüzeylerine fiziksel olarak adsorbe olurlar ve pülp içindeki konsantrasyonları düşürüldüğünde bunlar mineral yüzeylerinden kolaylıkla ayrılır. Bu minerallerin flotasyonunda kollektörlerin mineral yüzeyine olan adsorpsiyonunda elektrostatik çekim önemli bir yer tutmaktadır. Bu yüzden kimyasal adsorpsiyondan çok fiziksel adsorpsiyon daha etkindir. Kullanılan reaktifler ise bu yönde seçilmektedirler.

4. MATERİYAL VE METOT

Bu bölümde Esan Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisine beslenen hammaddelerin her ünite bazında giriş (hammadde–yarı mamul) ve çıkışlarındaki (ürün-atık) malzemeler fiziksel, kimyasal ve mineralojik analizleri sonucu karakterizasyonu yapılmak sureti ile atık vasfındaki malzemelerin yeniden kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalar yer almaktadır. Özellikle feldispat flotasyonu prosesi sonucu cevherde istenmeyen malzemelerin (mika, tıtan vb.) yüzdürölerek feldispat içerikli atıkların seramik sektörlünde kullanımı kapsamındaki özellikleri ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Seramik üretiminde kullanılan endüstriyel hammaddeler; kil, kaolen, kuvars ve feldispat cevherlerinden oluşmaktadır. Flotasyon prosesi ile üretilen feldispat seramik sektörlünde beyaz renkli ürünlerin üretilmesi ile seramik, yer karosu, granit ve vitrifiye gibi ürünlerin sır malzemesi için yüksek kalite ürün eldesi için kullanılmaktadır. Söz konusu feldispat flotasyonu atıklarının seramik reçetelerinde kullanımı sonrası koyu renkli seramik, yer karosu, granit ve vitrifiye gibi ürünlerin üretiminde kullanılabilirliği için gerekli analizler gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada feldispat flotasyonu atığı farklı oranlarda kuvars yıkama prosesinden kaynaklı havuz incesi atıklar ile karışımlarını içeren kil, kaolen hammaddelerinde oluşan reçetelerin kimyasal analizleri, pişme sıcaklığı, pişeme süresi, kuru bağlanma dayanımı, toplu küçölme, su emme ve renk özelliklerinin uygunluğu değerlendirilmesi kapsamında bir dizi analiz yapılmıştır.

Atıkların düzenli depolama sahası kapatma işlemlerinde üst tabaka teşkili için kullanılabilirliğinin belirlenmesi için kimyasal analiz, nem içeriği, elek analizi, zemin etütü, hidrometrik analizler yapılmıştır.

Feldispat flotasyon atıklarının marjinal tarım alanlarının rehabilitasyonu için kullanımı için ekosisteme etkisi ile tarımsal faaliyetler kapsamında atığın içeriğindeki toprak minerallerinin belirlenmesi için analizler yapılmıştır. Atığın ekosisteme toksik, ekotoksik etkisi TÜBİTAK – MAM tarafından yapılan tehlikelilik analizleri ile belirlenmiştir. Atık içinde ağır metal içeriği ile költür bitkilerinin yetişmesi için gerekli toprak minerallerinin belirlenmesi için Ege Üniversitesi Ziraat Faköltesi Toprak ve Bitki Besleme bölümü tarafından analizler gerçekleştirilmiştir.

4.1. Çalışma Kapsamında Yapılan Deneysel Çalışmalar

Esan Yeniköy Feldispat flotasyonu proseslerinden çıkan atıkların seramik reçetesi içindeki hammaddeler ile kullanılabilirliği için gerekli fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri belirlemek için bir seri analiz yapılmıştır. Aşağıdaki Tablo 4.1’ de yapılan analizler ve kullanılan cihazlar verilmiştir.

Tablo 4.1: Çalışmada yapılan analizler ve kullanılan cihazları.

ANALİZ	CİHAZ
Fiziksel İçerik (Tane Boyut) Analizi	Malvern Mastersizer 3000
Kimyasal İçerik Analizi	X-ray diffractometer (XRF) PANalytical's X'Pert PRO MRD)
Minerolojik Analizler	X-ışınları difraktometresi (XRD)

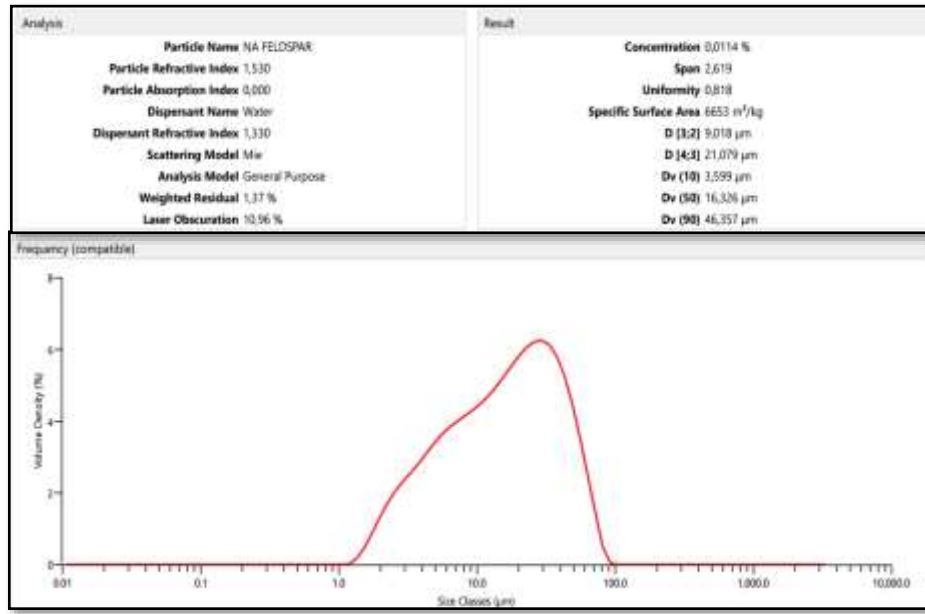
4.1.1 Fiziksel Analizler Tane Boyutu Analizleri

Çalışma kapsamındaki hammadde ve atık malzemelerinin ortalama boyut, hacimsel boyut dağılımı, vb. partikül özelliklerinin saptanmasında Şekil 4.1’ de görüldüğü gibi Malvern Mastersizer 3000 cihazı kullanılmıştır.



Şekil 4.1: Malvern Mastersizer 3000 cihazı.

Partikül karakterizasyon teknikleri kullanılarak karakterize edilecek örneklerin birbirlerine uzaysal olarak ayrı yani disperse olması gerekmektedir. Dispersiyon halini sağlamak için iki temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; Islak dispersiyon-Partiküller bir sıvı içerisinde disperse edilmektedir. Kuru dispersiyon-Partiküller gaz ortamında (genellikle hava) disperse edilmektedir. Bu çalışmada feldispat hammaddesi, yarı mamül, ürün ve atık için Şekil 4.2’ deki gibi ıslak dispersiyon içerisinde analiz gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.2: Malvern Mastersizer 3000 cihazı çıktıları.

4.1.2. Kimyasal İçerik Analizleri (XRF)

Yine çalışma kapsamındaki hammadde ve atık malzemelerinin kimyasal içerikleri Şekil 4.3’ deki görülen XRF cihazı ile analizleri ile belirlenmiştir. Analiz öncesi ön işlem olarak numune yapısına göre, eritme işlemi veya pres yöntemi de kullanılabilir. Bu çalışma kapsamında XRF cihazında eritme yöntemiyle numune hazırlanacaktır. Numune, homojen hale gelinceye kadar öğütülerek (100 Mikron altı), toz haline getirilen numunedan yaklaşık 20 g alınarak 105 °C’ lik etüvde 2 saat bekletilip kurutulacaktır. Kurutma işleminden sonra tartım odasında hassas terazide 0.8 g numune tartılıp darası alınacaktır.



Şekil 4.3: X-ray diffractometer (XRF) Cihazı.

Üzerine ergimeyi sağlayacak olan Lityumtetraborat, Lityummetaborat karışımından 8.0 g ilave edilecektir. Tartım işleminden sonra agard havan yardımıyla numune homojen şekilde karıştırılıp platin krozelere dökülecektir. Fluxana Vulcan eritiş cihazında eritme prosesi başlar. İşlem bütün fazların tamamlanması ve soğumasıyla birlikte yaklaşık 20 dakika sürmektedir. Elde edilen Şekil 4.4' deki cam tabaka XRF'de standartlı ve kantitatif olarak analiz edilir. Daha sonra Analiz/Test Kodu'na göre Analiz/Test Raporu düzenlenir.



Şekil 4.4: XRF'de analiz için elde edilen cam tabaka.

4.1.3. Minerolojik Analizler (XRD)

Çalışma kapsamındaki hammadde ve atık malzemelerinin minerolojik analizleri XRD analizi ile belirlenmiştir. XRD analizi; optik mikroskopik yöntemler ile kesin tanımlanamayacak özellikte olan minerallerin tanımlanabilmeleri için uygulanmaktadır. XRD analizi yapılacak olan numune, öğtildükten sonra toz halinde bulunması gerekmektedir. Farklı kimyasal ve fiziksel deneylere sonucu ve zorunlu olarak son aşaması toz halindeki numuneler hakkında gerekli bilgi verilmesi gerekmektedir. XRD analizi; optik mikroskopik yöntemler ile kesin olarak tanımlanan nitelikte olan minerallerin tanımlanabilirliği kapsamında kullanılabilir.

X-Işını Difraktometre (XRD) Şekil 4.5’ de gösterilen sistemi ile; inorganik katı malzemelerin kalitatif ve yarı kantitatif faz (minerolojik) içeriği, yarı kantitatif amorf faz miktarı, kristal boyutu, sıcaklığa bağlı olarak malzemenin yapısında meydana gelen minerolojik değişiklikler, altlık üzerine kaplanmış ince film kaplamalarının minerolojik içeriği, kalınlığı, üretim esnasında bilerek oluşturulan veya kendiliğinden oluşan tekstür, malzemenin yapısında bulunan ve kullanım esnasında bozulmalara yol açabilecek kalıntı gerilmeleri tespiti ile sonuçlar elde edilmektedir.



Şekil 4.5: X-ışınları difraktometresi (XRD) cihazı.

4.1.4. Sıkışma Testi Analizleri

Sıkıştırma Testleri kapsamında kimyasal analizler Ankara Üniversitesi Yerbilim Araştırma ve Uygulama Merkezi XRF laboratuvarında yapılmıştır. Sıklık ve su muhtevası analizleri Caner Zemin, Kontrol, Deney ve Yapı Malzemeleri test laboratuvarında yapılmıştır. Zemin analizi, Özgöl ağırlık analizi, hidrometrik analiz ve permeabilite analizleri Bilgi Zemin ve Test Laboratuvarın yapılmış. Sıkışma testi kapsamında tüm analizler Teka Jeoloji ve Jeofizik Mühendislik firması tarafından EK B' de rapor ile sunulmuştur.

4.1.5. Toprak Analizleri

Toprak vafında değerdendirilmek için toprak minarelerinin belirlenmesi için gerekli analizler Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü tarafından yapılmış. Ayrıca toprakta ağır metal içerikleri için gerekli analizler de Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü tarafından yapılmış.

4.1.6. Atık Tehlikelilik Analizleri

Atık Yönetim Yönetmeliğı çerçevesinde tehlikeli atık olup olmadığı yönünde inceleme ve değerdendirme TÜBİTAK-MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü tarafından kimyasal, fiziksel ve inorganik içerik analizleri ile ekolojik toksistite, akut toksistite testleri yapılarak EK C' de raporda sunulmuştur.

4.1.7. Atıksu Analizleri

Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisi atıksuları için gerekli analizleri yapılarak atıksu karakterizasyonu Hacettepe Üniversitesi Çevre Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından yapılmış. Ayrıca Evsel Atıksuları ve Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi çıkışı suların analizi Majör Çevre Çözümleri Araştırma Geliştirme Laboratuvarı tarafından yapılmıştır.

