



**MADEN ATIKLARI DEPOLAMA TESİSLERİNİN
İNCELENMESİ, GÜMÜŞHANE KOZA MASTRA
ALTIN İŞLETMESİ ÖRNEĞİ**

Volkan Emre DEMİR

**Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri Bilim Dalı
Doç. Dr. Beyhan KOCADAĞISTAN
2019**

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MADEN ATIKLARI DEPOLAMA TESİSLERİNİN İNCELENMESİ,
GÜMÜŞHANE KOZA MASTRA ALTIN İŞLETMESİ ÖRNEĞİ**

Volkan Emre DEMİR

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALİ
Çevre Bilimleri Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

MADEN ATIKLARI DEPOLAMA TESİSLERİNİN İNCELENMESİ,
GÜMÜŞHANE KOZA MASTRA ALTIN İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

Doç. Dr. Beyhan KOCADAĞISTAN danışmanlığında, Volkan Emre DEMİR tarafından hazırlanan bu çalışma, 27/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı – Çevre Bilimleri Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Alper Erdem YILMAZ

İmza :

Üye : Doç. Dr. Fatih TOSUNOĞLU

İmza :

Üye : Doç. Dr. Beyhan KOCADAĞISTAN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun .05./ 07./ .2019... tarih ve .27./ .61.....
nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MADEN ATIKLARI DEPOLAMA TESİSLERİNİN İNCELENMESİ, GÜMÜŞHANE KOZA MASTRA ALTIN İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

Volkan Emre DEMİR

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Beyhan KOCADAĞIŞTAN

Bu çalışmada altın madenciliği faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan proses atıklarının depolandığı atık depolama tesislerinin (ADT) yapımı örneği olarak Gümüşhane Koza Mastra Altın işletmesinin atık depolama tesisi incelenmiştir. Atık depolama tesislerinin projelendirilmesi, yapımı ve denetlenmesi yasal mevzuatlara göre inşa edilmektedir. Mastra 3. ADT inşaatı kapsamında şev ve palye kazıları, dolguları, şev yüzeyi hazırlama, drenaj sistemleri, taban kil dolgusu, kaplama sistemlerinin serimi, gözlem kuyuları, kuşaklama kanalı kazıları ve dolgu işlemleri yapılmıştır. Bu çalışmaların tamamlanmasından sonra atık depolama sahaları doğaya yeniden kazandırılacaktır. Çalışmada atık depolama tesisleri yapım aşamaları yönetmelik ve standartlara uygun olarak yapılmış, kontrol ve ölçüm sonuçları çevresel açıdan değerlendirilmiştir.

2019, 71 sayfa

Anahtar Kelimeler: Atık Depolama Tesisleri, Atık Depolama Alanları, Maden Atıkları

ABSTRACT

Master's Thesis

INVESTIGATION OF MINE WASTE STORAGE FACILITIES: THE CASE OF GUMUSHANE MASTRA KOZA GOLD MINING

Volkan Emre DEMİR

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering
Department of Environmental Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Beyhan KOCADAĞIŞTAN

In this study, the waste storage facility of Gümüşhane Koza Mastra Gold Plant was examined as an example of the construction of waste storage facilities (ADT) where the wastes are stored as a result of the disposal methods resulting from the gold mining activities. The design, construction and supervision of waste storage facilities are constructed in accordance with legal regulations. Slope and pale excavations, fillings, slope surface preparation, drainage systems, floor clay fillings, laying of coating systems, observation wells, bracing channel excavations and filling operations were performed within the scope of Mastra 3. ADT construction. After the completion of these works, the landfills will be restored to nature. In the study, the construction stages of waste storage facilities were made in accordance with the regulations and standards, and the control and measurement results were evaluated from an environmental perspective.

2019, 71 pages

Keywords: Waste Stronge Facilities, Waste Storage Areas, Mining Waste

TEŞEKKÜR

Eđitim öđretim hayatımda emeđi geçen rahmetli anneme teŐekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans tezimi hazırlarken bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, Sayın Doç. Dr. Beyhan KOCADAĞİSTAN'a teşekkür ederim.

Tez yazım sürecinde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen babam Mahmut DEMİR'e teŐekkürü bir borç bilirim.

Tezimin okumasını yapan Sayın Nalan DEMİR'e teŐekkürlerimi sunarım.

Manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Zeynep Ayça DEMİR, Süleyman DEMİR ve etin USTAOĐLU'na teşekkür ederim.

Tez konumu belirlememde bana yol gösteren Sayın İbrahim Ümit ERDEM'e teşekkür ederim.

Tez incelemesinde bulunduğum Koza Altın İŞletmeleri alıŐanları ve yöneticilerine teŐekkürlerimi sunarım.

Volkan Emre DEMİR

Haziran, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Madencilik.....	3
2.2. Altın Madenciliği	4
2.3. Dünyada Altın Madenciliği.....	4
2.4. Türkiyede Altın Madenciliği.....	5
2.5. Altın Madeni Endüstrisinde Cevher Üretimi ve Hazırlama Faaliyetleri.....	6
2.5.1. Açık ocak işletmeciliği.....	6
2.5.2. Yeraltı işletmeciliği	7
2.6. Altın Zenginleştirme Yöntemleri	8
2.6.1. Gravimetrik yöntem	8
2.6.2. Flotasyon yöntemi	9
2.6.3. Siyanür liçi	9
2.6.3.a. Yığın liçi.....	11
2.6.3.b. Tank liçi.....	11
2.7. Altın Madenciliğinin Çevresel Açından Değerlendirmesi	12
2.7.1. Su ve atıksu yönetimi	12
2.7.1.a. Araç yıkama ünitesinden kaynaklanan atıksular için bertaraf havuzu	13
2.7.1.b. Pasa sızıntı suyu havuzu.....	13
2.7.1.c. Ön çöktürme havuzu.....	13
2.7.1.d. Beton santrali suyu havuzu.....	14
2.7.1.e. Çöktürme havuzları	14

2.7.2. Hava kontrol yönetimi.....	14
2.7.3. Katı atık yönetimi.....	15
2.7.4. Gürültü yönetimi	16
2.7.5. Toprak kirliliği	16
2.7.6. Atık depolama tesisi (ADT)	16
2.8. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	18
3. MATERYAL ve METOD.....	20
3.1. Koza Altın İşletmeleri Mastra Lokasyonu Genel Bilgileri	20
3.2. Mastra Cevher Hazırlama Tesisi	20
3.2.1. Kırma-eleme ünitesi	20
3.2.2. Öğütme ünitesi	21
3.2.3. Tank liçi yöntemi ile cevher zenginleştirme	21
3.3. Siyanürün Bozundurulma Ünitesi	22
3.4. Maden Proses Atıklarının Atık Depolama Tesislerine Gönderimi	23
3.5. Mastra Altın Madeni 3.Atık Depolama Tesisi Bilgileri ve Yapımında Gerçekleştirilen Çalışmalar	24
3.5.1. Şev ve palye kazıları.....	25
3.5.2. Dolgular ve şev yüzeyi hazırlama	26
3.5.3. Drenaj sistemleri.....	27
3.5.4. Taban kil dolgusu	30
3.5.5. Kaplama sistemlerinin serimi	31
3.5.5.a. Jeosentetik kil örtü (GCL)	31
3.5.5.b. Jeomembran kaplama işlemi	33
3.5.6. Üst drenaj jeokompoziti	36
3.5.7. Taban jeotekstil serimi	37
3.5.8. Ankraj hendeği	38
3.6. Kuşaklama Kanalı	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	40
4.1. Taban Dolgusu Test Sonuçları	40
4.2. Şev Dolgusu Test Sonuçları	43
4.3. Dolgu Malzemesi Elek Analizi ve Permeabilite Deney Sonuçları.....	45
4.3.1. Dolgu malzemesi elek analizi deney sonuçları	46

4.3.2. Dolgu malzemesi permeabilite deney sonuçları.....	47
4.4. Taban Kil Dolgusu Elek Analizi Deney Sonuçları	49
4.5. Taban Kil Dolgusu Permeabilite Deney Sonuçları	50
4.6. Kaplama Sistemlerinde Jeomembrana Uygulanan Test Sonuçları.....	52
4.6.1. Jeomembran kaplama işleminde yapılan kontrol testleri	52
4.6.1.a. Hava testi	52
4.6.1.b. Vakum testi.....	55
4.6.1.c. Tecrübe kaynağı testi.....	55
4.6.1.d. Destructive test (tahribatlı saha testi)	57
4.6.1.e. Mobile integrity test (MIT Test).....	59
4.7. Mastra Altın Madeninin Çevresel Etkilerinin İncelenmesi	60
4.7.1. Hava kalitesi	60
4.7.2. Gürültü ve titreşim.....	62
4.7.3 Patlatma ölçüm sonuçları	64
4.7.4. Gözlem kuyuları	65
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	72

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

"	İnç
%	Yüzde
°C	Derece
Bar	Basınç birimi
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre Kare
D	Düşey
dB(A)	Desibel
g	Gram
kg	Kilogram
Kn	Kilo Newton
Leq	Eşdeğer gürültü seviyesi
m	Metre
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
Ø	Çap
sn	Saniye
Y	Yatay

Kısaltmalar

ADD	Atıkların düzenli depolaması
ADR	Accord Européen Relatif Au Transport International Des Marchandises Dangereuses Par Rout. (Tehlikeli Maddelerin Taşınması ile ilgili bir Avrupa Sözleşmesi)
ADT	Atık Depolama Tesisi
AKD	Asit Kaya Drenajı
ASTM	American society for testing and materials (Amerika Malzeme Tecrübeleri Kurumu)