4.2. Çalışılan Tesis

Bu çalışma Eczacıbaşı Holding bünyesinde bulunan Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi – Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisi seçilerek yapılmıştır. Yeniköy Feldispat Zenginleştirme tesisine açık ocak faaliyeti sonucu üretilen tüvenan hammadde beslenmektedir. Tüvenan feldispat ilk olarak kırma prosesine beslenmektedir. Kırma prosesinde ocak üretiminden gelen tüm hammadde kırılmak sureti ile üretim sürecine dahil edilmekte olup kırma prosesinde maden atığı oluşmamaktadır. Kırma prosesi sonrası kırılmış cevher flotasyon prosesine beslenmektedir. Flotasyon prosesinde istenmeyen malzemeler (mika, titan vb. içerikli feldispat) yüzdürülerek atık olarak ayrılmaktadır. Çalışma konusu flotasyon prosesinden kaynaklanana atıkların değerlendirilmesi kapsamındadır. Flotasyon prosesinden çıkan maden atıkları yukarıda bahsi geçen metotlar ile fiziksel, kimyasal ve minerolojik olarak incelenmiştir. Söz konusu çalışmalar; seramik, yer karosu, granit ve vitrifiye üretimi için oluşturulan endüstriyel hammaddelerden oluşan reçetelerde alternatif hammadde olarak kullanımı, atıkların düzenli depolama sahalarının kapatılması aşamasında üst örtü teşkilinde kil olarak kullanımı için ve marjinal tarım arazilerinin rehabilitasyonu kapsamında kullanılabilirliğinin belirlenmesi için gerçekleştirilmiştir.

4.2.1 Esan Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisi

Eczacıbaşı Topluluğu'nun seramik üretim tesislerine hammadde sağlaması amacı ile 1978 yılında kurulan Esan, 40'dan fazla ülkeye ihracat yapmakta, yurtiçindeki seramik sanayinin hammadde ihtiyacının ciddi bir kısmını karşılamaktadır.

Esan, başta seramik sanayi olmak üzere, kaynak elektrot, cam, refrakter, emaye, abrasiv, izolasyon, boya, plastik, inşaat, çimento, kağıt, demir-çelik, döküm ve tarım sektörlerine ürettiği endüstriyel hammaddelerin yanı sıra ticaretini de yürüttüğü rutil, zirkonyum silikat, titanyum oksit, silisyum karbür ve kalsine alumina öncelikli olmak üzere 150'den fazla ürün grubu ile hizmet sunmaktadır.

1979'da Türkiye'deki ilk kil zenginleştirme tesisini kurduktan sonra 1985 yılında da Türkiye'nin ilk feldispat tesisinin kuruluşuna da imza atmıştır. 2009 yılına kadar feldispat, kuvars, kil, bentonit ve kaolen başta olmak üzere endüstriyel hammadde üretimi gerçekleştiren Esan, Balıkesir Balya Kurşun ve Çinko madeninin açılması ile metalik maden sektörüne girmiştir.

Esan, Marmara, Ege ve İç Anadolu Bölgeleri'nde uhdesinde bulunan ruhsatlarda bilimsel ve teknolojik gelişmelere ayak uyduran üretim tekniklerini kullanarak;

- Yenilenemez doğal kaynaklardan azami ölçüde istifade etmek amacıyla verimliliği ön plana çıkaracak üretim tekniklerini kullanmak,
- Sürdürülebilir kalkınma kapsamında üretimi çevreyi koruyarak gerçekleştirmek,
- Sanayinin temel hammadde girdisini sağlamak,
- İstihdam yaratmak,
- Katma değeri yüksek olan işlenmiş cevherlerin ihracatını arttırmak,
- Bölgesel ve yerel kalkınmayı ön plana çıkarıp işsizliğin ve göçün önlenmesine katkı sağlamak amacıyla madencilik faaliyetlerini sürdürülmektedir.

Halihazırda 40'dan fazla ülkeye ihracat gerçekleştiren Esan yurtdışındaki müşterilerine daha iyi hizmet verebilmek amacıyla İtalya'da Esan Italia Minerals şirketini kurmuş, Ukrayna ve Çin'de temsilcilik ofislerini faaliyete geçirmiştir.

Sürdürülebilir madencilik anlayışı ile gerek çalışan gerekse toplum sağlığına azami önem gösteren Esan, faaliyette bulunduğu bölgelerde çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Yerel toplumların sürdürülebilir şekilde kalkınması amacıyla, yerel istihdam ve satın alma politikaları, bölgedeki işgücüne eğitimler yoluyla nitelikli eleman özelliği kazandırılması, toplumsal fayda sağlayacak sponsorluk ve bağışlar gibi kısa ve uzun vadeli projeler yürütmektedir. Esan'ın sürdürülebilirlik yolundaki bir diğer politikası ise faaliyetlerinin çevre ve komşular üzerindeki etkilerini minimize etmektir. Bu amaçla kapsamlı çevre ve iş sağlığı ve güvenliği yönetimi çalışmaları, enerji ve su kaynaklarının verimli kullanımı için akıllı çözümler, toz kontrol sistemleri gibi proaktif yaklaşımlar, planlı terk ve rehabilitasyon çalışmaları yapılmaktadır.

Sürdürülebilir bir çevre için karbon salınımının azaltılması amacıyla yenilenebilir kaynakların kullanımının artırılması yolunda çalışmalar yapan Esan,

Güllük stok sahasının enerji ihtiyacını karşılamak üzere bölgedeki en yüksek kurulu güce sahip çatı üzeri lisanssız güneş enerjisi santralini kurmuş, Eskişehir ili, Çifteler ilçesi ile Afyonkarahisar ili, Emirdağ ilçesi sınırlarında bulunan metalik magnezyum tesisinin enerjisinin bir kısmını sağlayan Türkiye'nin öztüketim amaçlı en büyük güneş enerjisi santralini kurmuştur. Güneş Enerjisi Santralleri ile yılda yaklaşık 2 milyon tondan fazla karbon salınımının engelleneceği hesaplanmıştır.

Esan, ISO 9001 Kalite Yönetimi, ISO 17025 Laboratuvarlar Akreditasyonu Yönetim Sistemi, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi belgelerine sahiptir. Muğla İli, Milas İlçesi, Akkovanlık Mahallesi, Hacı imamlar Sokak NO:167 adresinde, tapunun N19B2 paftada kayıtlı, 162.504 m² yüzölçümlü alan üzerinde, 5.936 m² yüzölçümlü kapalı alanda Şekil 4.6' daki gibi yer almaktadır.



Şekil 4.6: Çalışılan tesisin uydu görüntüsü.

İşletme, endüstriyel hammadde sektörüne yönelik olarak feldispat madeni üretmek, zenginleştirmek ve piyasaya sunmak amacıyla kurulmuştur. Milas Bölge Müdürlüğümüz faaliyet alanı içerisinde bulunan maden ocaklarından tüvenan şekilde cevher maden zenginleştirme tesisine getirilir. Üretilmek istenen cevher flotasyon işlemine tabi tutulmak suretiyle diğer cevherlerden arındırılarak alınır. Alınan cevher özelliğine göre stoklanır. Piyasanın ihtiyaç durumuna göre pazara sunulur.

Esan Eczacıbaşı'na ait Şekil 4.7' deki gibi vaziyet planı bulunan Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisi' ne Yanıktepe, Çukuroluk, Eğlencederesi, Gamarlar hammadde üretim sahalarından feldispat hammaddeler beslenmektedir.



Kullanım alanlarının teknolojik gerekliliklerine uygun satılabilir kalitede ürün elde etmek amacı ile sahalardan beslenen bu cevherlere farklı tür prosesler uygulanmaktadır. Tesise beslenen bu cevherlerden bazıları sadece kırma ve eleme

prosesinden sonra doğrudan satılabilir ürün olarak elde edilmektedir. Ancak özellikle yüksek saflıkla ürün istenen sektörler için cevher içeriğindeki empüritelerin giderilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla hammadde sahalarından üretilen cevherin bir kısmı flotasyon prosesinde zenginleştirilerek satışa hazır hale getirilmektedir.

Tesise beslenen malzemenin mineralojik içeriği ve değerlendirmesinde; numune içinde çok fazla miktarda feldispat ve kuvars ile birlikte az miktarda muskovit, serisit, rutil, sfen, apatit ve zirkon izlenmiştir. Feldispatlar, numune içinde albit ile birlikte pertit ve ortoklaz gibi türleri şeklinde bulunmaktadır. Feldispatların çok önemli bir kısmı iri porfiroblastlar şeklinde izlenmektedir. Bunların içinde ufak kuvars, serisit taneleri bulunmaktadır. Ayrıca feldispatlar ince kristalli kuvars damarları tarafından kesilmekte ve katledilmektedir. Kuvars, genelde 0.2 mm altında kenetli ve şistozite yönünde uzayan kristaller halinde çok fazla miktarda bulunmaktadır. Feldispatlar içindeki ve feldispatları kesen kuvars damarları içindeki kuvars kristalleri çok daha ufak boyutludur. Muskovit – Serisit; çok az ve ufak kristal levha ve pulcukları şeklinde hem feldispatlar içinde, hem de kuvarslar arasında bulunmaktadır. Rutil – sfen; çok az miktarda izlenmektedir. Rutil sfene göre çok daha fazladır. Rutil taneleri değişik şekil ve boyutlara sahiptir. Sfen ise çok daha ufak kristallidir. Sfen rutile göre bir arada bazen de kenetli halde izlenmektedir. Apatit – Zirkon; eser miktarda izlenmektedir. Apatit ve zirkon kristalleri kuvarslar arasında bulunmaktadır. Sahalardan üretilen cevherin genel mineralojik yapısı Tablo 4.2.' de verilmektedir.

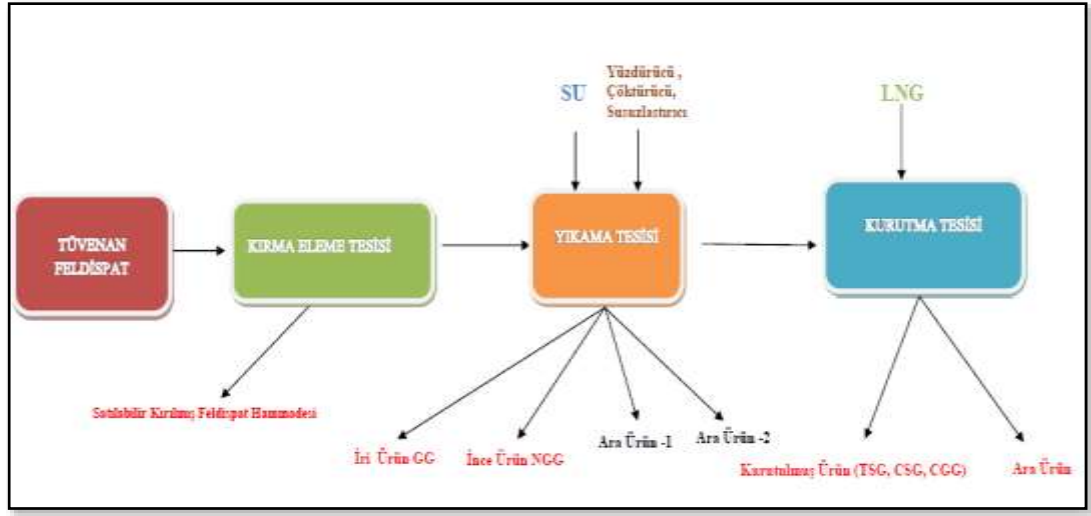
Tablo 4.2: Sahalardan üretilen cevherin genel mineralojik içeriği.

MİNERAL	% DAĞILIM
Albit	88.9
Ortoklas	1.2
Anortit	1.6
Kuvars	8.3

4.2.3. Tesisteki Temel Prosesler

Esan Eczacıbaşı feldispat hammadde üretim sahalarından üretilen cevherin Yeniköy tesisinde cevher hazırlama ve zenginleştirme proseslerinden geçirildikten

sonra tüketim alanlarının istediği standartlarda ürüne dönüştürülmesinin genel iş akış şeması Şekil 4.8’ de verilmektedir.