ÇBS	Çevre Bilgi Sistemi
DS	Destructive Test
DSİ	Devlet Su İşleri
GCL	Geo sentetik kil örtü
GK	Gözlem Kuyusu
HCN	Hidrosiyanik asit
HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
MAY	Maden atıkları yönetmeliği
MIT	Mobile Integrity Test
NaCN	Sodyum siyanür
PM	Partikül Madde
ppm	Milyonda bir birim
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
WAD	Zayıf Asitte Çözünen Siyanür
YSKYY	Yüzey Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye’de yıllara göre altın üretimi (Fidan 2016).....	6
Şekil 2.2. Gümüşhane Mastra açık ocak işletmesi.....	7
Şekil 2.3. Tüprak metal madencilik yeraltı işletmesi (Anonim 2018).....	8
Şekil 3.1. Mastra 3.ADT yapılması planlanan arazi	25
Şekil 3.2. Mastra-3 ADT 3D görünümü	25
Şekil 3.3. Şev yüzeyi hazırlama ve sıkışma	26
Şekil 3.4. Drenaj kanal kazısı	28
Şekil 3.5. Borulama işlemi.....	28
Şekil 3.6. Ø100 ve Ø200 Alt drenaj boruları	28
Şekil 3.7. Alt drenaj çakılı	29
Şekil 3.8. Üst drenaj HDPE boruları.....	29
Şekil 3.9. Üst drenaj çakılı.....	29
Şekil 3.10. Taban kil dolgusu serim işlemi.....	31
Şekil 3.11. Şevlerde ve tabanda uygulanacak geçirimsiz sistem.....	31
Şekil 3.12. GCL Tipik yanal bindirme detayı.....	32
Şekil 3.13. GCL serimi	32
Şekil 3.14. Toz bentonit uygulaması.....	32
Şekil 3.15. GCL serimi tamamlanmış alan	33
Şekil 3.16. Taban yüzeyinde jeomembran serim işlemi	34
Şekil 3.17. Üst drenaj toplama havuzu jeomembran kaplama işlemi	34
Şekil 3.18. Şev yüzeyinde jeomembran kaplama işlemi	35
Şekil 3.19. Jeomembran sıcak füzyon kaynağı işlemi	35
Şekil 3.20. Jeomembran kaplama işlemi Genel görünümü.....	35
Şekil 3.21. Üst drenajda kullanılan jeokompozit	36
Şekil 3.22. Jeokompozit serimi	36
Şekil 3.23. Jeokompozit serimi tamamlanmış alan.....	37
Şekil 3.24. Tabanda Jeotekstil serimi	37
Şekil 3.25. Jeotekstil serimi tamamlanmış alan	38
Şekil 3.26. Ankraj hendeği	38

Şekil 3.27. Kuşaklama kanalı yapılışı.....	39
Şekil 4.1. Sıkışma testinin alınışı.....	41
Şekil 4.2. Taban dolgusu sıkışma grafiği.....	43
Şekil 4.3. Şev dolgusu sıkışma grafiği.....	45
Şekil 4.4. Füzyon kaynak makinası	53
Şekil 4.5. Ekstrüzyon kaynağı	53
Şekil 4.6. Hava testi yapılacak yer.....	53
Şekil 4.7. Hava testi cihazı.....	54
Şekil 4.8. Vakum testi.....	55
Şekil 4.9. Tecrübe kaynağı numunesinin hazırlanışı	56
Şekil 4.10. Koparma testi gösterimi.....	57
Şekil 4.11. DS numunesi alımı	58
Şekil 4.12. DS testi	59
Şekil 4.13. Integrity testi.....	60
Şekil 4.14. Mobile test	60
Şekil 4.15. Çöken toz haznesi.....	61
Şekil 4.16. Çöken toz ölçüm grafiği	62
Şekil 4.17. Gürültü ve titreşim grafiği yıllık ortalaması	63
Şekil 4.18. 3.ADT Patlatma ölçüm sonuçları	64
Şekil 4.19. Gözlem kuyuları pH değerleri grafiği.....	65
Şekil 4.20. Gözlem kuyuları oksijen değerleri grafiği.....	66
Şekil 4.21. Gözlem kuyuları iletkenlik değerleri grafiği	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Dünya’da altın üretimi (Fidan 2016)	5
Çizelge 2.2. PM’ler için uygulanacak emisyon kontrol yöntemleri	15
Çizelge 3.1. Koza Mastra altın işletmelerinde su kullanımı	24
Çizelge 3.2. ASTM standartları (Anonymous 1996)	33
Çizelge 4.1. Taban dolgusu laboratuvar sonuçları	41
Çizelge 4.2. Şev dolgu laboratuvar sonuçları	43
Çizelge 4.3. Amerikan elek standartları	45
Çizelge 4.4. Numune 1 dolgu malzemesi elek analiz sonuçları	46
Çizelge 4.5. Numune 2 dolgu malzemesi elek analiz sonuçları	47
Çizelge 4.6. Permeabilite deneyinde kabul göre standart değerler	48
Çizelge 4.7. Numune 1 dolgu malzemenin permeabilite laboratuvar sonuçları	48
Çizelge 4.8. Numune 2 dolgu malzemenin permeabilite laboratuvar sonuçları	48
Çizelge 4.9. Numune 1 elek analiz sonuçları	49
Çizelge 4.10. Numune 2 elek analiz sonuçları	49
Çizelge 4.11. Numune 3 elek analiz sonuçları	50
Çizelge 4.12. Numune 1 elek analiz sonuçları	50
Çizelge 4.13. Numune 2 elek analiz sonuçları	51
Çizelge 4.14. Numune 3 elek analiz sonuçları	51
Çizelge 4.15. Killi malzemenin elek ve permeabilite analiz laboratuvar deney sonuçları	51
Çizelge 4.16. Hava testinin sonuçları	54
Çizelge 4.17. Tecrübe kaynağı sonuçları	56
Çizelge 4.18. Pürüzsüz ve pürüzlü yüzeyli yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) Jeomembranların Avrupa Jeosentetik Enstitüsü sınır değerleri	58
Çizelge 4.19. DS test sonuçları	59
Çizelge 4.20. Gürültü ve titreşim sonuçları yıllık ortalaması	63
Çizelge 4.21. Titreşim sınır değerleri	64

1. GİRİŞ

Tarih, arkeoloji, jeoloji, antropoloji, tıp, mühendislik gibi farklı bilim dallarında yapılan çalışmalarda Dünyada yaşamın başlangıcından itibaren ve yerleşik hayata geçişle birlikte maden ve işlenmiş cevherlerinin insan yaşamında kullanımının önemi ispatlanmıştır. Madenler ilkçağlarda insana doğaya karşı mücadelesinde çok önemli bir güç kazandırmıştır. Tarihte insanlığın gelişim evrelerinde, sanayi devriminde, çağların başlangıç ve bitiş tarihlerinde madenlerin bulunması ve işlenmeye başlanması büyük rol oynamıştır. Dünyada endüstrileşme çağının başlangıcı ile yeraltındaki doğal kaynaklara madenlere ihtiyaç duyulmuş ve insanlık için bu kaynakların çıkarılması, işlenmesi, kullanılması önem kazanmıştır. Bu sektör madencilik adı altında toplanmıştır. Madencilik, yer altındaki madenlerin bulunuş şekillerinin ve rezervlerinin araştırılması, saptanması, çıkarılması ve işletilmesiyle ilgili teknik ve yöntemlerin bütünü olup özellikle cevher, endüstriyel hammadde, kömür ve petrol, değerli ya da yarı değerli madenlerin vb. kullanımına imkan vermektedir. Çıkarılan madenler kullanım amacına göre değişmekte; özellikle yakıt, endüstrinin birçok alanında kaplama, malzeme vb. farklı alanlarda kullanılmaktadır. İstatistiksel olarak ülkemizde çıkartılan altın, gümüş, bakır, çinko, demir, bor, kurşun en önemli maden rezervleri olarak bilinmektedir. Özellikle bunlardan altın, değerli bir element olup insanlığın yararlandığı ilk metal olduğu kabul edilir. En eski altın üreticileri Mısırlılar olup M.Ö. 2000 yıllarında saf altını elde etmeleri ile altın madenciliğinin önce Anadolu ve Arap Yarımadasına, sonra da Etiyopya üzerinden Afrika'ya yayılmasına öncü olmuşlardır. M.Ö. 3900 yıllarında geliştirdikleri ısıtma teknikleri sayesinde elde ettikleri altını, eritmeye ve işlenebilecek hale getirmeyi başarmışlardır. M.Ö. 3100 yıllarında standart altın külçelerinin basımına ve ödeme aracı olarak kullanımına başlamışlardır. Lidya, İran ve Makedonya medeniyetleri altın madenini para basımında kullanmışlardır(Küçük 2012). Geniş bir kullanım alanına ve öneme sahip olan altın ve ekonomik hayata kazandırılarak ülke ekonomilerinin gücü hakkında da bilgi verir. Altın, üstün elektriksel iletkenliği, kolayca şekillendirilebilmesi ve korozyona karşı dayanıklılığı nedeniyle, geniş bir endüstriyel alanda, yüksek yansıtma gücüne sahip olması nedeniyle uzay araçlarında, tıp endüstriyel ve medikal, optik lazerlerde kullanılmaktadır. Ayrıca altın endüstriyel kullanımının yanı sıra, yatırım aracı

olarak kullanılmakta ve insanların finansal güvenliğinde de önemli rol oynamaktadır. Dünyada altına verilen bu önemden dolayı, teknolojik gelişmeler sonucunda bilinen altın cevherleri işletmeye alınırken, yeni altın yataklarının bulunması için de yoğun bir arama ve yatırım dönemi başlamıştır. Madencilik faaliyetleri sonucu çevreye zararlı birçok atık çıkmaktadır. Maden sahalarında çalışmalar sonucunda çıkan atıklar önem arz etmektedir. Birçok cevherde olduğu gibi altın çıkarma maden sahalarında da ekonomik değer taşıyan kayaçların ve madenlerin aranması, çıkarılması, hazırlanması ve zenginleştirilmesi veya depolanması sonucunda oluşan katı veya şlam/sulu çamur şeklinde atıklar meydana gelmektedir. Setlendirilmiş baraj ve havuzlar, doğaya geri kazandırılan kuru atık depoları, işlenmiş liç yığınları, açık ocak çukurları, özel olarak kazılan çukurlar başlıca yerüstü atık bertaraf yöntemleridir(Çetiner vd 2006). Cevher zenginleştirme tesislerinde gerekli işlemleri yapıldıktan sonra çıkan proses atıkları oluşmaktadır, oluşan bu atıklar nihai olarak depolanması amacıyla atık depolama tesisi (ADT)'ne verilmektedir. ADT madenlerin zenginleştirilmesi sonucunda ortaya çıkan atıkların depolanmasına yönelik olarak inşa edilen sedde ve arkasında bir rezervuar oluşturan mühendislik yapıları olup, bu tesislerinin geçirimsizliği/sızdırmazlığının olması çevresel açıdan çok önemlidir. Ülkemizde ve dünyada maden proses atıkları hakkında yönetmelikler, yasal mevzuatlar ve DSİ genelgelerine göre maden atıklarının doğaya doğrudan deşarjı uygun olmayıp atık depolama tesisleri yönetmelik ve standartlara göre yapılmalıdır.

Bu çalışmada gelişen altın madenciliği sektöründe madencilik faaliyetleri sırasında ortaya çıkan proses atıklarının, çevreye ,(insan, doğa, bitki örtüsü, toprak, yeraltı suyu, akarsu, göl ve su kaynakları, vb) olumsuz etki yaratmadan yasal mevzuatlara uygun bir şekilde depolanmasını sağlayacak atık depolama tesisinin inşa edilmesinin sağlanmasını ve yapılan atık depolama tesisi inşasında kullanılan sentetik ve doğal yapıların uygunluğu, geçirimsizliğini ve kullanılan malzemelerde yapılan testlerin standartlara uygunluğu incelenmiştir. Atık depolama tesisinin yapım aşamasında çevresel açıdan yapılan ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Madencilik

Yeraltında bulunan katı, sıvı ve gaz halindeki maddelere maden denir. Madenler, doğada nadir olarak saf halde bulunur. Yer altında "filiz" adı verilen bileşimler halinde çıkarılan ham madenler, işlenerek ve yabancı maddelerden ayrıştırılarak (rafine edilerek) saf metal haline getirildikten sonra kullanıma başlanır. Maden filizleri, tabakalar arasında "damarlar" ya da "yataklar" halinde bulunur (Anonim 2016).

Madencilik; yeraltında ve yerüstünde bulunan işlenmemiş cevherin çıkartılarak ekonomik değer kazandırılmasındaki faaliyetlerin tümüne denir. İnsanlık tarihi ile aynı geçmişe sahip bulunan madenler tarih öncesi çağlarda devirlere isim verecek kadar önemli bir yere sahiptir. Yaklaşık 7000 bin yıllık bir mazisi bulunan altın, madenlerin en değerlileri arasında yer almakla beraber insanoğlu tarafından çok farklı alanlarda kullanılmıştır. Osmanlı Devletinin sınırları içerisinde yer alan madenler işletilmiş ve devletin ekonomik ve askeri ihtiyaçları başta olmak üzere pek çok alanda kullanılmıştır (Birbudak 2018). Altının elde edilmesi kimyasal arıtma ve fiziksel yöntemler ile gerçekleştirilebilmektedir. Altının seyreltik bir siyanür çözeltisi ile çözüldüğü işlem, ilk olarak hidrometalurji uygulamalarından bir tanesidir. İlk olarak siyanür tekniklerinin uygulanması, altın madenciliği endüstrisi için büyük bir kolaylık sağlamaktadır, çünkü mevcut yerçekimi konsantrasyonundan ve cıva birleşmesi yöntemlerinden daha yüksek geri kazanımlar sağlamaktadır (Marsden and House 2006). Cevherlerden altın elde etmek için siyanür uygulaması 1889'da Yeni Zelanda'daki Taç Madeninde uygulanmıştır (Dorr 1936). Günümüzde altının elde edilmesi, kırılıp öğütülen cevherin siyanür yöntemi ile işlem görmesidir. Bunun için çözülme havuzları içine cevher tonu başına yaklaşık 0.8 kg sodyum siyanür katılması gerekmektedir. Çözülme havuzlarından genelde altın, bir miktar gümüş ile birlikte filtre edilerek veya ters yönlü bir akımla siyanürlü atıklardan ayrılırlar. Atık çamur içinde 300-400 g/m³ sodyum siyanür diğer kayaç mineralleriyle değişik siyanür tuzları oluşturarak ortaya çıkar ve atık deposuna taşınır.

Madencilik atıkları çevresel açıdan zararlı olmakla birlikte işlem sırasında büyük miktarlarda toprak ve kaya içerisindeki değerli mineralleri elde etmek için fiziksel ve kimyasal işlemler uygulanır. İşlem sırasında ortaya çıkan proses suyu atıkları da yapılan barajlarda depolanır (Edraki *et al* 2014; Adiansyah *et al.* 2015).

2.2. Altın Madenciliği

Altın doğada alüvyon veya serbest bulunabildiği gibi, kayaçların bünyesi içinde de yer alır. Günümüzde çoğunlukla kayaçlardan sistematik bir işletme sonucunda elde edilmektedir. Altın ikinci konumunda kuvars veya maden damarları yöresinde veya kayaç içinde dağınık biçimde sülfatlı minerallerle birlikte bulunur. Altın yer altı kaynağı olarak doğada zor bulunan değerli bir metal olduğundan altının çıkarılması ve işlenmesi zorlu bir süreçtir. Ülkeler için ekonomik değeri oldukça önemli olan altın madenleri günümüzde hızla yaygınlaşmaktadır.

2.3. Dünyada Altın Madenciliği

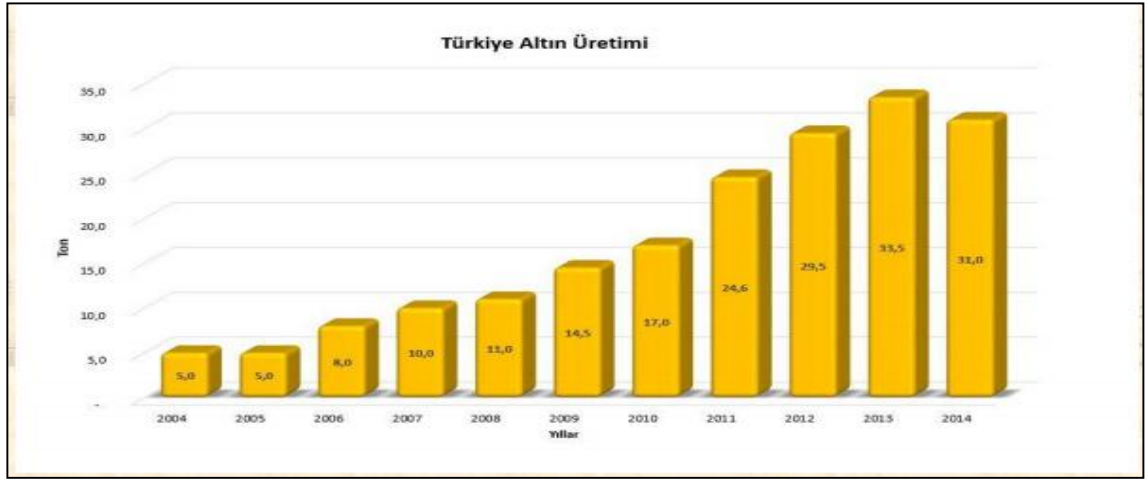
Dünyada altın üretimini incelediğimizde, Türkiye'deki altın üretiminin oldukça düşük olduğunu görülmektedir. 351 ton ile Çin 1. sırada yer alırken, Kazakistan, 27 Ton ile son sıradadır. Türkiye'nin ise, yıllık altın üretimi 31 ton olarak görülmektedir (Fidan 2016). Dünyada da Türkiye'de olduğu gibi maden sektöründeki çalışmalar birbirine benzerlik göstermektedir. Rezerv bulunan bölgede yeterli çalışmalar yapıldıktan sonra cevherli malzeme çıkarılmak üzere çalışmalara başlanmaktadır. Cevherin bulunduğu yer itibari ile açık ocak veya yer altı işletmesi şeklinde faaliyetlere başlanmaktadır. Dünya'da altın üretimi Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünya’da altın üretimi (Fidan 2016)

SIRA	ÜLKE	TON
1	ÇİN	351.00
2	AVUSTRALYA	260.90
3	ABD	233.90
4	RUSYA	203.40
5	G.AFRİKA	203.30
6	PERU	162.00
7	ENDONEZYA	136.60
8	GANA	92.40
9	KANADA	92.20
10	ÖZBEKİSTAN	71.00
11	P.YENİ GİNE	70.50
12	MEKSİKA	69.90
13	BREZİLYA	68.30
14	ARJANTİN	63.50
15	MALİ	44.60
16	TANZANYA	44.60
17	FİLİPİNLER	40.80
18	ŞİLİ	38.40
19	KOLOMBİYA	33.00
20	KAZAKİSTAN	26.90
21	DİĞERLERİ	381.70
	TOPLAM	2689