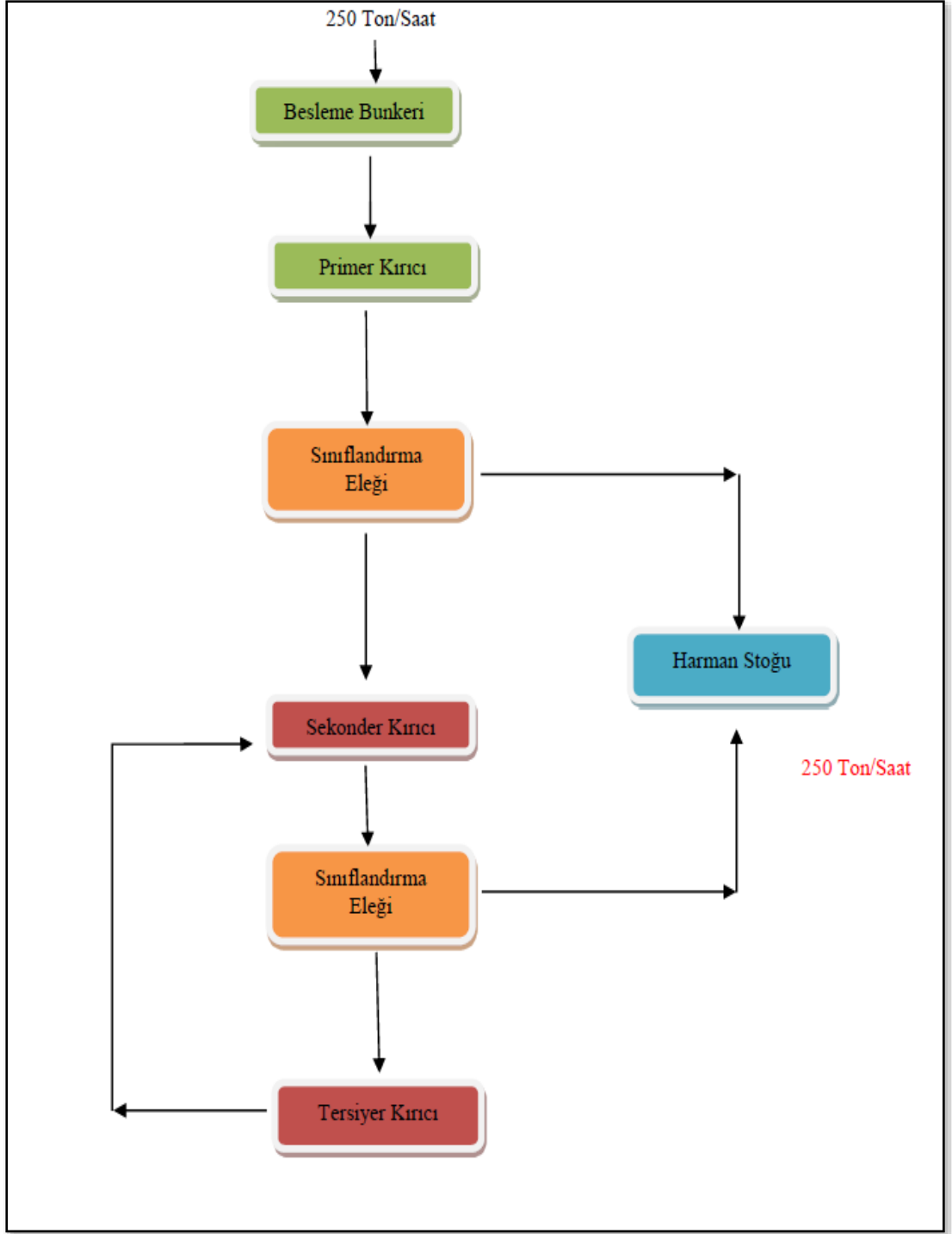


Şekil 4.8: Çalışılan tesis genel iş akım şeması.

4.2.3.1 Kırma Prosesleri

Kırma prosesinde kullanılan makinalar ve kullanım amaçları genel tüm cevherler için uygulanan amaçlar ile aynıdır. Kırma, katı maddeye kuvvet uygulanarak parçalara ayrılması işlemidir. Ham cevheri sonuç ürüne dönüştüren tüm yöntemlerin ilk ve en önemli aşaması boyut küçültme işlemidir. Kayaçlar, cevherler ve mineraller yeraltı ve yerüstü madencilik yöntemleri ile kazanıldıktan sonra kullanım amacına bağlı olarak bir boyut küçültme işlemine tabi tutulmaktadır. Kullanım alanlarının gerekliliklerine uygun ürünler elde etmek amacı ile kırma proseslerinden cevherin işlenmesi cevher endüstrisinde bir gerekliliktir. Kırma, nispeten gevrek olan malzemeye yeterince kuvvet uygulandığı mekanik operasyon olarak tanımlanabilir ve kırma işleminde; kütle, hız, kinetik enerji ve gravitenin etkin olduğu fizik yasaları geçerlidir. Bazı kullanım alanlarında belirli tane iriliklerinde malzeme istenmekte, bazı cevher zenginleştirme uygulamalarında belirli tane fraksiyonlarında en uygun sonuç alınabilmektedir. Tüm bu amaçlar için iri taneleri teknolojik ve ekonomik açıdan istenilen tane boyutuna getirmek zorunludur. Bazı cevherlerin pazarlama şartlarında ince tane boyutunun gerekliliğini ön plana çıkabilmektedir. Kırma tüm proseslerde; mekanik verimi düşük yüksek miktarda enerji harcayan ancak önemli ve ilk işlem basamağı olarak ortaya çıkan vazgeçilmez bir prosestir. Kırma madencilik

uygulamalarının anahtar prosesi olmasının yanında; kimya, gıda, eczacılık, seramik döküm, boya gibi endüstriyel uygulamalarının da etkin proses aşamasıdır. Mevsimsel şartlara bağlı olarak 250 ton/saat kapasiteli kırma tesisi genel akım şeması Şekil 4.9’ da verilmektedir



Şekil 4.9: Kırma prosesi genel akım şeması.

Boyut küçültmenin derecesi malzemenin kullanım alanındaki gerekliliğine göre değişmektedir. Stoklanan tüm cevher belirli bir kapasite ile çalışan kırıcılardan geçirilerek boyut küçültme işlemine tabi tutulmaktadır. Dolayısıyla kırıcılarda yapılan iş hacmi oldukça büyük değerdedir. Kırma işleminde kullanılan makineler (kırıcılar), tanelere baskı, darbe ve kesme kuvveti uygulayarak onları daha küçük tane boyutlarına indiren mekanik araçlardır. Tesiste gerek doğrudan satılabilir ürün elde etmek gerekse de flotasyon ile zenginleştirme tesisinde işlenmek üzere kurulu kırıcılar primer kırıcılar (çeneli kırıcılar), sekonder kırıcılar (çekimli kırıcılar) ve tersiyer kırıcılar (darbeli kırıcılar) kullanılmaktadır.

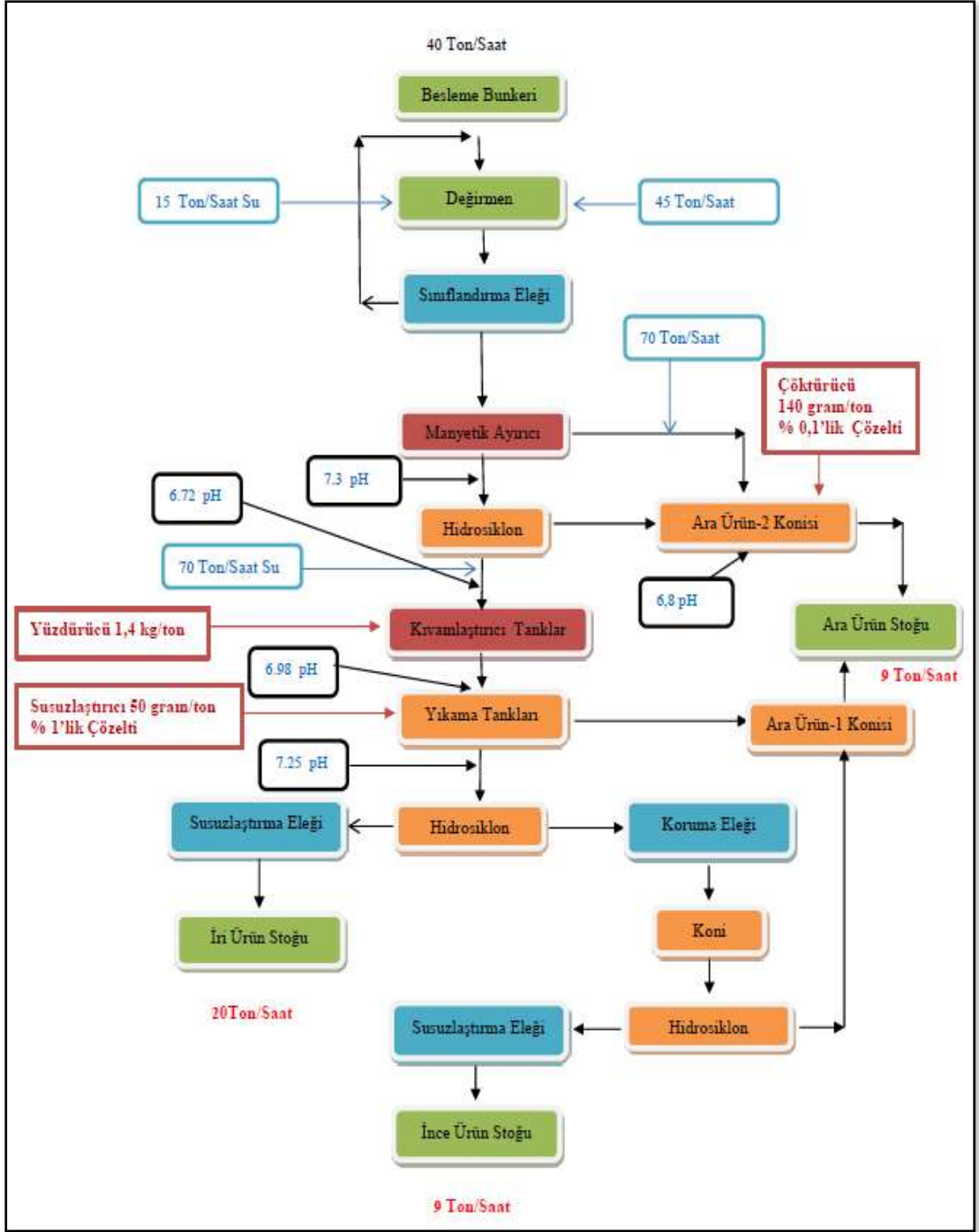
Tesise kırılmış boyutta cevher beslenmektedir. Çeneli kırıcıda kırılan cevher sınıflandırma eleklerine beslenmekte kırılmış cevher haline getirilmektedir. Prosesin bu aşamasında sınıflandırma amacı ile elekler kullanılmaktadır.

Cevherin daha ince boyutlara getirilmesinde sekonder kırıcılar kullanılmaktadır. Bu amaçla primer kırıcı sonrası sınıflandırma eleklerinden gelen iri boyutta olan cevher sekonder kırıcıya beslenmektedir. Sekonder kırıcılar da darbe ve baskı etkisi ile cevherin fiziksel yapısını değiştiren proseslerdir. Genel kırma devresinde bu tür kırıcılar da bir eleme sınıflandırma sistemi ile beraber çalışmaktadır.

Sekonder kırıcı sonrası gerek tüvenan cevheri satış gerekliliğine uygun tane boyutuna getirmek gerekse de flotasyon prosesindeki değirmen çalışma koşullarına uygun tane boyutunda cevher elde etmek amacı ile tersiyer kırma işlemi uygulanmaktadır. Tersiyer kırma da diğer kırma proseslerinde olduğu gibi fiziksel bir işlem olup tamamen cevher tane boyutunu istenilen inceliğe getirmek amaçlı yapılmaktadır. Kırma Tesisine beslenen hammaddenin tamamı ürün olarak kullanılmakta olup, bu prosesden herhangi maden atığı çıkmamaktadır.

4.2.3.2. Zenginleştirme Prosesi

Feldispat içeriğinde istenmeyen safsızlıkların giderilerek tüketim alanlarının gerekliliğine uygun kalitede konsantreler üretmek için zenginleştirme prosesi uygulanmaktadır. Bu aşamada proseste uygulanan iş akış şeması Şekil 4.10'da verilmektedir.



Şekil 4.10: Zenginleştirme tesisi iş akış şeması.

4.2.3.3. Değirmen Prosesi

Cevher içindeki minerallerin serbestleşmesini sağlayarak bir ayırma prosesinde etkin olarak zenginleştirilmesini gerçekleştirmek için öğütme işlemi uygulanmaktadır. Bu işlemde amaç mineral tanelerini ince boyutlara getirilerek serbestleştirmektir. Öğütmede; darbe, ezme, kesme ve sürtme kuvvetleri ile taneler daha ince boyutlara

getirilmektedir. Öğütme işlemi bilyalı değirmenlerde yaş öğütme metodu ile gerçekleşmekte ve bir sınıflandırıcı ünitesi ile kapalı devre halinde çalışmaktadır. Öğütücü ortam olarak alümina bilyalar kullanılmaktadır. Değirmen devresine 45 ton/saat cevher ve 15 ton/saat su beslemesi yapılarak yeterli inceliğe gelince cevher sınıflandırıcılarda tane boyut kontrolü sonrasında zenginleştirme devresine beslenmektedir. Değirmen fiziksel bir işlemdir. Bu devrede cevher sadece boyut küçültme işlemi ile ince boyuta getirilmektedir.

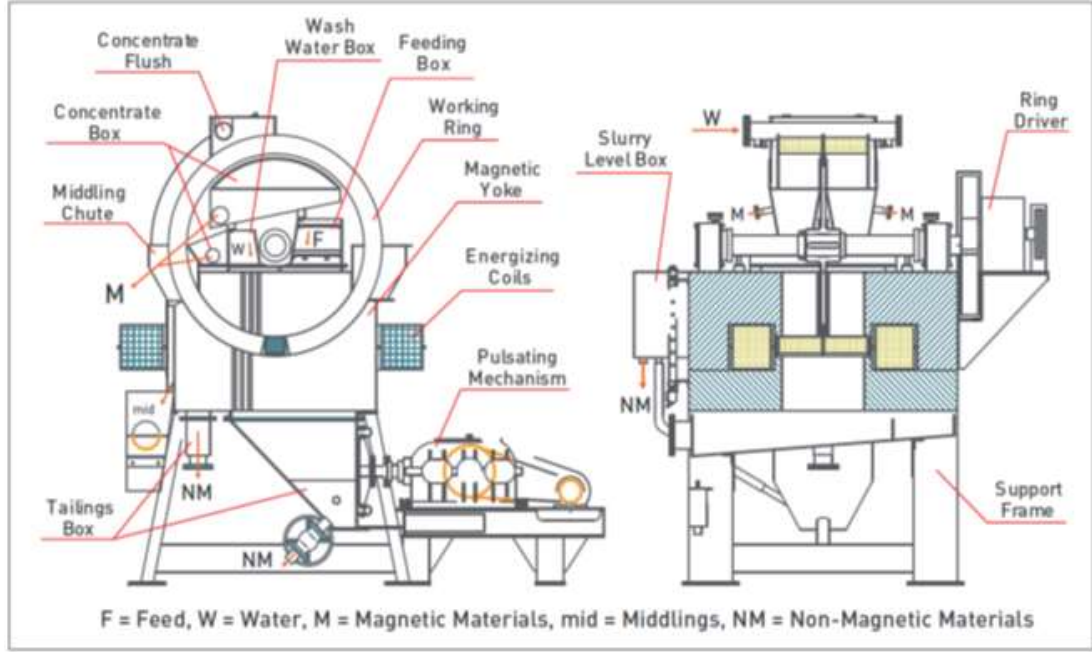
Değirmen ürünü bir sınıflandırma ünitesi ile kapalı devre çalışmaktadır. Bu sistemin amacı değirmenden çıkan ürünün tane boyut kontrolüdür. Bu devrede istenilen tane boyutundan daha iri olan cevher değirmene geri beslenerek tane boyut küçültme işlemine devam etmektedir. Sınıflandırıcıdan iri boyutta ayrılan ve değirmene öğütülmek üzere tekrar geri beslenmektedir.

4.2.3.4. Manyetik Ayırma Zenginleştirme Tesisi

Manyetik ayırma yöntemi ile zenginleştirme, fiziksel bir zenginleştirme teknolojisidir. Burada minerallerin fiziksel yapı farklılıkları kullanılmaktadır. Minerallerin farklı manyetik duyarlılıkları gibi fiziksel özelliklerinden faydalanılarak yapılan bu zenginleştirme yöntemi, özellikle endüstriyel minerallerin içindeki çok az miktarlardaki manyetik duyarlılık gösteren safsızlıkları başarıyla uzaklaştırılmakta kullanılmaktadır. Minerallerin manyetik duyarlılık gibi tamamen fiziksel özelliklerinden faydalanılarak yapılan bu yöntemde mineral yapıları değiştirilmeden sadece manyetik özellik gösterenlerin mıknatıslar yardımı ile ayrılmasına dayanmaktadır.

Genel olarak bir manyetik zenginleştiricinin çalışma prensibi verilmektedir. Farklı manyetik duyarlıktaki (susceptibility) mineral tanelerinin, uygun bir manyetik alan içinde birbirinden ayrılması işlemine “manyetik ayırma” denir.

Şekil 4.11’deki gibi manyetik alanı oluşturan madde manyetik ayırıcı içinde bulunan sabit veya elektromıknatıstır.



Şekil 4.11: Yaş manyetik separatör genel prensip şeması.

Manyetik alan içinde hareket etmekte olan bir mineral tanesi, manyetik çekim kuvvetinden başka, yerçekimi, sürtünme, hidrodinamik ve taneler arası itici veya çekici kuvvetlerin etkisi altında olmaktadır. Beslenen malzeme içindeki zayıf manyetik mineraller olukların yüzeyinde tutulurlar. Manyetik olmayan mineraller akararak alta toplanırlar. Olukların üzerinde tutulan manyetik mineraller, olukların manyetik alan dışına çıkmasıyla yıkanarak manyetik fraksiyon olarak elde edilirler. Böylece bir ayırma işlemi gerçekleştirilmiş olur.

Esan Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat Zenginleştirme tesisinde sınıflandırma eleği sonrası cevher içindeki manyetik özellikli empüritilerden temizlemesi amacı ile ilk aşamada yaş manyetik zenginleştiricilere beslenmektedir. Burada cevher içeriğindeki mikalı ve rutil içerikli partiküller mıknatıslar tarafından tutularak temizlenmektedir.

Manyetik zenginleştirme prosesi tamamen fiziksel esaslara dayalı bir zenginleştirme prosesidir. Burada cevher içindeki manyetik duyarlılığı olan mineraller uzaklaştırılmaktadır. Manyetik zenginleştirmeden çıkan konsantre hidrosiklonlarda iri ve ince ürün olarak ayrılmakta ve iri ürün flotasyon devresine beslenmektedir. İnce ürün ise ara ürün olarak satışa sevk edilmektedir. Manyetik zenginleştirme prosesinde maden atıkları bu prostesten kaynaklanmaktadır.

4.2.3.5. Flotasyon Prosesi

Manyetik zenginleştirme devresinde içindeki empürütelerin bir kısmı temizlenen cevher temiz konsantre üretmek ve tüketim alanının gereksinimini karşılayabilmek amacı ile flotasyon devresine beslenmektedir. Feldispat flotasyonu yukarıdaki bölümde de açıklandığı üzere ters flotasyon yöntemidir. Burada cevher içeriğindeki mika ve rutil içerikli empürüteler yüzdürülmekte ve temiz feldispat konsantresi batan ürün olarak elde edilmektedir. Flotasyon prosesinde yüzdürülmek istenilen minerallerin yüzeylerine hidrofob özellik kazandırmak için aşağıda Tablo 4.3’de verilen kimyasallar kullanılmaktadır.

Tablo 4.3: Flotasyon prosesinde kullanılan reaktifler.

Kimyasal Adı	Miktarı	Kullanım Amacı
DER NA 7	1400 g/ton	Kollektör
ALKOFER KC	50 g/ton	Köpürtücü
ENFLOC 230N	140 g/ton	Flokülant

Flotasyon devresinde kullanılan reaktifler cevherin kimyasal yapısını değiştirmeden sadece yüzey özelliklerini değiştirerek flotasyon prosesini gerçekleştirirler. Bu reaktifler su içinde çözünmüş halde bulunurlar ve sistemde kapalı devre halinde dolaşımda olup hiçbir şekilde dışarıya deşarj edilmemektedir.

Kondüsyonerlerden flotasyon selüllerine pnömatik yöntemle besleme yapılmaktadır. Flotasyon selüllerinde ortamdaki hava kabarcıklarının köpürtücü reaktifleri ile sağlam stabil köpük formuna dönüştürülmesi ve bu köpüğe hidrofob hale gelmiş mineral tanelerinin tutunarak ortamdan ayrılması ile flotasyon işlemi gerçekleşmiş olmaktadır. Tesiste temel bir süpürme ve bir de temizleme devresi vardır. Flotasyon prosesinde ortamdaki su balansı ve sistem içindeki pH değerleri incelendiğinde; ortamın kapalı devre su dolaşımında olduğu ve tesisi içindeki suyun sürekli kullanılarak flotasyon ortamının yaratıldığı saptanmıştır. Ayrıca sistem içinde pH değerlerinin 6.5 – 7.5 Aralığında kaldığı, aşırı asidik veya bazik bir ortamın olmadığı saptanmıştır.

Flotasyon sisteminde kullanılan hidrosiklonlar, çöktürücü tanklar ve çöktürme havuzları kullanılarak katı sıvı ayrımı yapılmakta ve sistem içindeki suyun minimum

kayıpla tekrar kullanılması sağlanmaktadır. Böylelikle çevreye herhangi bir deşarj olmamakta ve bir atık oluşmamaktadır [11].

4.2.3.6. Kurutma Prosesi

Maden sektöründe en önemli temel işlemlerden biri de üretimin satıştaki nem koşullarına uygun hale gelmesini sağlayan kurutma işlemleridir. Yaş proseslerde üretilen konsantrenin satış koşullarındaki nem değerlerine getirmek için kurutma işlemi uygulanır.

Kurutma işleminde kurutmak istenilen madde üzerine ısı enerjisi verilerek suyun buharlaşması için gerekli buharlaşma ısısı sağlanır. Bu ısı aktarımı sonucu buharlaşan su, madde yüzeyinden kurutucu hava içine difüzlenerak uzaklaşır. Bu şekilde ısı aktarımı yolu ile suyun maddeden buharlaşarak uzaklaşması sağlanır.

Şekil 10'da Yeniköy tesisindeki kurutma prosesinin iş akış şeması verilmektedir. Sistemde % 8 – 10 nemli ürünün kurutulması ile % 0 nemli ürün elde edilmektedir. Kurutma prosesi konsantre içeriğindeki suyun termal işlem ile giderilmesi işlemi olup proses içinde cevher kimyasal değişime uğramamaktadır.

Kurutma fırınları çıkışında toz emisyonlarını azaltmak için filtre sistemi bulunmaktadır. Gaz emisyonlarını azaltmak için de fırında yakıt olarak sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) kullanımı tercih edilmiştir. Kurutma Prosesinden manyetik permrollerden maden zenginleştirme atıkları çıkmaktadır.

4.2.3.7. Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisi

Esan Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesis i'nde su, üretim sırasında, işletme alanında toz oluşumunu önlemek için, çalışan personelin kullanımı ve içme suyu olarak kullanılmaktadır. Çalışanların ihtiyaçları için gerekli olan su şebekeden sağlanmakta olup içme suyu ihtiyacı damacanalarla karşılanmaktadır. Üretim sırasında kullanılan su geri dönüşümden ve yeraltı suyundan sağlanmaktadır. Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisinde en çok su kullanımı ürün flotasyon prosesi sırasında oluşmaktadır. Tesiste yaklaşık 1.200 m³ suya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu suyun Tablo 4.4' deki gibi yaklaşık 1.000 m³'lük kısmı geri devir ettirilen sudan

karşılanmakta, yaklaşık 200 m³'lük kısmı ise ruhsatlı yeraltı kuyusundan temin edilmektedir.

Tablo 4.4: Esan Yeniköy Tesisi yaklaşık su kullanım miktarları.

Proses tipi	Miktar (m ³ /gün)
Proses Suyu	1.200
Toz Önleme için Sulama Suyu	8
Çalışanlar için Kullanma Suyu	15
İçme Suyu	0.15
Ortalama Kullanım Miktarı	1223

Esan atıksu arıtma tesisleri 18 adet bölmesi olan bir dizi çökeltim havuzundan oluşmaktadır. Bu havuzlardan ikisi arıtılmış su bekletme havuzudur, ikisi taşkın emniyet havuzudur ve ön dört adet havuz çökeltme işlemi için kullanılmaktadır. Bu havuzlar toplam 750 m²'lik bir alan üzerine yerleştirilmiştir. Her bir havuz ünitesinin ölçüsü 15 m x 20 m x 2.5 m'dir ve kullanılabilir depolama hacmi 750 m³'tür. Sadece arıtma amaçlı (14 x 750 m³) 10 500 m³ su tutma kapasitesi mevcuttur. Günlük faaliyetlerde 1.200 m³ su kullanıldığı dikkate alındığında tesisin en az 7 ila 9 gün arasında bekletme süresi kullandığı görülmektedir. Bu havuzlarda ortalama olarak aylık 2.000 ton ince elenmiş maden birikmektedir.

Tesis arazisinin en düşük kot seviyesinde bulunan iki adet taşkın emniyet havuzu da endüstriyel atık suyun geri kazanımında kullanılmakta ve bekletilen su buradan geri dönüşüm havuzlarına pompa ile gönderilmektedir.

Bütün çökeltme havuzlarında biriken katı madde zaman zaman manuel olarak kepçe yardımı ile çıkarılmakta, tesisin yanında bulunan depolama alanında bekletilmekte ve ticari ürüne dönüştürülmektedir. İşletmede tehlikeli kimyasal kullanılmadığı için çamur içinde tehlikeli madde bulunma olasılığı yoktur.