2.4. Türkiyede Altın Madenciliği

Türkiye’de madencilik, Anayasa’nın öngördüğü 3213 sayılı maden kanunu ve ilgili kanunların hükümlerine göre yapılmaktadır. Doğada element, bileşik veya karışım halde bulunan maddeler ilgili kanuna göre maden sayılmaktadır. Cumhuriyetin ilk yıllarında Türkiye’nin maden kaynaklarının çıkartılıp işlenmesi için teknik, ekonomik ve bilimsel çalışmalar Maden Tetkik Araştırma (MTA) Enstitüsü’nün kuruluşuyla önemli bir hız kazanmıştır. 1935 yılı sonrası MTA Enstitüsü tarafından başlatılan maden araa çalışmaları işletme aşamasında diğer kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektörün faaliyetleri sonucu bugünkü düzeylerine ulaşmıştır (Anonim 2015). Ülkemizde altın rezervinin 6500 ton olduğu belirtilmektedir. Bu rezervin henüz 900 tonu ekonomik olarak üretilebilir rezerv olarak tespit edilmiştir. Geride kalan 5600 tonu tespiti için maden aramalarına yaklaşık 12 milyar dolar risk sermayesinin harcaması gerekmektedir. 2001 yılından 2017 yılına kadar geçen 17 yılda toplam 273 ton altın üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim 2017). Türkiye’de yıllara göre altın üretimi Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Türkiye’de yıllara göre altın üretimi (Fidan 2016)

Altın madenciliği faaliyetleri cevherin miktarına ve kalitesine göre değişiklik göstermektedir. Altının konumuna göre sırası ile; çıkarma işlemi gerçekleştirilir, çıkarılan cevher hazırlanarak ideal tane boyutuna düşürülerek zenginleştirme işlemine tabi tutulur.

2.5. Altın Madeni Endüstrisinde Cevher Üretimi ve Hazırlama Faaliyetleri

Maden cevheri çıkarmada madenin yeraltında bulunma şekli ve derinliğine göre açık ocak ve yeraltı işletmeciliği yöntemleri kullanılmaktadır.

2.5.1. Açık ocak işletmeciliği

Yüze yakın cevherin çıkarılabilmesi için açık ocak maden işletmeciliği yöntemi kullanılmaktadır. Açık ocak işletmesi; arazinin hazırlanması, bitkisel toprağın sıyrılarak alınması ve depolanması, açık ocak dizaynları doğrultusunda kazı yapılması, patlatma, yükleme, taşıma ve boşaltma aşamalarından oluşmaktadır. Açık ocak işletmeciliği standartlarına uygun olarak kazı yapılması, gerekli tabakanın kaldırılması için patlatma yapılması, harfiyatın yüklenmesi, taşınması ve boşaltılması için kademeli çalışmalar yürütülmelidir. Örnek bir açık ocak işletmeciliği Şekil 2.2’de Gümüşhane Mastra açık ocak işletmesi gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Gümüşhane Mastra açık ocak işletmesi

2.5.2. Yeraltı işletmeciliği

Yeraltı işletmeciliği üretim metodu olarak galeri sürme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde cevher damarı boyunca jumbo ve yeraltı iş makinaları kullanılarak galeriler sürülür ve cevher çıkarma işlemi gerçekleştirilir. Yapılan işlemler sonucunda kazı atıkları pasa alanında veya yeraltında dolgu işlemi yapılacaksa dolguda kullanılmaktadır. Cevher içinde açılan bütün galeriler için beton tahkimat yapılarak galeri sürme işlemine devam edilmektedir. Cevher, üretim katları ilerleme ağzında patlayıcılarla parçalanmakta, parçalanmış cevher veya pasa kamyonlara yüklenerek yüzeye taşınmaktadır. Bu işletmeciliğe örnek olarak Tüprak metal madencilik yeraltı işletmesi Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Tüprak metal madencilik yeraltı işletmesi (Anonim 2018)

2.6. Altın Zenginleştirme Yöntemleri

Dünya’da altın üretimi yöntemlerinin oransal artış sıralamasına göre 3 yöntemle gerçekleştirilmektedir.

- Gravimetrik Yöntem (Dünya Altın Üretiminin yaklaşık %3-5’i bu yöntemle yapılmaktadır).
- Flotasyon Yöntemi (Dünya Altın Üretimi yaklaşık %10-14’ü bu yöntemle gerçekleştirilmektedir).
- Siyanür Liçi Yöntemi (Dünyada Altın Üretimi yaklaşık %83-85’i bu yöntemle üretilmektedir (Anonim 2017)).

2.6.1. Gravimetrik yöntem

Büyük boyutlardaki mineral tanelerinin, akışkan bir ortam içinde özgül ağırlık farkından dolayı birbirlerinden ayrılması ile gerçekleştirilen zenginleştirme işlemine gravimetrik yöntem ile zenginleştirme denir. Genellikle minerallerin özgül ağırlıklarının farklı olmasından dolayı bu zenginleştirme işlemi yaygın olarak kullanılır. Özgül ağırlıkları farklı olan mineral taneleri akışkan ortamda aynı hızla tabana doğru çökme

gerçekleştirmezler. Bu farklılıktan yararlanılarak birbirlerinden ayrılmaları mümkün olmaktadır (Karaca 2010). Altın içeren kayalar zamanla atmosferik koşullarda parçalanır, parçalanamayan kayalar ise su ile taşınarak suyun hızını kaybettiği yerlerde çökelmektedirler. Bunun sonucunda oluşmuş gözle görülebilen irilikte nabit(saf) altın taneleri sallantılı sistemlerle ayrıştırılır. Bu tür cevherlerden altın kazanılması oldukça basit ve ucuzdur. Ülkemizde de Manisa Salihli Sart'ta altın üretimi gravimetrik yöntemle yapılmaktadır (Anonim 2017).

2.6.2. Flotasyon yöntemi

Flotasyon, yüzdürme yöntemi çok ince öğütülmüş, gravimetrik yollarla zenginleştirilmesi mümkün olmayan cevherlerin floklant tankları içine hava verilerek köpükle yüzdürülmesi işlemidir (Karaca 2010). Bu yöntemde maden sahasında patlatma yapılarak cevher içeren kayalar bulunduğu yerden çıkarılıp kırma-öğütme ünitesine taşınır. Daha sonra burada bilyalı veya çubuklu değirmenlerde su ile öğütülerek cevher içinde diğer mineraller ile bitişik olarak bulunan altının serbest hale getirilmesi sağlanır. Değirmenlerde un haline gelinceye kadar öğütülerek serbest hale getirilen altın taneleri çelik tanklarda serbest haldeki altın taneleri ortama çam yağı gibi köpük yapıcı kimyasallar ilave edildikten sonra sellüllere hava üflenerek çapları yaklaşık 0,5-3 cm büyüklükteki köpüklerin üzerinde tutunması sağlanır (Anonim 2017).

2.6.3. Siyanür liçi

Siyanür liçi, cevherlerden altın ve gümüş kazanımında yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir (Adams 2001). Bu yöntem, siyanürün birim reaktif maliyetinin düşük olması ve düşük tenörlü cevherlerden ekonomik olarak altın üretimine olanak sağlaması başta olmak üzere birçok teknik ve ekonomik üstünlüğe sahiptir (Marsden and House 2006; Celep 2015; Fleming 2016). Bu yöntem minerallerin su, asit veya baz çözeltilerinde çözünmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Altın çözünürlüğü, çeşitli koşullara göre değişiklik gösterebilir. Bundan yararlanarak yapılan zenginleştirme işlemine liç (özütleme) denir. Liç işleminde, cevherde bulunan değerli metal ya da metaller uygun bir

çözeltili ile seçimli olarak çözümlenir ve daha sonra yine seçimli olarak çözeltiliden kazanılır (Karaca 2010). Siyanür, 1887 yılından günümüze kadar metallerin elde edilmesinde kullanılarak dünyada güvenli bir şekilde uygulanmaktadır ve yönetilmektedir. Altın ve gümüşün siyanür çözeltilerinde çözümlenerek kazanıldığı siyanür liçi prosesi yaklaşık 120 yıldır yaygın olarak uygulanan bir yöntemdir. Siyanürleme işleminde düşük konsantrasyonlu cevher siyanür çözeltilisiyle liç işlemine tabi tutulmaktadır (Çelik vd 1997).

Cevherden altın elde edilmesi siyanürün verimli bir şekilde tepkimeye girmesi ile olur siyanürün verimli bir şekilde tepkimeye girmesi için ortamın uygun pH değeri olan 10-11 arasında olması gerekmektedir. pH değerinin 10'dan küçük olduğu durumlarda hidrosiyanik asitin (HCN) buharlaştığı ve ortamın siyanür derişimi düştüğü görülmektedir (Kakı 1995; Hiçdönmez 1997).

Gözle görülemeyecek kadar küçük taneli altınların elde edilmesinde seyreltik siyanür çözeltilisi ile (on bin damla su içinde 3-5 damla serbest siyanür ile) katı haldeki altın zerrecikleri çözünerek altının sıvı hale getirilmesi işlemine siyanür liçi-siyanürle çözümlenme denir. Dünyada altın üretiminin %85'i siyanür liçi yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Altını siyanürle çözüp sıvı hale getirme işlemi cevherin özelliğine göre genellikle tank liçi veya yığın liçi ile gerçekleştirilmektedir (Anonim 2017). Siyanür liç yöntemi, ilk uygulandığında büyük ölçüde farklılık yaratmıştır, şimdi ise cevherin hazırlanma şekli veya proses detaylarında farklılıklar göze çarpmaktadır. Başlıca gelişmeler, sızıntıya elverişli olmayan sülfür veya karbonlu cevherler için ön işlemlerin geliştirilmesini, özütlenmeye elverişli karbon yöntemlerinin geliştirilmesini ve damlama içeren yığın liç teknolojisinin geliştirilmesini içermektedir. Geçirimsiz sistemler üzerine inşa edilmiş cevher yığınları üzerinden siyanür çözeltileri akıtılarak cevher elde edilmesi sağlanmaktadır. 1990'ların sonunda, küresel altın üretiminin %90'ını destekleyen siyanür liç yöntemleri yaygınlaşmıştır (Yarar 2001). Sonuç olarak, siyanür liç yöntemi artık altın cevherlerinin çıkarıldığı ve işlendiği hemen hemen her yerde görülmektedir. Siyanürün kimyası ve davranışı hakkında birçok araştırma yapılmıştır ve bu konular hakkında geniş bir literatür bulunmaktadır (Flynnand Haslem 1995; Smith and Mudder 1999; Mudder *et*

al. 2001; Young *et al.* 2001; Dzombak *et al.* 2006; Marsden and House 2006). Altın üretiminde kullanılan sodyum siyanür, su ve kireç ilavesiyle çözelti haline getirilerek cevherin özelliğine göre seçilen yığın liçi veya tank liçinde seyreltik siyanür çözeltisi, pH 10.5' de cevherin içindeki katı haldeki altını çözerek, altının sıvı faza geçmesini sağlamaktadır. Sıvı faza geçen altın daha sonra aktif karbon üzerinde toplanır. Basınç altında, aktif karbondan sıyrılan altın, elektrolizden geçirilerek katı zerrecikler halinde katotta toplanarak, toz halindeki altın ergitme fırınında 1063°C sıcaklıkta ergitilerek potalara dökülür. Potalara dökülen altına Dore Altın denir. Dore Altın saf olmayıp içinde bakır, gümüş, demir vb. diğer metaller bulunabilir. Dore Altın rafineriye gönderilerek içindeki diğer metallerden arındırılıp 999,5-999,9 saflıkta altın haline getirilmektedir (Fidan 2016).

2.6.3.a. Yığın liçi

Düşük tenörlü kayaçların işlenmesinde (örneğin bir ton kayada 1-3 gram altın varsa) bu tip kayaçlardan cevher kazanımı için yığın liçi yöntemi uygulanır. Yığın liçi uygulamasında cevherler kırma eleme işleminden sonra altı kil ve jeomembran ile kaplanarak geçirimsizliği sağlanan alanlarda yaklaşık 10 metre yüksekliğinde %3 ile %5 eğimli yığınlara damla damla seyreltik siyanür çözeltisi (on bin damla suda 3 veya 5 damla serbest siyanür) verilerek cevher içindeki altın zerreciklerinin çözünerek sıvı hale gelmesi sağlanır. Uşak-Kışladağ Madeni, Erzincan-Çöpler Madeni ve Kayseri-Himmetdede Altın Madeni altının çözündürülmesi işlemi yığın liçi yöntemi ile yapılmaktadır (Anonim 2017).

2.6.3.b. Tank liçi

Tank liçi yüksek tenörlü cevherlerdeki altının kazanılmasında kullanılır. Tank liçinde cevher kırma işlemini takiben değirmenlerde öğütülerek un haline getirildikten sonra siyanürle altının çözündürülmesi işlemi yığın yerine çelik tanklarda yapılmaktadır. Bergama-Ovacık, Gümüşhane-Mastra, Eskişehir-Kaymaz Altın Madenlerinde altının çözündürülmesi tank liçi yöntemi ile yapılmaktadır (Anonim 2017).

2.7. Altın Madenciliğinin Çevresel Açıdan Değerlendirmesi

Türkiye’de altın üretiminde uygulanan yasa ve yönetmeliklerde belirtilen gerekli izinler bakanlıklardan alınması gerektiği gibi, bazen bir bakanlığın değişik birimlerinden de alınması gerekmektedir. İşletme izinlerinde ÇED hazırlanması, fizibilite, arazi alımı ve inşaat süreci yazışmalar prosedürler 12- 21 ay sürmektedir. Altın madenciliği faaliyeti sırasında insan sağlığı ve çevre açısından dikkat edilmesi gereken standartları belirleyen altın madenciliğine ait mevzuat bulunmamakla birlikte su, toprak, hava, toprak ve doğal yaşamın korunmasına ait genel yönetmeliklere tabi olunur (TMD 2002).

Madencilik sektöründe cevherin çıkarılıp dore altın şekline gelene kadar yapılan işlemler sırasında çevresel açıdan yönetilmesi gereken hususlar mevcuttur. Bunlar;

- Su ve atıksu yönetimi
- Hava yönetimi
- Atık yönetimi
- Gürültü yönetimi
- Toprak kirliliği yönetimi
- Kimyasallar yönetimi

Şeklindedir.

2.7.1. Su ve atıksu yönetimi

Su kirliliği ve kontrolü yönetmeliği 31.12.2004 resmi gazete tarihi ve 25687 sayılı yönetmelik gereği su ve atıksu yönetimi uygulanmalıdır. Maden sahalarında belirli ünitelerin faaliyetleri sonucunda atıksular meydana gelmektedir. Bu ünitelerden ortaya çıkan atıksular bertaraf edilerek veya sisteme geri dönüşü sağlanarak su tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu atık suların bertarafı için suların kalitesine göre havuzlar dizayn edilmelidir. Bu atıksu havuzları; araç yıkama ünitesinden kaynaklanan atıksular için

bertaraf havuzu, pasa sızıntı suyu havuzu, ön çöktürme havuzu, beton santrali suyu havuzu, çöktürme havuzu şeklinde olmalıdır.

2.7.1.a. Araç yıkama ünitesinden kaynaklanan atıksular için bertaraf havuzu

Araç yıkama ünitesi bulunan maden sahalarında ortaya çıkan atıksu sızdırmaz havuzda depolanarak çökeltim işlemi uygulanabilmektedir. Sızdırmaz havuzda dinlendirilen ve katı maddelerinden arındırılan su bir pompa yardımıyla havuzdan çekilerek tekrar araç yıkamada kullanılmak üzere dengeleme tankına alınmaktadır. Çökeltim havuzunda su geri devrinden sonra kalan sulu çamur, çamur havuzuna gönderilmelidir.

2.7.1.b. Pasa sızıntı suyu havuzu

Pasa depo sahalarından kaynaklanabilecek düşük pH ve yüksek metal konsantrasyonları riskine karşın pasa depolama alanının mansabına sızdırmaz özelliklerde havuz inşa edilmelidir. Sızdırmaz tabanlı toplama havuzu; pasadan kaynaklanacak sızıntıyı ve yüzey akışlarını toplayabilmektedir. Bu havuz aynı zamanda doğrudan pasa sahası üzerine düşen ve akışa geçen yağmur sularını da toplayabilmelidir. Havuzda toplanan sularda haftalık olarak örnekler alınarak parametreleri ölçülmelidir. Havuz da biriken suların fiziksel ve kimyasal analizleri, askıdaki katı madde, metal içeriği ve asit kaya drenajı (AKD) oluşumunun izlenmesi yapılmalıdır. Bu havuzda toplanan sular ADT'ne gönderilmelidir.

2.7.1.c. Ön çöktürme havuzu

Açık ocak ve yeraltı işletmesi yeraltı suyu seviyesinin altındaki faaliyetlerde işletmenin devamlılığı için yeraltı suyu tahliyesi yapılmalıdır. Açık ocak ve yeraltı işletmelerinden tahliye edilecek sular, yeraltı işletmesi çöktürme havuzunda toplanmakta ve burada askıda katı madde (AKM) giderimi yapılarak, oluşan sulu çamur çöktürme ünitesine gönderilmelidir.

2.7.1.d. Beton santrali suyu havuzu

Yeraltı işletmesinde kullanılması amacıyla beton santralinde macun dolgu hazırlanmaktadır, bunun sonucunda oluşan atıksu macun dolgunun hazırlanmasında kullanılmaktadır. Burada oluşan atık su beton santrali ünitesinde sızdırmaz havuzda depolanarak ön çöktürme havuzuna pompa ile gönderilmelidir.

2.7.1.e. Çöktürme havuzları

Havuzlarda oluşan sulu çamur, çöktürme havuzlarına gönderilmektedir. Son çökeltim havuzundan alınan su bir boru hattı ile ADT'ye gönderilmelidir. Son çökeltim havuzundan çökelen çamurlar bir pompa vasıtasıyla çekilerek atık depolama tesisine gönderilmelidir.

2.7.2. Hava kontrol yönetimi

Maden sahalarında bulunan tesisler; 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile 03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen emisyon sınır değerlerine tabidir. Bu doğrultuda yapılması gereken işlemler Çizelge 2.2'de partikül maddeler (PM) ler için uygulanacak emisyon kontrol yöntemleri olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. PM'ler için uygulanacak emisyon kontrol yöntemleri

AKTİVİTE	METOD
Malzeme Taşınması	Sulama, Örtme, Ağırlıkları boşaltma yüksekliklerinin azaltılması
Rüzgar Erozyonu	Yeniden bitkilendirme, Malçlama veya Örtme, Stabilizasyon, Rüzgar Kıranlar
Yollarda Ulaşım ve Taşıma	Hız Kontrolü, Sıkıştırma, Sulama, Yol Kaplaması
Açık Depolama	Sıkılaştırma, Sulama, Yük İndirme ve Bindirme işlerinde değişiklik, Kimyasal stabilizor, Eğim Azaltımı
Patlatma	Optimizasyon

PM'ler için Uygulanacak Emisyon Kontrol Yöntemlerinden başka maden işletmesinden başka hava kirliliği kontrolü yönetmeliğine ilaveten çeşitli önlemler alınmaktadır. Örneğin; tozumaya karşı alınacak önlemler;

- Pasa depolama alanları döküm işlemi bitince nebati serilip çimlendirme ve ağaç dikim işlemi yapılmalıdır.
- Tesiste kırma, eleme, değirmen üniteleri ve konveyörler çevresi tamamen kapalı olmalıdır.
- İşletmede iç taşıyonlar dahil düzenli eğitimler verilerek çalışmalardan kaynaklı toz asgari seviyeye indirilmelidir.
- Yükleme ve boşaltma işlemlerinde yükleme ve boşaltma seviyesi düşürülerek oluşacak tozlanma asgari seviyeye indirilmelidir.
- Yükleme ve boşaltma yapılan alanlar düzenli sulanarak nemli kalması sağlanmalıdır.
- Tüm maden ulaşım yolları sulanmalıdır.
- Tesis içindeki yollarda beton ve mıcır kaplama yapılmalıdır.