Esan'da kullanılan arıtma tesisi tasarımı ve işletilmesi basit bir sistemdir. Otomasyon bulunmadığı için iş gücü kullanılarak işletilmektedir. Askıda katı maddelerin giderimi için tasarlanmış çökeltme havuzları mevcut işletme yapısına uygun bir fiziksel atıksu arıtma tesisidir.

Esan Yeniköy Tesisinde proses suyunu geri kazanmak için "L" şeklinde ilave çökeltme havuzları da yapılmaktadır. Ayrıca yağmur nedeni ile oluşan yamaç ve yüzey sularını işletme sahası içerisine girmeden toplamak için İşletme sınırı boyunca

kuşaklama kanalları yapılmış ve bu suların saha içerisine girmeden doğal akışla drene olması sağlanmıştır. Böylelikle iyi bir sistemli yapı oluşturularak hem tesisin ihtiyacı olan su etkin bir şekilde kullanılmakta hem de işletme dışına kontrolsüz su çıkışı önlenerek deşarj olasılığı ortadan kaldırılmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde Feldispat flotasyonu prosesi atıkları değerlendirildiğinde fiziksel, kimyasal ve minerolojik analiz değerlendirilerek nasıl tekrar kullanılabileceği tartışılacaktır. Yapılan analizler sonucu seramik, yer karosu, granit ve vitrifiye üretiminde endüstriyel hammadde cevherinden oluşan reçetelerinde alternatif hammadde olarak kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Atıkların düzenli depolama sahalarının kapatılması aşamasında üst tabaka teşkilinde feldispat flotasyon atıklarının boyut analizleri kapsamında kil boyutunda malzeme olduğu için zemin etüdü, boyut analizi, sıkışma testleri sonuçları kapsamında atıkların düzenli depolanması hakkında yönetmeliğe göre uygunluğu irdelenmiştir.

Marjinal tarım arazilerinde rehabilitasyon amaçlı kullanımı için feldispat flotasyon atığının içeriğinde toprak mineralleri oranları irdelenecektir. Ayrıca söz konusu atıkların ekotoksik özellikleri ve ağır metal içeriği kapsamında yapılan analiz sonuçları irdelenmiştir.

5.1. Atıkların Seramik Sektöründe Kullanımı

Feldispat flotasyonu atıklarının seramik, yer karosu, granit, vitrifiye üretimi için felsipat, kil, kaolen ve kuvars gibi endüstriyel hammaddelerden oluşturulan reçeteler içerisinde kullanımı söz konusudur. Flotasyon prosesi sonucu üretilen yüksek kalite feldispat söz konusu reçetelerde kullanıldığında beyaz ürünlerin üretilmesi için yüksek verim alınmaktadır. Yine seramik sektöründe üretilen ürünlerin yüzey, sır kaplamalarında kaliteli ürün üretilmesi için kullanılmaktadır. Feldispat flotasyonu atıklarının söz konusu reçelerde kullanımı ile koyu renkli ürünlerin üretiminin gerçekleştirilebildiği gibi yer karosu ve granit gibi ürünlerde sırt dolgusunda da kullanılabilirliği sonucuna ulaşılmıştır.

Seramik reçeteleri kil, kaolen, kuvars ve feldispat gibi endüstriyel hammaddeler farklı oranlarda karıştırılarak oluşturulan reçeteler ile üretilmektedir. Bu çalışmalarda zenginleştirilmiş feldispat ve kuvars cevheri yerine feldispat flotasyon atığı ile kuvars yıkama prosesi havuz incisi atığının farklı oranlarda karıştırılarak oluşturulan reçeteler üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Yeniköy felsipat flotasyon prosesinden çıkan Fe_2O_3 değeri yüksek olan atığın granit reçetesinde değerlendirilmesi çalışmanın

kapsamını oluşturmaktadır. P1 kili ve Kuhta kaolini ile ara ürün karıştırılarak farklı reçeteler hazırlanmış ve reçete sonuçları değerlendirilmiştir. Tablo 5.1’ de atığa ait sonuçlar, Tablo 5.2’ de ise reçetelere ait bilgiler ve analiz sonuçları yer almaktadır.

Tablo 5.1: Yeniköy Felsipat madeni zenginleştirme tesisi atığı kimyasal analizi.

Kimyasal Analiz	A.Z. (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
	0.77	65.09	20.62	0.45	0.16	1.31	1.06	9.43	1.10

Tablo 5.2: Seramik reçetesine kil, kaolen ve Feldispat atığı ile Kuvars havuz incesi karışımı içeren tüm reçete ile ilgili bilgileri.

	Reçete 1	Reçete 2	Reçete 3	Reçete 4	Reçete 5	Reçete 6	Reçete 7
Feldispat Ara Ürün	50	40	30	20	60	70	80
Çine Havuz Atığı	50	60	70	80	40	30	20
K.K. (LOI) (%)	0.85	1.02	0.93	0.92	0.92	0.90	0.92
SiO ₂ (%)	76.01	77.14	79.93	83.05	73.80	71.07	68.76
Al ₂ O ₃ (%)	13.17	12.96	11.55	9.82	14.61	15.98	17.21
Fe ₂ O ₃ (%)	0.56	0.59	0.54	0.44	0.64	0.70	0.75
TiO ₂ (%)	0.72	0.62	0.51	0.40	0.83	0.93	1.05
CaO (%)	0.99	0.83	0.68	0.50	1.02	1.24	1.38
MgO (%)	0.95	0.86	0.73	0.57	1.12	1.24	1.36
Na ₂ O (%)	5.68	4.87	4.11	3.39	5.95	6.79	7.38
K ₂ O (%)	1.06	1.09	1.01	0.90	1.10	1.13	1.19
Pişme Sıcaklığı (°C)	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
L (Açıklık. Koyuluk)	61.65	61.04	68.73	76.89	58.77	56.62	55.94
a (+Kırmızı. - Yeşil)	5.19	5.44	4.11	3.89	5.53	5.55	5.53
b (+Sarı.-Mavi)	21.12	18.77	14.80	13.33	21.90	21.55	22.40

Reçete 1: Seramik reçetesine kil, kaolen ile % 50 Feldispat atığı ile % 50 Kuvars havuz incesi karışımı ile oluşturulmuş reçetedir.

Reçete 2: Seramik reçetesine kil, kaolen ile % 40 Feldispat atığı ile % 60 Kuvars havuz incesi karışımı ile oluşturulmuş reçetedir.

Reçete 3: Seramik reçetesine kil, kaolen ile % 30 Feldispat atığı ile % 70 Kuvars havuz incesi karışımı ile oluşturulmuş reçetedir.

Reçete 4: Seramik reçetesine kil, kaolen ile % 20 Feldispat atığı ile % 80 Kuvars havuz incesi karışımı ile oluşturulmuş reçetedir.

Reçete 5: Seramik reçetesine kil, kaolen ile % 60 Feldispat atığı ile % 40 Kuvars havuz incesi karışımı ile oluşturulmuş reçetedir.

Reçete 6: Seramik reçetesine kil, kaolen ile % 70 Feldispat atığı ile % 30 Kuvars havuz incesi karışımı ile oluşturulmuş reçetedir.

Reçete 7: Seramik reçetesine kil, kaolen ile % 80 Feldispat atığı ile % 20 Kuvars havuz incesi karışımı ile oluşturulmuş reçetedir. Tüm reçeteler ile ilgili bilgiler Tablo 5.2' de verilmiştir.

Yapılan çalışma sonrasında; Reçete 5 nolu karışım reçetesinin renk, mukavemet değerleri uygun aralıkta gözükmemektedir. Ancak tüm ürünlerde, atık içerisinde kalan miktardan dolayı yüzeyde kirlilik gözüktüğü belirlenmiştir. Bu sebepten sadece dolayı koyu renkli ve düşük kalite seramik üretimi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Seramik sektörü için iki deneme ise feldispat ve kuvars maden atıklarının farklı oranlarda karıştırılarak reçetelerde denemesini içermektedir. Esan Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat flotasyon prosesi atıkları ve Esan Çine Kuvars yıkama havuz incesi atıkları karıştırılması ile alternatif hammadde elde edilmesi mineralojik analiz, pişme tesis ve renk analizleri yapılmıştır. Esan Yeniköy Feldispat flotasyon prosesinden çıkan atıkların, Fe_2O_3 değeri yüksek olan atığın ve Çine kuvars havuz atığının granit reçetesinde değerlendirilmesi çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Bu kapsamda, feldispat atıkları ile Çine kuvars havuz atığı farklı oranlarda karıştırılarak özellikleri incelenmiş, ayrıca seçilen karışımlar üzerinden granit reçeteleri çalışılmıştır. Tablo 5.1'de ara ürün-2'ye ait sonuçlar, Tablo 5.2' de ise reçetelere ait bilgiler ve analiz sonuçları yer almaktadır.

Çalışma sonrasında yapılan değerlendirmeye göre, beklendiği gibi Çine havuz atığının karışım reçete içerisinde artması ile SiO_2 artmakta ve erime zorlaşmaktadır. Feldispat ara ürününün artması ile de renk değerleri koyulaşmakta ve erime artmaktadır. Beklenen bu sonuçlara istinaden renk, kimyasal ve erime davranışına göre seçim yapılarak Reçete 1, 2 ve 5'in hazırlanarak karışım reçetelerin granit reçetesinde denenmesine karar verilmiştir. Bu çalışma kapsamında % 50 ESC 1 ile karışımlar karıştırılarak iki farklı sıcaklıkta pişmeye tabi tutulmuştur.

Tablo 5.3: Karışım reçetelerin granit reçetesinde denenmesine ait sonuçları.

	Reçete 1		Reçete 2		Reçete 5	
ESC 1	50		50		50	
Reçete 1	50		0		0	
Reçete 2	0		50		0	
Reçete 5	0		0		50	
Pişme Sıcaklığı (°C)	1160	1200	1160	1200	1160	1200
Pişme süresi (dk)	90	90	90	90	90	90
Kuru Bağlama Dayanımı (kg/cm ²)	51.69	51.69	56.39	56.39	53.24	53.24
Toplu küçülme (%)	5.78	5.68	5.59	5.41	5.41	5.39
Su Emme (%)	0.75	0.02	1.15	0.04	0.58	0.03
Pişme Mukavemeti (kg/cm ²)	619.58	621.65	525.81	677.83	510.46	520.02
L(Açıklık. Koyuluk)	70.72	70.73	74.38	71.47	72.68	70.07
a(+Kırmızı. -Yeşil)	2.98	2.5	2.36	2.18	3.22	2.67
b(+Sarı.-Mavi)	14.91	13.68	14.96	13.13	15.53	13.80

Yapılan çalışma sonrasında; yüksek sıcaklıkta su emme değerleri düşmüş, pişme mukavemetleri artmıştır. Reçete 2 ile yapılan çalışmada açıklık değerleri yüksek seviyededir. Ancak tüm numunelerde sarılık değeri yüksektir. Tablo 5.3’ de görülebileceği gibi, tüm reçetelerde feldispat ara ürün içeriğinden gelen mika yüzeyde gözlemlenmiştir. Reçete 5’te ara ürün daha fazla olduğu için çok yoğun mika lekeleri bulunmaktadır. Bu reçeteler içinde Reçete 2’ye ait analiz sonuçları diğer reçetelere göre daha iyi sonuçlar vermiştir ancak yine de yüzeyde mika içerikleri yer almaktadır. Atıkları değerlendirebilmek adına, ikinci- üçüncü kalite ürün isteyen firmalara bu karışım önerilebilir. Sadece feldispat flotasyon prosesi atıklarının değerlendirilmesi için yapılan çalışma da renkli ve düşük kalite ürünlerin üretimi için alternatif hammadde olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Kuvars ve Feldispat atıklarının karışımı sonrasında mika kaynaklı yüzey kirlenmesinin sürdüğü belirlenmiştir. Ancak Reçete 2 (% 40 Feldispat ara ürün-2 + % 60 Çine havuz atığı) karışımı ikinci ya da üçüncü kalite ürün olarak hazırlanarak rengin önemli olmadığı uygulamalarda kullanılabilir. Seramik ve granit sektöründe alternatif hammadde olarak kullanımına uygun olduğu kanaatine varılmıştır. Endüstriyel simbiyoz uygulamalarına örnek teşkil edecek bir çalışma niteliğindedir. Yıllık 300.000 ton atık çıktığı düşünüldüğünde bu atığın alternatif hammadde olarak tekrar endüstriye kazanımı hep ekonomik hem de çevresel açıdan önemli bir kazanımdır. Sürdürülebilir Madencilik ilkesi kapsamında kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve çevresel

risklerin düşölmesine yüksek fayda sağlayacaktır. Oluşan atıkların yaklaşık % 30 kısmı seramik sektöründe alternatif hammadde olarak değlerlendirilmektedir.

5.2. Atıklarının, Atıkların Düzenli Depolama Tesislerinde Kullanımı

Esan Yeniköy Feldispat flotasyon prosesi atıklarının tane boyutuna bakıldığında kil niteliğinde tane boyutuna sahiptir. Atıkların düzenli depolama sahalarının kapatılması aşamasında kullanılan jeosentetik kil kullanımı kapsamında değlerlendirmesi için geçirgenlik testleri gerçekleştirilmiştir. Atıkların Düzenli Depolanması Hakkındaki yönetmeliğine göre üst tabaka teşkili için mineral geçirimsizlik tabakası $K \geq 1.0 \times 10^{-4}$ m/s geçirgenliğini sağladığı aşağıdaki analizlerde görölmüştür. Analizler sonrasında malzemenin permeabilitesinin mevzuata uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan kimyasal analiz, elek analizi, standart proktor analizi, dayanım analizleri, zemin analizleri, özgül ağırlık, hidrometrik ve permeabilite analiz sonucu Atıkların Düzenli Depolamasına Dair Yönetmeliğince üst tabaka teşkili için $K \geq 1.0 \times 10^{-4}$ m/s olarak belirlenen geçirimsizlik standardına uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bölge Belediyeler tarafından gerçekleştirilen birçok evsel atıklar için düzenli depolama tesis projeleri mevcuttur. Ayrıca vahşi depolama alanlarının rehabilitasyonu içinde üst tabaka teşkili olarak kullanılabilir ve yasal mevzuat kapsamında geçirimsizlik standartlarına uygundur. Bu kapsamda bölgesel olarak nakliye maliyetinin düşük olması ayrıca nakliyesi kapsamında egzoz emisyonu azalacağı için karbon salınımda azalacaktır. Söz konusu projeler Esan Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesis atıklarının alternatif hammadde olarak kullanımı, kil ya da jeosentetik kil ihtiyacının karşılayacağı için kaynakların sürdürülebilir kullanıma katı sağlayacaktır. Yapılan analiz sonuçları EK B' de sunulmuştur. Oluşan atıkların yaklaşık %10 kısmı atıkların düzenli depolanması tesislerinde değlerlendirilmektedir.

5.3. Atıklarının Tarım Alanlarının Rehabilitasyonu için Kullanımı

Esan Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesis atıklarının marjinal

tarım arazilerinin rehabilitasyonu amacı ile kullanılması kapsamında atığın toprak mineralleri içeriğinin tespiti yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 5.4’ da verilmiştir.

Esan Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisi atıklar analiz sonuçlarının değerlendirilmesine bakıldığında; Materyal orta alkali (8,40) tepkimelidir. Tuz tehlikesi bulunmamaktadır. Katyon değişim kapasitesi (KDK) (5.56) düşüktür. Materyalin kireç içeriği (% 1.80), organik madde içeriği (% 0.2), toplam azot içeriği (% 0.02), alınabilir fosfor (P) (% 1.40) içeriği düşüktür. Alınabilir potasyum (K) (24.50 mg/kg) ve kalsiyum (Ca) (534.60 mg/kg) içeriği yönünden ise çok fakirdir. Alınabilir magnezyum (Mg) (324.40 mg/kg) içeriği iyi durumdadır. Alınabilir demir (Fe) (2.78 mg/kg) ve çinko (Zn) (0.40 mg/kg) yönünden fakir olan materyalin alınabilir bakır (Cu) (0.36 mg/kg) ve mangan (Mn) içeriği (1.54 mg/kg) ise yeterlidir.

Tablo 5.4: Toprak analizleri sonuçları.

Parametre	Yöntem	Değer	Birim
pH	doygunluk çamurunda	8.40	--
Elektrik geçirgenlik	doygunluk çamurunda	118.1	µS/cm
Kireç	volumetrik	1.80	%
Kum	Bouyoucos	68.72	%
Mil	Bouyoucos	30.00	%
Kil	Bouyoucos	1.28	%
Organik Madde	Yaş oksidasyon	0.20	%
KDK		5.56	me/100 g
Değişebilir Ca		4.57	me/100 g
Değişebilir Mg		0.77	me/100 g
Değişebilir Na		0.14	me/100 g
Değişebilir K		0.08	me/100 g
Toplam N	Kjehdal	0.02	%
Alınabilir P	Olsen	1.40	mg/kg
Alınabilir K	1 N NH ₄ OAC	24.50	mg/kg
Alınabilir Ca	1 N NH ₄ OAC	534.60	mg/kg
Alınabilir Mg	1 N NH ₄ OAC	324.40	mg/kg
Alınabilir Na	1 N NH ₄ OAC	67.20	mg/kg
Alınabilir Fe	0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl ₂ + 0.1 M TEA	2.78	mg/kg

Tablo 5.4: Devam.

Alınabilir Cu	0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl ₂ + 0.1 M TEA	0.36	mg/kg
Alınabilir Zn	0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl ₂ + 0.1 M TEA	0.40	mg/kg
Alınabilir Mn	0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl ₂ + 0.1 M TEA	1.54	mg/kg
Alınabilir B	Sıcak suda erir	0.37	mg/kg
Toplam Cu	3 HCl : 1 HNO ₃	1.42	mg/kg
Toplam Zn	3 HCl : 1 HNO ₃	9.15	mg/kg
Toplam Cr	3 HCl : 1 HNO ₃	35.73	mg/kg
Toplam Pb	3 HCl : 1 HNO ₃	3.69	mg/kg
Toplam Ni	3 HCl : 1 HNO ₃	6.48	mg/kg
Toplam Cd	3 HCl : 1 HNO ₃	iz	mg/kg
Toplam Co	3 HCl : 1 HNO ₃	1.06	mg/kg

Esan Yeniköy Feldispat flotasyon prosesi atıklarının, Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelikte verilen topraktaki toplam ağır metal sınır değerlerine göre değerlendirilmesine bakıldığında; Tablo 5.5’ de, Evsel Ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelikte verilen topraktaki toplam ağır metal sınır değerleri verilmiştir. Materyalin içerdiği ağır metallerin değerlendirilmesi bu yönetmelikteki değerlere göre irdelenmiştir.

Tablo 5.5: Toprakta ağır metal sınırları.

Ağır Metal (Toplam)	6≤pH<7 mg. kg ⁻¹ Fırın Kuru Toprak	pH≥7 mg. kg ⁻¹ Fırın Kuru Toprak
Kurşun	70	100
Kadmiyum	1	1.5
Krom	60	100
Bakır	50	100
Nikel	50	70
Çinko	150	200
Civa	0.5	1

Esan Yeniköy Feldispat flotasyon prosesi atıklarının toplam Bakır (Cu) değeri (1.42 mg/kg) topraktaki sınır değer olan 100 mg/kg'ın çok altındadır. Çinko (Zn) değeri (9.15 mg/kg) topraktaki sınır değer olan 200 mg/kg'ın çok altındadır. Krom (Cr) değeri (35.5 mg/kg) topraktaki sınır değer olan 100 mg/kg'ın altındadır. Kurşun (Pb) değeri (3.69 mg/kg) topraktaki sınır değer olan 100 mg/kg'ın çok altındadır. Nikel (Ni) değeri (6.48 mg/kg) topraktaki sınır değer olan 70 mg/kg'ın çok altındadır. Kadmiyum (Cd) değeri iz olarak (çok düşük) saptanmıştır. Kadmiyumun topraktaki sınır değeri 1.5 mg/kg'dır. Kobalt (Co) içeriği (1.06 mg/kg) çok düşüktür. Esan Yeniköy feldispat flotasyon proses atıkları ağır metal içeriği yönünden sorunu bulunmamaktadır. Bu kapsamda TÜBİTAK-MAM tarafından yapılan analiz sonuçları EK D' de sunulmuştur.

Esan Yeniköy Feldispat flotasyon prosesi atıklarının reaksiyonunun (pH) yüksekliği, organik madde ve bitki besin elementleri (Mg, Cu dışında) içeriklerinin fakir olması; tarım alanlarında toprak verimliliğini artırma amaçlı kullanımını kısıtlamaktadır. Ancak, Esan Yeniköy Feldispat flotasyon prosesi atıkların normal magnezyum içeriğine sahip olması nedeniyle magnezyum eksikliği gözlenen topraklarda, toprağın reaksiyonu (pH'sı) dikkate alınarak kullanımı önerilebilir. Ayrıca, asit tepkimeli (düşük pH değerini sahip) topraklarda pH değerini yükseltmek için kullanımı mümkün olabilir. Diğer yandan ticari değere sahip olan bu materyal rehabilitasyon ve restorasyon çalışmaları kapsamında dolgu/peyzaj düzenleme malzemesi olarak da değer ifade ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Esan Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisinin bulunduğu topografya bakıldığında marjinal tarım arazilerinin çoğunluklu olarak bulunduğu ve tarıma elverişli olmayan bir topoğrafya sahip olduğu Şekil 5.1' de görülmektedir.

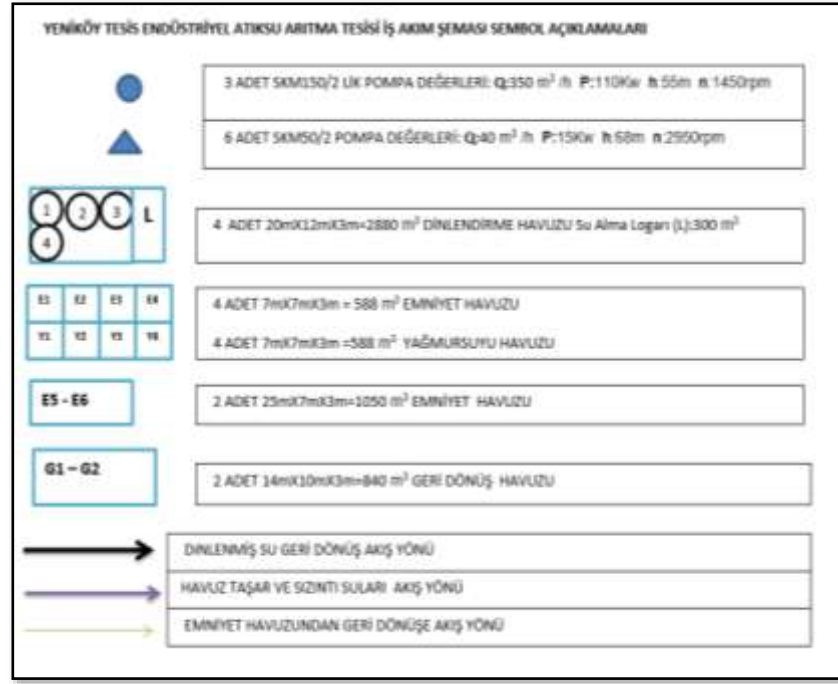


Şekil 5.1: Bölgenin topoğrafyası.

Esan Yeniköy Feldispat flotasyon prosesi atıklarının bölgede marjinal tarım arazilerinin rehabilite edilmesi kapsamında bölgede farklı alanlarda pilot uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Rehabilite edilen alanlara farklı meyve fidanları, orman ağaçları ve bitki uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda bölgenin tarımsal kaynaklı gelir ile kalkınması hedeflenmektedir. Atıkların % 60 oranında büyük bir kısmı tarım projelerinde kullanılmaktadır.

Esan Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat Zenginleştirme tesis oluşan flotasyon prosesinden ve yüzeysel sulardan kaynaklanan endüstriyel atıksular ve biyolojik atıksularının geri kazanımı ve tekrar kullanımı mümkündür. Flotasyon prosesi için gerekli olan taze su yeraltı suyu kaynaklarından sağlanmaktadır. Flotasyon prosesinden kaynaklanan endüstriyel atıksular arıtma konisinde flokülant dozlanmaktadır. Koni çıkış endüstriyel atıksu arıtma tesisi Şekil 5.2’ deki akım şemasında görüldüğü üzere bir dizi betonarme havuzlarda fiziksel çöktürme işlemi sonrasında arıtılan atıksular arıtıldıktan sonra, tekrar Flotasyon ünitesinde kullanılmaktadır.

Sekil 5.2: Yeniköy Tesis endüstriyel atıksu arıtma tesisi akım şeması.



Şekil 5.3: Yeniköy Tesis endüstriyel atıksu arıtma tesisi akım şeması sembol açıklamaları.

Yüzey suları tesis etrafında çepeçevre bulunan kuşaklama kanalı ve rögarlar vasıtası ile endüstriyel atıksu arıtma tesisine alınmaktadır. Endüstriyel arıtması, Şekil 5.3' deki sembol açıklamalarında görüldüğü gibi geçirildikten sonra tekrar üretime beslenmektedir. Endüstriyel atıksular kapalı sistem ile sürekli geri dönüşümlü olarak kullanılmaktadır.