2.7.3. Katı atık yönetimi

2 Nisan 2015 resmi gazete tarihi ve 29314 sayılı yönetmelik gereğince katı atık yönetimi uygulanmaktadır. Maden sahasında ortaya çıkan evsel nitelikli, endüstriyel nitelikli,

ambalaj atıkları, tehlikeli ve tehlikesiz atıklar oluşmaktadır. Bu atıkların çalışanlarının kullanmış oldukları oluşan evsel ve endüstriyel atıklar, cinslerine göre ayrı konteynırlarda muhafaza edilmekte ve günlük olarak yetkili çalışanlar tarafından yine işletmede bulunan tehlikeli ve tehlikesiz atık geçici depolama alanlarında depolanmalıdır.

2.7.4. Gürültü yönetimi

Gürültü yönetimi 04.06.2010 resmi gazete tarihli 27601 resmi gazete sayılı çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliği hükümlerince gereğince, tesis faaliyeti kapsamında sabit gürültü ölçüm cihazı ile 24 saatlik gürültü ölçümleri alınmaktadır. Sürekli ölçümler haricinde, tesiste açık ocak faaliyetleri kapsamında gerçekleştirilen patlatmalar esnasında hava şoku, titreşim ve gürültü ölçümleri alınmalıdır.

2.7.5. Toprak kirliliği

08.06.2010 Resmi Gazete tarihli 27605 Resmi Gazete sayılı toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmelik bünyesinde, tesis faaliyeti kapsamında oluşan bitkisel toprak tesis sınırları içerisinde bulunan depolama alanlarında alt toprak ve üst toprak ayrı olacak şekilde maden sahalarında depolanmalıdır. Açık ocak alanından çıkarılan pasa depolama alanında depolanmalıdır. Depolama alanları tozumanın önüne geçilmek amacı ile arazöz ile belirli periyotlarda sulanmalıdır. Ayrıca bitkisel toprak depolama alanlarında ve diğer peyzaj alanlarında çimlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

2.7.6. Atık depolama tesisi (ADT)

Yeraltı ve açık ocaktan çıkarılan cevherin, hazzırlama ve zenginleştirme işlemlerinden sonra arta kalan katı içerikli proses atıkları, kimyasal olarak duraylılığı sağlandıktan sonra içerisindeki katıların nihai olarak depolanması amacı ile atık depolama tesislerine gönderilmelidir. Cevher zenginleştirme atıkları madencilik sektörü için bir anlamda

ekonomik getirisi olmayan bir atık üründür. Bu nedenle, en uygun ekonomik şartlara ve duruma özgü koşullara göre mevzuata uyarlılık açısından depolanmaktadır. Barajlar, bentler ve diğer yüzey depolama şekilleri en yaygın depolama şekilleri olup, en önemli atık bertaraf yöntemleridir (Schoenberger 2016). Çeşitli aktif ve inaktif liç işlemlerinde veriye dayalı analizlere bakıldığında, serbest siyanür ve zayıf siyanürün (WAD), proses sularının depolandığı atık depolama tesisinde doğal olarak (güneş ışığı, rüzgar) konsantrasyonda azalma olduğu gözlemlenmektedir. Kompleks yapıdaki siyanür de ADT’de daha yavaş azalmaktadır Maden atıklarındaki siyanür miktarında ki azalma oranı bir bölgeden diğerine değişiklik göstermesi çeşitli parametrelere bağlıdır. Bu parametreler arasında siyanür konsantrasyonu, pH, sıcaklık, redoks koşulları, solüsyonların etkileşim derecesi, havuzların yüzey alanı-hacim oranı, güneş ışığına maruz kalma derecesi ve mikrobiyal aktivite belirtileri bulunur. Bu nedenle, belirli su kalitesi standartlarına ulaşmak için gereken zaman, bir bölgeden diğerine de değişecektir (Johnson 2014). Cevher zenginleştirme atıkları fiziksel ve kimyasal karakterleri ile ağır metal yapısını korumaları nedeniyle önemlidir (ICOLD 2001). Cevher zenginleştirme yapılırken, Atık Depolama Tesislerinin (ADT) dizaynı düşünülürken optimum alan seçimi ve depolama ile kullanılan atık deşarj yöntemi üzerinde etkisi olan birçok parametre bulunmaktadır (Karaca 2010). Çevre dizaynı, inşaatı, işletilmesi ve kapatılması atık depolama yapısını kısıtlayan en önemli parametrelerdir (Ritcey 2005; Schoenberger 2016). Bu nedenle, ADT yapımında atık depolama metodları ve deşarj teknikleri açısından birçok alternatifin düşünülmesi gerekmektedir (Karaca 2010).

Geçirimsiz sistemlerinin amaçları ve dolayısıyla tasarım kriterleri alandan alana değişmekle beraber genel olarak;

- Toz ve erozyon kontrolü
- Asit oluşum potansiyeline sahip atıkların
- Kimyasal duraylılığının sağlanması (oksijen ve/veya su girişinin kontrolü ile)
- Kirlenici bileşen salınımının kontrolü (sızmanın kontrol altına alınması)
- Bitki yetişmesi için büyüme ortamının sağlanması hedeflenmektedir (Failsafe 2004).

Madenler için çevresel etki değerlendirilmesi yapılırken tesis faaliyetleri sonucunda proses atıkları için gerekli olan ADT'lerin yapılışına dikkat edilmesi gerekmektedir. ADT'lerin gerekli kriterlere uygunlukta yapılamaması büyük sorunlara neden olabilmektedir. Bu sorunlara örnek olarak Romanya'nın Bahia ilinde ADT yapılışındaki hata nedeniyle sızıntılar meydana gelmektedir (Klebercz 2012). Atık depolama tesisleri mevcut atığın doğal ortama deşarjını engellemek ve çevreye zarar verilmemesi için sürekli izlenmesi gereken yapılar olup su kontrolü, hava kontrolü ve toprak kirliliği kontrolü yapılması için önceden modellemenin yapılması gerekmektedir (Franks 2011).

2.8. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Maden atık depolama tesisleri yapıları genellikle vadi içlerine yapılarak maden atıklarının içerdiği yüksek sulu çamuru kontrollü olarak depolamaktadır. Bu nedenle yüksek hacimlerdeki maden atıklarının depolanmasını planlı ve kontrollü olarak yapılmasını sağlamaktadırlar. Bu tür tesislerde herhangi bir depolama faaliyetine başlanmadan önce yönetmeliklere uygun olarak ADT gerçek boyutlarıyla dizayn edilmiş, gerekli hesapları ve testleri yapılmış ve tam kapasite boyutlarında inşa edilmiş olmalıdır. (Tüylü 2016).

Yapılan set tipi atık barajları ve ADT ler yaygın ve ekonomik görünen bir tasarım olmasına rağmen gerekli önlemler alınmadığı takdirde aynı zamanda dünyada büyük çevresel felaketlerle sebep olan baraj kazalarının en yaygın gerçekleştiği tasarımlardır. (ICOLD *et al* UNEP 2001).

Maden atıkları nadiren açık ocak içerisinde depolanabilir. Bu yöntemler genel olarak yüksek su muhtevasına sahip olan atık maden çamurlu sıvı atıklarının malzemeleri, ömrünü tamamlamış ve doğal bir havuz görevi görebilecek açık ocak boşluğu içerisinde depolanması yöntemidir. Yöntemin en büyük avantajı herhangi bir baraj yapımı gerektirmemesidir. Gerekli sızdırmazlık değerleri sağlanmadığında yeraltı suyu kirlenmesi oluşabilmektedir (DME 1999).

Açık ocağın tabanından depolama işlemi başladığında alanın en dar kısmının tabanında yer almasından dolayı maden atıklarında büyük yükselme hızları görülmektedir. Ayrıca atmosferik koşullara maruz kalan yüzey alanı minimum olacaktır. Bunun sonucunda atıklar hızla doldurulacak ve kuruma etkisi az olacaktır (DPI 2003).

Maden proses atıklarının kuru depolama yönteminde atıkların su içeriği malzemenin doğal nemine kadar düşürülerek (% 85 ve üzeri katı içeriği) depolama yapılmaktadır. Oluşan kuru malzemenin borular ile iletimi mümkün değildir, konveyörler ve kamyonlar gibi makine ve ekipmanlar kullanılır. Yine malzemenin depolama alanına götürülmesinde ve doygun olmayan sıkıştırılmış bir yığın formu elde edilmesinde makine ve ekipman kullanımı gerekmektedir (Davies *et al* Rice, 2001).

Maden atıklarının yerüstü depolama yöntemlerine alternatif olarak geliştirilen macun teknolojisi, cevher hazırlama tesis atıklarının filtrasyon ile susuzlaştırıldıktan sonra belli bir oranda su ve gerekli görüldüğü yerlerde ilave bağlayıcı malzemeyle karıştırılarak pompalanabilir kıvamdaki ince taneli malzeme olarak tanımlanmaktadır (Brackebusch, 1994; Newman ve diğ., 2001; Verburg, 2001).

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Koza Altın İşletmeleri Mastra Lokasyonu Genel Bilgileri

KOZA Mastra Altın İşletmeleri A.Ş. (KOZA), Gümüşhane ili, Merkez ilçesi, Demirkaynak mevki civarında işletilmektedir. Proje alanı, Gümüşhane'nin kuş uçuşu 5 km kuzey batısındadır. Proje alanına en yakın yerleşim birimleri 970 m batısında Ekmekçili Mahallesi, 590 m kuzeyde yer alan Kuzeyikisu mahallesidir. Mastra Altın Madeni bünyesinde halihazırda açık ocak ve yeraltı madencilik metodu ile cevher çıkarılmakta ve çıkarılan cevher tank liçi prosesi ile işlenerek dore (rafine işlemine tabi tutulmamış) altın ve gümüş külçe üretimi gerçekleştirilmektedir.

Mevcut tesis kapasitesi 56 ton/saat olup, uygulanan madencilik prosesi sonucu meydana gelen proses atıkları, tesis bünyesinde yer alan siyanür bozundurma (INCO SO₂/hava) ve ağır metal duraylama ünitelerinde arıtıldıktan sonra, nihai olarak depolanması amacıyla atık depolama tesisine verilmektedir.

3.2. Mastra Cevher Hazırlama Tesisi

Mastra altın madeninde çıkarılan cevher, cevher hazırlama tesislerinde cevher zenginleştirme için istenilen tane boyutuna indirilmektedir. Bu işlemler; kırma-eleme ünitesi, öğütme ünitesi, tank liçi yöntemi ile cevher zenginleştirme ünitelerinde gerçekleştirilmektedir.

3.2.1. Kırma-eleme ünitesi

İlk olarak, çıkarılan cevher apron besleyici ile birinci çeneli kırıcıya gelerek kırılır, daha sonra 25 mm ve 16 mm'lik iki katlı eleğe gönderilir. Elek üstü (16 mm üstü) ikinci konik kırıcıya geri beslenirken, elek altı (16 mm altı) ince cevher silosunda depolanmaktadır. Siloda depolanan elek altı malzeme buradan besleme bandı aracılığı ile çubuklu

değirmene taşınmaktadır. Değirmene giren malzemenin pH'ını kontrol altında tutmak için besleme bandına kireç ilave edilmektedir.

3.2.2. Öğütme ünitesi

Kırıcılardan çıkan cevherin, liç tanklarında gerekli katı-sıvı yüzeyi sağlayabilmek için 80 mikrona kadar öğütülmesi gerekmektedir. Bunun için siklonlarla kapalı devre çalışan çubuklu ve bilyalı (40 ve 50 mm çaplı çelik bilyalar) değirmen kullanılmaktadır.

Değirmenden çıkan malzeme liç ünitesine gitmeden önce yoğunlaştırma tankında yoğunlaştırılmakta ve pH ölçümü bu tankta yapılmaktadır. Tanktaki pH değerine göre otomasyon sistemi ile kireç ilavesini ayarlamaktadır.

3.2.3. Tank liçi yöntemi ile cevher zenginleştirme

Mastra Altın Madeni'nde iki adet liç, beş adet (Counter Current Decantation) CCD yani zıt akımlı susuzlaştırma ünitesi ve sekiz adet adsorpsiyon tankı bulunmaktadır. Liç tanklarının hacmi 690 m³, adsorpsiyon tanklarının hacmi ise 210 m³tür.

Liç tanklarında altın ve gümüş %20 Sodyum siyanür(NaCN) çözeltisi eklenerek çözündürülmekte ve çöktürülmek üzere CCD tanklarından geçirilmektedir. Son CCD tankı alt akımı adsorpsiyon tanklarına beslenmektedir. Solüsyon içinde çözülmüş halde bulunan altın ve gümüş adsorpsiyon tanklarında karbon üzerine adsorbe edilerek pulptan alınmaktadır.

Adsorpsiyon tanklarında siyanür seviyesi ortalama 300 ppm civarında tutulmaktadır. Siyanür seviyesi beslemedeki altın ve gümüşün oranına göre artırılıp azaltılabilmektedir. Siyanür analizörleri ile liç ve adsorpsiyon tanklarındaki siyanür seviyesi sürekli kontrol altında tutulmaktadır. Bunun yanı sıra, tanklarda düzenli olarak pH, karbon oranı ve pulp yoğunlukları ölçülmektedir.

Zıt akımlı susuzlaştırma prensibi ile gerçekleştirilen yoğunlaştırma işleminde, alt akımdan alınan çamur bir önceki tanka verilerek sistem işletilmektedir. Alt akım yoğunlukları %50-55 olacak şekilde ayarlanmaktadır. Son CCD tankı alt akımı adsorpsiyon tankına beslenmektedir. İlk CCD tankının üst akımı içerisinde altın ve gümüşün kazanımı amacıyla önce dört adet adsorpsiyon tankına gönderilmektedir.

HCN gazı oluşumunu önlemek için siyanür içeren tüm pulp ve solüsyonların pH'ı en az 10,5 olacak şekilde kireç ilave edilerek ayarlanmaktadır. Liç tankı üzerinde alarm düzeyi 5 ppm (8 saatlik çalışma ortamında kabul edilebilir değerin yarısı) olan bir adet sabit ve otomatik ölçüm yapabilen HCN dedektörü de bulunmaktadır. Bunun yanı sıra üç adet de mobil HCN dedektörü ile başta ADT üzerinde olmak üzere tesisin çeşitli yerlerinde sabit ve mobil olarak ölçümler yapılmaktadır.

3.3. Siyanürün Bozundurulma Ünitesi

Liç ünitesinden alınan atıkların içerisindeki siyanür ADT'de depolanmadan önce INCO(SO₂/hava) kimyasal arıtım ünitesine gönderilip parçalanarak etkisiz hale getirilmektedir. Sistemde siyanür oksitlenerek siyanata dönüşmekte ve hidrolize uğrayan siyanat da, her ikisi de zararsız olan karbonat ve amonyuma parçalanmaktadır. Bu bozundurma ünitesi sürekli olarak çalışan ve aynı zamanda ağır metalleri duraylı formlarda çöktürüp çözültiden uzaklaştırabilen özelliklere sahiptir.

Atık depolama tesisinde, güneş ışığı, ısı ve diğer proseslerden dolayı doğal siyanür bozunumu gerçekleşmekte ve bu nedenle sisteme geri dönen su içerisindeki siyanür konsantrasyonu seviyesi daha da düşmektedir."15.07.2015 tarih ve 29417 sayı ile Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Maden Atıkları Yönetmeliğinin 21.Maddesi" ne göre maden atığının siyanür içermesi durumunda tesise deşarj noktasında zayıf asitte çözünebilen siyanür konsantrasyonu 10 ppm'i aşamaz ifadesi yer almaktadır. Mastra 3.ADT projesi için planlanan hedef bu değerin altındadır. Depolama tesisi yüzeyinde siyanür tuzlarının bazıları (CuCN gibi) kararsız olduklarından güneş ışınlarının etkisiyle HCN gibi serbest siyanüre dönüşmektedir. FeCN gibi kararlı olanlar ise çamurun katı

kısmı ile birlikte çökelmektedir. Serbest siyanür, üretim tesisi ile depo arasındaki kapalı dönüşüm sisteminden tekrar çözülme havuzlarına alınmaktadır. Bu siyanür çevresinde geri dönüş yaklaşık %55 oranında gerçekleştirilebilmektedir.

Serbest siyanürler zehirli oldukları için atık deposundan çevreye bu oranda karışmalarını gereklidir. Siyanür oksijene haris olduğu için insan vücudunda öldürücü etki yaratmaktadır. Ancak işlem alanında havaya karışan siyanür insan vücuduna zararlı olacak kadar oksijen alamamaktadır. Müsade edilen yoğunluk 10 mg HCN/m³ olarak belirlenmiştir.

Üretim yöntemindeki özellikler dolayısıyla depo tasarımı çevreyi ve insan sağlığını riske sokmayacak biçimde ele alınmaktadır. Özellikle sızdırmazlık konusunda yeterli güvenlik sağlanmaktadır.

3.4. Maden Proses Atıklarının Atık Depolama Tesislerine Gönderimi

Mastra Altın Madeninde yer altı ve açık ocaktan çıkarılarak cevher hazırlama ve zenginleştirme ünitelerinde işlem gören cevherin içerisindeki değerli metaller alındıktan sonra içerisindeki katıların nihai olarak depolanması amacıyla ADT'ye gönderilmektedir. Cevher zenginleştirme tesislerinde oluşan atıklar ADT'ye pompa yardımı ile gönderilmektedir. ADT inşası sırasında tabana koyulan su toplama havuzunda su tüketimini minimum seviyede tutmak için cevher zenginleştirme tesisinden gelen proses atığının içerisindeki suyun tekrar geri kazanımını sağlamaktadır. Koza Mastra altın işletmelerinde su kullanımı Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Koza Mastra altın işletmelerinde su kullanımı

ÜNİTE	PROSES SUYU TÜKETİMİ	HAM SU TÜKETİMİ
KIRMA-ELEME	-	20 m ³ /hafta
ÖĞÜTME	120 m ³ /saat	40 m ³ /saat
LİÇ-ADSORBSİYON(CIP)	-	-
SART-CCD-ADR(CIC)	65 m ³ /saat	-
KİMYASAL BOZUNDURMA	-	-
SIYIRMA-ELEKTROLİZ-ALTIN ODASI	-	80 m ³ /gün
KİMYASAL HAZIRLAMA	170 m ³ /gün	172 m ³ /gün

3.5. Mastra Altın Madeni 3.Atık Depolama Tesisi Bilgileri ve Yapımında Gerçekleştirilen Çalışmalar

Mastra Altın Madeni 3.ADT projesi Mastra Altın Madeni işletme sahasında bulunan Doğu açık ocağın ömrünü doldurması ile birlikte gerekli tesviye, arazi düzleme, sıkıştırma işlemleri ve gerekli sızdırmazlık önlemlerinin alınması ile birlikte ADT olarak yeniden kullanılması için projelendirilmiştir. Böylelikle, ihtiyaç duyulan yeni ADT için ömrünü tamamlayan bozulmuş bir arazi olan Doğu açık ocak alanının yeniden değerlendirilip kullanılması ile işletme sahası içinde veya dışında yeni bir arazi kullanılmamış olacaktır. Açık ocak alanının ADT olarak yeniden düzenlenmesi, bakir bir arazinin kullanılmamasını sağlayacağı için, çevresel bir fayda olarak değerlendirilmektedir. Mastra Altın Madeni'nde bulunan Doğu açık ocağın ömrünü doldurmasını takiben, gerekli tesviye, arazi düzleme, sıkıştırma işlemleri ve sızdırmazlık önlemlerinin alınması ile birlikte yeni ADT olarak işletmeye alınması planlanmaktadır.