Esan Eczacıbaşı Yeniköy Feldispat Zenginleştirme kapalı devre olarak çalışan, endüstriyel atıksu ve ürün geri kazanımı sağlayan arıtma tesisinin su karakterizasyonu aşağıda Tablo 5.6' da verilmiştir. Ayrıca tabloda ilave su kaynağı olarak kullanılan yeraltı suyunun özellikleri de verilmektedir.

Tablo 5.6: Proses çıkış suyu, geri kazanım sonrası ve yeraltı suyu analiz sonuçları.

	Geri Dönüş Havuzu Giriş	Geri Dönüş Havuzu Çıkış	Proses Suyu Giriş	Geri Devir Giriş Suyu	Yeraltı Suyu
pH	6.45	6.36	6.40	6.44	6.23
İletkenlik (µS/cm)	499	491	490	494	196
Toplam çözünmüş katı madde (mg/L)	220	216	216	217	87

Tablo 5.6: Devam.

Tuzluluk (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bulanıklık (FAU)	656	550	624	386	119
Toplam katı madde (mg/L)	10885	860	985	845	220
Organik katı madde (%)	4	24	23	26	25.00
Organik katı madde (mg/L)	415	210	230	225	55
İnorganik katı madde (%)	96	75	76	73	75.00
İnorganik katı madde (mg/L)	10470	650	755	620	165
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.47	0.23	0.10	0.05	0.02
NO ₃ (mg/L)	0.60	1.80	0.60	0.40	3.00
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.026	0.016	0.024	0.014	0.004
PO ₄ ⁻³ (mg/L)	0.94	2.14	0.76	0.48	0.49
KOİ (mg/L)	280	240	250	155	19
SO ₄ ⁻³ (mg/L)	44.8	43.5	42.0	42.1	47.1
Alkalinite (mg CaCO ₃ / L)	104	100	100	102	24

Esan Yeniköy atıksu arıtma tesisi analiz sonuçlarına göre, halen faaliyette olan tesis, atıksu içerisindeki partikül madde arıtımında oldukça verimli çalışmaktadır. Arıtma tesisine girişte litrede 10.89 gram olan toplam madde arıtım sonrası litrede 0.85 grama inmektedir. Bu değişim, Esan Yeniköy tesislerinde % 88' lik bir giderim verimi anlamına gelmektedir. Esan arıtma tesisinin temel tasarım ve kuruluş amacı kolloidal yapıdaki katı maddenin su fazından uzaklaştırılmasıdır. Tesis tasarım hedefini tutturmaktadır. Elde edilen arıtılmış atıksu geri dönüştürülecek ve tesiste kullanılacak özellikleri kazanmaktadır. Flotasyon prosesinde partikül madde içeriği endüstriyel atıksu arıtma tesisinde giderilerek flotasyon prosesine su ihtiyacı için yeniden kullanımı sağlanmaktadır.

Bu süreçte arıtma tesisinde % 45' lik KOİ giderimi de elde edilmektedir. Endüstriyel arıtma tesisi çözünmüş maddelerin gideriminde etkin değildir. İletkenliğin bütün arıtım hattı boyunca sabit kalması da tesiste çözünmüş maddelerin arıtımı olmadığını ortaya koymaktadır. Çözünmüş organik veya inorganik maddelerin giderimi çökeltme havuzlarında hedeflenen bir süreç değildir. Arıtılmış atıksuda bulunan çözünmüş maddeler endüstriyel kullanım suyu için bir engel oluşturmamaktadır.

Ayrıca Biyolojik Atıksular, Biyolojik Atıksu Arıtma tesisinde klasik ve ileri arıtmaya tabi tutulduktan sonra tesis içerisinde toz emisyonu ile mücadele kapsamında tekrar değerlendirilebilir olduğu görülmüştür.

6. SONUÇ

Feldispat flotasyon prosesi atıklarının seramik üretimi için kullanılan endüstriyel hammaddelerden oluşan reçeteler kapsamında alternatif hammadde olarak değerlendirilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Atıkların düzenli depolama sahalarının kapatılması için üst tabaka teşkilinde mevzuata göre uygun permeabilite kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Marjinal tarım arazilerinde rehabilitasyon için ekosisteme zararlı olmadığı ve toprak mineralleri bakımından kültür bitkilerinin yetiştirilmesi için uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Oluşan atıkların % 60 oranında tarım projelerinde, % 30 oranında seramik sektöründe ve % 10 oranında atıkların düzenli depolanma tesislerinde kullanımı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Öncelikle Endüstriyel Mineraller ve Hammaddelerin zenginleştirilmesinde gelişen teknolojiler ile bugünün atıkları yarının hammaddesi olma potansiyelindedir. Özellikle seramik sektöründe düşük kalite seramik üretim için feldispat flotasyonu prosesi atıklarının alternatif hammadde olarak kullanımının mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda Kuvars atıkları ile Feldispat atıkları karıştırıldığında daha fizibil sonuçlarla alternatif hammadde kullanımının mümkün olduğu görülmüştür. Seramik, yer karosu, granit, vitrifiye üretiminde, refraktar tuğla, taş parke üretiminde feldispat flotasyonu prosesi atıklarının alternatif hammadde olarak kullanımı mümkündür. Bu proje kapsamında irdelenen Esan Yeniköy Feldispat Zenginleştirme Tesisleri yılda 300.000 ton atık çıktığı düşünüldüğünde söz konusu atığın endüstriyel olarak değerlendirilmesi ekonomik ve çevresel açıdan büyük katkı sağlamaktadır. Feldispat Zenginleştirme Tesisleri atıklarının kurutma, flotasyon ve fiziksel arıtma gibi farklı kaynaklardan çıktığı belirlenmiştir. Prosesin farklı noktalarında çıkan nem, boyut ve mineralojik olarak farklı atıkların ayrı depolanması söz konusu atıkların alternatif hammadde olarak daha verimli değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Feldispat Maden Zenginleştirme Tesislerinden çıkan atıkların kil boyutunda olması sebebiyle, geçirgenlik katsayısının yasal mevzuat kapsamında atıkların düzenli depolanmasına dair yönetmeliğe göre üst tabaka teşkili standartlarına uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bölgemizde bulunan vahşi depolama sahalarında yaz aylarında sürekli yangın olay ile karşılaşılmaktadır. Bu sebeple bölgedeki vahşi depolama tesislerinin rehabilite edilmesi için bölgede ihtiyaç duyulan bir malzemedir. Feldispat Maden Zenginleştirme Tesislerinden çıkan atıkların söz konusu rehabilite

alışmalarında kullanılması yaşanan sorunun çözümü kapsamında önemli bir alternatif çözüm sunmaktadır. Ayrıca Bölgemizde vahşı çöp depolama sahaları yerine evsel atık düzenli depolama tesislerinin inşa edilmektedir. Bu kapsamda malzeme ihtiyacı Feldispat Maden Zenginleştirme Tesislerinden çıkan atıklarının kullanımı bölgede bulunan projeler için ulaşılabilir açısında önemli bir alternatif hammadde olarak değeriendirilebilir. Nakliye açısından daha kısa rota ile proje sahasına ulaşması daha az egzoz emisyonu salımı meydana gelecektir. Sürdürülebilir madencilik ilkesi kapsamında kaynakların sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

Feldispat Maden Zenginleştirme Tesislerinden çıkan atıklarının marjinal tarım arazilerinin rehabilitesi kapsamında değeriendirilmesi irdelendiğinde alternatif hammadde olarak kullanımının mümkün olduğu görülmektedir. Feldispat Zenginleştirme Atıklarının analizi sonucu içreğinde toprak kirliliği ne sebep olacak herhangi bir ağır metal kirlletici olmadığı tespit edilmiştir. Feldispat Zenginleştirme Atıklarının analizi sonucunda kalsiyum mineralinin fazla olmasından dolayı tuzluluk oranı az olan tarım arazilerinde daha verimli üretim yapılması açısından önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Feldispat Zenginleştirme Atıklarının tarımsal amaçlı kullanımı tarım yapılmayacak alanlarda endüstriyel tarım uygulamalarının hayata geçirilmesi için önemli bir fırsat yaratacaktır. Yapılan pilot ölçekli uygulamalarda meyve fidancılığı gibi endüstriyel olarak kazanç sağlayacak ürün elde edilebilecek faaliyetlerin bölgesel kalkınma anlamında katkı sağlanacağı düşünölmektedir.

Çalışmadan çıkan sonuçlar özetlenecek olursa Madencilik sektöründe endüstriyel simbiyoz kapsamında seramik ve benzeri sektörler için atığın alternatif hammadde olarak kullanımı sağlanacaktır. Hem ekonomik hammadde tercih edilirken aynı zamanda da atıkların düzenli depolanma alanı için oluşacak maliyetler ve çevresel etkiler ortadan kalacaktır.

Feldispat Maden Zenginleştirme Tesislerinden çıkan atıklarının atıkların düzenli depolama sahası kapatma aşamasında üst tabaka teşkilinde kullanılması kapsamında yasal mevzuat kapsamında uygun olduğu kanaatine varılmıştır. Bölgesel atıkların düzenli depolama projeleri için ekonomik ve çevreci bir çözüm olması önemlidir.

Feldispat Maden Zenginleştirme Tesislerinden çıkan atıkları endüstriyel tarım için kullanılma özelliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bölgesel topografya kapsamında marjinal tarım arazilerinin rehabilite edilmesi ile bölgede endüstriyel tarımın yaygınlaştırılarak bölgesel kalkınmaya katkı sağlayacağı düşünölmektedir.

Feldispat Maden Zenginleştirme Tesislerinden çıkan fiziksel ve biyolojik atıksular arıtılarak geri kullanımı ile kaynakların sürdürülebilirliğine katkı sağladığı dşnlmektedir.

Son söz olarak sürdürebilir ve çevreci madencilik açısında bakıldığında maden zenginleştirme tesisi atıkların farklı sektörlerde kullanımı mümkün olduğu konu hakkında madencilik sektöründeki nc firmalar tarafından birçok ar-ge çalışmaları sürdürülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Lottermoser B.G, (2010), “Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts”, 3th Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [2] Marin R. Mehandjiev, (1996), “Waste Reduction and Minimization in Mining, Ore-Processing and Metallurgical Plants”, Florir Publishing House.
- [3] Ravidra K Dhir, (2013), “Sustainable Waste Management”, Thomas Telford.
- [4] Ravi J., (2015), “Environmental Impact of Mining and Mineral Processing”, 1st Edition, Butterworth-Heinemann.
- [5] Heather E. Jamieson, Stephen R. Walker, Michael B. Parsons, (2015),” Mineralogical characterization of mine waste”, Applied Geochemistry, 57, 85 – 105.
- [6] Jerrold J M., (1997), “Mining Environmental Handbook”, Imperial College Press.
- [7] Hossain Md A., (2015), “Sustainable rehabilitation of mining waste and acid mine drainage using geochemistry, mine type, mineralogy, texture, ore extraction and climate knowledge”, Journal of Environmental Management, 158, 111-1.
- [8] Karadeniz M., (2005), “Asit Maden (Kaya) Drenajında Aktif ve Pasif Çözüm Yöntemleri”, Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Ankara, Türkiye, 5-6 Mayıs.
- [9] Ilhwan Park, Carlito Baltazar Tabelin, Sanghee Jeon Xinlong Li, Kensuke Seno MayumiIto, Naoki Hiroyoshi, (2019), “A review of recent strategies for acid mine drainage prevention and mine tailings recycling”, Chemosphere, Volume 219, March, 588-606.
- [10] Lottermoser B.G., (2010), “Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impact”, Springer - Verlag Berlin Heidelberg.
- [11] Ye hang, Yuehua Hu,Ning Sun, Runqing Liu, Zhen Wang, Li Wang, Wei Sun, (2018), “Systematic review of feldspar beneficiation and its comprehensive application, Minerals Engineering”, Volume 128, November, 141-152.
- [12] Guanghui Yuan, Yingchang Cao, Hans-Martin Schulz, , Jon Gluyas, , Tian Yang, Yanzhong Wang, Kelai Xi, Fulai Li, (2019), “A review of feldspar alteration and its geological significance in sedimentary basins: From shallow aquifers to deep hydrocarbon reservoirs, Earth-Science Reviews”, Volume 191, April, 114-140.

- [13] Mansour E., Thomas B., Emmanuel M., Daniel M., Chris J., (2014), “Designing mine tailings for better environmental, social and economic outcomes: a review of alternative approaches”, *Journal of Cleaner Production*, 84, 411- 420.
- [14] ResGaz1, (2014), Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği, 20.06.2014 tarih ve 29036 sayılı Resmi Gazete.
- [15] ResGaz 2, (2015), Atık Yönetimi Yönetmeliği, 02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazete.
- [16] ResGaz 3, (2015), Maden Atıkları Yönetmeliği, 15.07.2015 tarih ve 29417 sayılı Resmi Gazete.
- [17] ResGaz 4, (2010), Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 26.03.2010 tarih ve 27533 sayılı Resmi Gazete.
- [18] Mert T., (2012), “Esan- Eczacıbaşı Milas Feldispat Tesisi Atıklarından Titanyum Minerali Kazanılması Olanaklarını Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [19] Ufuk M., (2016), “Esan Eczacıbaşı Yeniköy Tesis Teknolojik Durum Tespiti ve Teknolojik Değerlendirme Raporu”, Teknik Rapor No: 68377881/1287, Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü.
- [20] Parsons I., (2012), “Feldspars and their Reactions”, 421. Cilt/Nato Science Series, C: Springer Science & Business Media.
- [21] Gallios G.P., Kostas A. Matis, (2004), “Mineral Processing and the Environment”, Springer Science & Business Media.
- [22] Laurence D., (2011), “Establishing a sustainable mining operation: an overview”, *Journal of Cleaner Production*, 19, 278 – 284.
- [23] Batterham R.J., (2017),” The mine of the future – Even more sustainable”, *Minerals Engineering*, 107, 2–7.
- [24] Glen D. Corder, Artem Golev, (2017), “Sustainable practices in the management of mining waste: A focus on the mineral resource”, *Minerals Engineering*, 107, 34 – 4.
- [25] Rao G. V., Vibhuti N. M., (2004), “Mineral Processing Technology, Allied Publishers”, 828.
- [26] Driussi ., Jansz J., (2006), “Technological options for waste minimisation in the mining industry”, *Journal of Cleaner Production*, Volume 14, Issue 8, 682-688.
- [27] Tiruta-Barna L., Benetto E., Perrodin Y., (2007), “Environmental impact and risk assessment of mineral wastes reuse strategies: Review and critical analysis of

approaches and applications, Resources”, Conservation and Recycling, Volume 50, Issue 4, June, 351-379.

ÖZGEÇMİŞ

Ozan ÇITIR 1984 yılında Uşak’ da doğdu. 2004 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünü 2009 yılında başarıyla tamamlayarak aynı yıl yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. 2010 - 2012 yılları arasında Kartepe Belediyesinde Çevre Mühendisliği görevini yürüttü. 2012 – 2013 yılları arasında Medikal Akademi Ortak Sağlık ve Güvenlik Biriminde İş Güvenliği Uzmanlığı olarak çalıştı. 2014’ ten bu yana Esan Eczacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler Sanayi Ticaret Anonim Şirketinde Çevre Yönetimi Uzmanı olarak çalışmaya devam etmektedir.

EKLER

Ek A: Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğe Göre Teknik Özellikleri

Düzenli depolama tesisi sınıflarına göre depo tabanının asgari aşağıda belirtilen geçirgenlik ve kalınlık özelliklerine sahip olması gerekir:

- I. sınıf düzenli depolama tesisi: $K \leq 1.0 \times 10^{-9}$ m/sn; kalınlık ≥ 5 m veya eşdeğeri,
- II. sınıf düzenli depolama tesisi: $K \leq 1.0 \times 10^{-9}$ m/sn; kalınlık ≥ 1 m veya eşdeğeri,
- III. sınıf düzenli depolama tesisi: $K \leq 1.0 \times 10^{-7}$ m/sn; kalınlık ≥ 1 m veya eşdeğeri.

Düzenli depolama tesisinin tabanı ve yan yüzeylerinde, sızıntı suyunun yeraltı suyuna karışmasını önleyecek şekilde bir geçirimsizlik tabakası teşkil edilir. Bunun için kil veya eşdeğeri malzemeden oluşturulmuş geçirimsizlik tabakası serilir. Geçirimsizlik tabakasının fiziksel, kimyasal, mekanik ve hidrolik özellikleri depolama tesisinin toprak ve yeraltı suları için oluşturacağı potansiyel riskleri önleyecek nitelikte olmak zorundadır. Geçirimsizlik malzemeleri teknik özellik bakımından Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmalıdır.

Düzenli depolama tesisi sınıflarına göre depo tabanının asgari aşağıda belirtilen geçirgenlik ve kalınlık özelliklerine sahip olması gerekir:

- I. sınıf düzenli depolama tesisi: $K \leq 1.0 \times 10^{-9}$ m/sn; kalınlık ≥ 5 m veya eşdeğeri,
- II. sınıf düzenli depolama tesisi: $K \leq 1.0 \times 10^{-9}$ m/sn; kalınlık ≥ 1 m veya eşdeğeri,
- III. sınıf düzenli depolama tesisi: $K \leq 1.0 \times 10^{-7}$ m/sn; kalınlık ≥ 1 m veya eşdeğeri.

Jeolojik geçirimsizlik tabakasının ikinci fıkrada verilen koşulları doğal olarak sağlayamaması halinde; bu tabaka yapay olarak oluşturulur ve jeomembran

kullanılarak güçlendirilir. Geçirimsiz mineral malzeme ile yapay olarak oluşturulacak geçirimsizlik tabakasının toplam kalınlığı 0.5 metreden az olamaz.

Sızıntı sularının toprak ve yeraltı suları için oluşturacağı potansiyel risklerin engellenmesi için düzenli depolama tesislerinde doğal geçirimsizlik tabakasına ilave olarak aşağıda verilen teknik özelliklerde sızıntı suyu toplama ve drenaj sistemi inşa edilir:

- I. sınıf ve II. sınıf düzenli depolama tesislerinde jeolojik geçirimsizlik tabakası yapay geçirimsizlik malzemesi ile oluşturulur. Yapay geçirimsizlik malzemelerinin yeterli teknik özelliklere haiz olduğunun ve Ek-3'te yer alan standartlara veya bunun mümkün olmaması halinde uluslararası standartlara uygunluğu belgelenir ve Bakanlığa bildirilir.
- Yapay geçirimsizlik tabakasının korunması amacıyla koruyucu örtü malzemesi kullanılır.
- I. sınıf ve II. sınıf düzenli depolama tesislerinde yapay geçirimsizlik kaplaması üzerine asgari 0.5 metre kalınlığa ve en az $K \geq 1.0 \times 10^{-4}$ m/s geçirgenliğe sahip drenaj tabakası uygulanır.
- Drenaj katmanının içinde drenaj boruları bulunur. Boru çapı, yapılacak kontrol ve temizlemelere imkân verebilecek genişlikte olur. Depo tabanında sızıntı suyuna dayanıklı bir malzemeden imal edilmiş yeterli sayıda drenaj borusu, ana toplayıcılar ve bacalar bulunur. Sızıntı suyu toplama ve drenaj sistemi sızıntı suyu toplama havuzu ile son bulur. Sızıntı suyu toplama havuzu tesisin kurulacağı yerin meteorolojik koşulları ve depolanacak atıkların su içeriği göz önünde bulundurularak herhangi bir olumsuzluğa mahal vermeyecek şekilde tasarlanır ve inşa edilir.
- Depo tabanının boyuna eğimi % 3'den az olamaz.

III. sınıf düzenli depolama tesislerinde, sahada sel, taşkın gibi yağış sularından ve yüzeysel sulardan kaynaklı olumsuzlukları engelleyecek önlemlerin alınması kaydıyla bu maddenin dördüncü fıkrası uygulanmaz. Ancak Bakanlıkça gerekli görülmesi halinde bu tesislerde, yeraltı suyunun kontrolü ve izlenmesi için gerekli tedbirler alınır ve bu maddenin dördüncü fıkrasına uygun şekilde sistem kurulur.

Atık depolama işlemi tamamen bittikten sonra depolama alanında üst örtü teşkil edilmeden önce, alan normal kazı toprağı örtüsü ile tesviye edilir. Kapatma işlemine başlamadan önce; atıkların veya yapının kayma ve çökme riskine karşı depolanan atık kütlelerinin yeterince oturduğu tespit edilir.

Düzenli depolama tesisi sınıflarına göre, tesisin kurulduğu bölgenin yağış özelliklerinden dolayı kapatma sonrası süreçte sızıntı suyunun oluşumunun engellenmesi ve depoda oluşacak gazların toplanması için depo üst örtüsü asgari aşağıda verilen şartları sağlayacak şekilde teşkil edilir:

- Yalnızca gaz oluşumu beklenen II. sınıf düzenli depolama tesislerinde; depo gazlarının oluşturacağı potansiyel risklerin engellenmesi amacıyla gaz drenaj katmanı inşa edilir.
- Yapay geçirimsizlik kaplamasının I. sınıf düzenli depolama tesislerinde uygulanması mecburidir.
- Mineral geçirimsizlik tabakası en az 25 cm kalınlığında iki tabaka halinde uygulanır. Drenaj tabakasının en az 50 cm kalınlığında olması ve en az $K \geq 1.0 \times 10^{-4}$ m/s geçirgenliğe sahip olması gerekir.
- Üst örtü toprağı daha sonradan bitkilerin yetiştirilmesini sağlayabilecek şekilde yetiştirilecek bitki türüne bağlı olarak en az 50 cm kalınlığında olması gerekir.

III. sınıf düzenli depolama tesisleri için bu hükümler uygulanmamakla birlikte bu sahalarda atık depolama işlemi tamamen bittikten sonra sahanın üstünün kapatılması ve yeşillendirilmesi zorunludur.

Ek B: Çalışma Kapsamında Yapılan Sıkıştırma Analiz Sonuçları

Esan Eczacıbaşı Yeniköy İşletmesi feldispat flotasyon atıkları için sıkıştırma analizi sonuçları Tablo B.1.1’ deki şekilde verilmiştir.

Tablo B.1.1: Permeabilite Analiz Sonuçları.

DENEY TİPİ		Düşen Seviye	k (cm/sn) 1,23199E-06
CAM TÜPÜN KESİT ALANI	cm ²	1.39	
SİLİNDİRİK KABİN KESİT ALANI	cm ²	78.58	
SIKIŞTIRILAN NUMUNE YÜKSEKLİĞİ	cm	14.1	
DENEY SÜRESİ	s	14400	
CAM TÜPÜN BOYU	cm	56.8	
DÜŞÜŞ MİKTARI	cm	3.9	

EK C: Tehlikelilik Analizi

Esan Eczacıbaşı Yeniköy İşletmesi feldispat flotasyon atıkları örneğinde ISO/EN/DIN 11348 metoduna uygun olarak Microtox Model 500 cihazı kullanarak biyoluminesans bakteri ile ekotoksitite analizi yapılmıştır. Test için seyretmeler, numune derişimi % 45, %22.5, %11,25 ve % 5.63 olacak şekilde hazırlanmıştır. Renkli numunelerde ön seyreltme yapılmış ve renk etkisi bertaraf edilmiştir. Bu seyreltme hesaplamada göz önünde alınmıştır. Testin temas süresi 15 dakika olup, her bir örnekten iki ölçüm yapılmıştır. Test sonunda her bir seyreltmeye karşılık bulunan % inhibisyon değeri EC50 değerleri hesaplanmıştır. Analiz sonucu Tablo C.1.1’ de EC 50 ve Toksisite derecesi cinsinden verilmiştir.

Tablo C.1.1: Eko-toksisite Analiz Sonucu.

EC 50(%)	Toksitite Sınıfı	Sonuç/Açıklama
130.3	1	Az Toksik

Esan Eczacıbaşı Yeniköy İşletmesi feldispat flotasyon atıkları örneğindeki ağır metallerin tespiti için ICP- MS cihazı ile metal analizi yapılmıştır. Orijinal numune için elde edilen sonuçlar Tablo C.1.2’ de verilmiştir.

Tablo C.1.2: Numunenin metal analizi sonuçları.

Na	Mg	Al	K	Ca	Ti	Fe
63.304	904.8	3.052	3.55	4.095	1.138	3.076

Balık biyodideneyi için, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği’ nde verilen şartlara uygun olarak yapılan testlerde ZSF=1 bulunmuştur. Örneğin sucul canlılar için akut açıdan tehlikesiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Tüm bulgular sonucunda, Esan Eczacıbaşı Yeniköy İşletmesi feldispat flotasyon atıkları Atık Yönetimi Yönetmeliği’ ne göre tehlikesiz atık olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Örnekteki feldispat içeriği nedeniyle Atık Yönetimi Yönetmeliği’ ne göre R5 Diğer inorganik malzemelerin ıslahı/geri dönüşümü işlemi gereği teknik şartları sağlaması durumunda seramik, cam vb. sektörlerde kullanılabilir sonucuna ulaşılmıştır.