Söz konusu ADT tek aşamalı olarak tamamlanacak olup 550.000 m³ atık depolanabilecektir. ADT'nin kaplayacağı toplam alan yaklaşık 4,5 hektar olacaktır. Atıkların ADT'ye iletimi için yapılacak olan boru hattının uzunluğu ise yaklaşık 220 m olacaktır. ADT 0,5 m'lik hava payı olacak şekilde tasarlanmıştır.

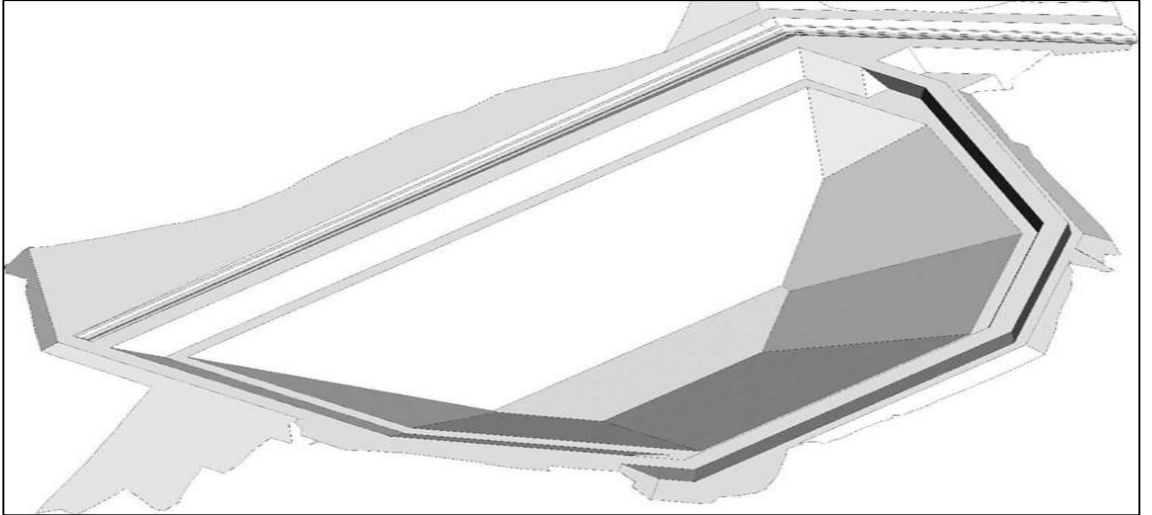
3.ADT yapımı sırasında şev ve palye kazıları, dolgular ve şev yüzeyi hazırlama, drenaj sistemleri, taban kil dolgusu, kaplama sistemlerinin serimi, kuşaklama kanalı işlemleri

yapılmaktadır.

Şekil 3.1’de Mastra 3.ADT’nin yapılması planlanan arazi ve Şekil 3.2’de Mastra 3.ADT 3D görünümü gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Mastra 3.ADT yapılması planlanan arazi



Şekil 3.2. Mastra-3 ADT 3D görünümü

3.5.1. Şev ve palye kazıları

Tasarımda açık ocağın bir atık depolama tesisine dönüştürülmesi doğrultusunda

çalışılmış ve yönetmelikte ADT tasarımı için belirtilen kriterlere uyulmuştur. İç yüzeyde 2Yatay:1Düşey (2Y:1D) şev eğimleri alınmıştır.

Büyük bir bölümü dolgu ile yapılacak olan ADT'nin kaya dolguya uygun niteliklerde ve şartnamedeki koşulları sağlayan malzemenen yapılmıştır. Gövdenin memba şevi, yamaçlardaki kazı - dolgu şevleri ile aynı olacak şekilde 2Y:1D, mansap yüzünde kullanılacak nitelikli kaya ile de mansap şevi 1.6Y:1D olarak yapılmıştır. Yapılan topoğrafik ölçümler sonucunda teyit gerçekleştirilmiştir.

3.5.2. Dolgular ve şev yüzeyi hazırlama

Dolgu işlemine, depolama alanı tabanındaki serbest malzemenin alınarak, sağlam doğal zeminin bulunmasından sonra başlanmıştır. Projedeki toplam dolgu miktarı 400.000 m³ olarak ölçülmüştür. Sergi kalınlığı 60 cm olarak uygulanmaktadır. Sergi tabakasının içerisinde 40 cm'den büyük kaya malzeme kullanılmamasına özenle dikkat edilmiştir. Atık depolama tesisi tabanından başlayan dolgu tabakaları, titreşimli düz silindirle sıkıştırılmaktadır. Sıkışma değeri %85'in altındaki bölgeler tekrar sıkıştırılıp, uygun sıkışma değeri (en az %85) alındıktan sonra bir üst tabakanın serilmesine geçilmektedir. Şekil 3.3'de şev yüzeyi hazırlama ve sıkışma işlemi gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Şev yüzeyi hazırlama ve sıkışma

3.5.3. Drenaj sistemleri

Yer altı ve yerüstü su seviyesindeki dönemsel yükselmelerde geçirimsizlik sistemi altına birikecek sular için bir alt drenaj sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem, su birikimi olabilecek en düşük seviyelerde delikli drenaj boruları ve çakıl filtrelerle oluşturulan bir hendek ile biriktirilecektir. Burada biriktirilen su, pompalar yardımıyla kret kotuna çıkarılmıştır. Mastra 3. ADT içinde depolanacak maden atığı katı-sıvı niteliktedir. Atık borularla tesise aktarıldıktan sonra zaman içinde çökmeye başlayacaktır. Katı parçalar tabanda çökeldikçe üstte sadece su kalacaktır. Ancak, bu proses tek yönlü bir konsolidasyona olanak tanıdığı için çökme hızı düşük olacaktır. Ayrıca, çökme tamamlanıncaya kadar geçirimsizlik sistemi üzerinde sürekli bir su basıncı olacak ve bu durum risk faktörünü artıracaktır.

Bu sebeple, çift taraflı konsolidasyonun sağlanması amacıyla, geçirimsizlik sistemi üzerinde bir üst drenaj sistemi oluşturulmuştur. Bu amaçla en üstte bulunan geçirimsizlik elemanı olan geomembran üzerine bir geosentetik drenaj örtüsü yerleştirilecektir. Bu örtüde toplanan sızıntı suları tabanda yerleştirilen 50 cm kalınlığındaki çakıl tabakanın da yardımıyla, depo alanın en düşük noktasında inşa edilecek bir toplama çukuruna aktarılacaktır. Bu toplama çukuruna çelik bir muhafaza borusu içinde bir dalgıç pompa indirilecek ve toplanan suları seviye sensörleri ile tespit edilerek deponun üzerine pompalanacaktır. Alt drenaj ve üst drenaja Şekil 3.4' de drenaj kanal kazısı Şekil 3.5' de borulama işlemi, Şekil 3.6'da Ø100 ve Ø200 alt drenaj boruları, Şekil 3.7' de alt drenaj çakılı, Şekil 3.8. de üst drenaj HDPE boruları ve Şekil 3.9' da üst drenaj çakılı gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Drenaj kanal kazısı



Şekil 3.5. Borulama işlemi



Şekil 3.6. Ø100 ve Ø200 Alt drenaj boruları



Şekil 3.7. Alt drenaj çakılı



Şekil 3.8. Üst drenaj HDPE boruları



Şekil 3.9. Üst drenaj çakılı

3.5.4. Taban kil dolgusu

Proje kapsamında kullanılması planlanan kil malzemeden saha kontrol mühendislerinin gözetiminde numuneler alınarak labaratuara gönderilmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde kil malzemenin permeabilite deneyi sonucu $3,5 \cdot 10^{-10}$ m/sn zemin sınıfı ise CL olarak gözlenmiştir. İngiliz standartında zeminler önce iri ve ince olmak üzere ikiye ayrılırlar. Kil-silt ile kum sınırı olan 0,060 mm elekten geçen %35'den az ise iri %35'den fazla ise ince taneli zemin olarak adlandırılır. İri malzemenin %50'sinden fazlası çakıl ise zemin G kum ise S ile simgelenir. 0.060 mm elekten geçen malzeme %35'den fazla ise ilk simge kil için C silt için M harfi kullanılır. Ara bölgede kalan ince daneli zeminler için çift harflendirme yapılmaktadır. Siltli ve daha çok kile benzeyen malzemeleri ayırmak zordur. CL-ML: Siltli kil, SC-SM: Siltli, Killi kum olarak belirlenmiştir. Organik zeminler P sınıfı olarak adlandırılmıştır.

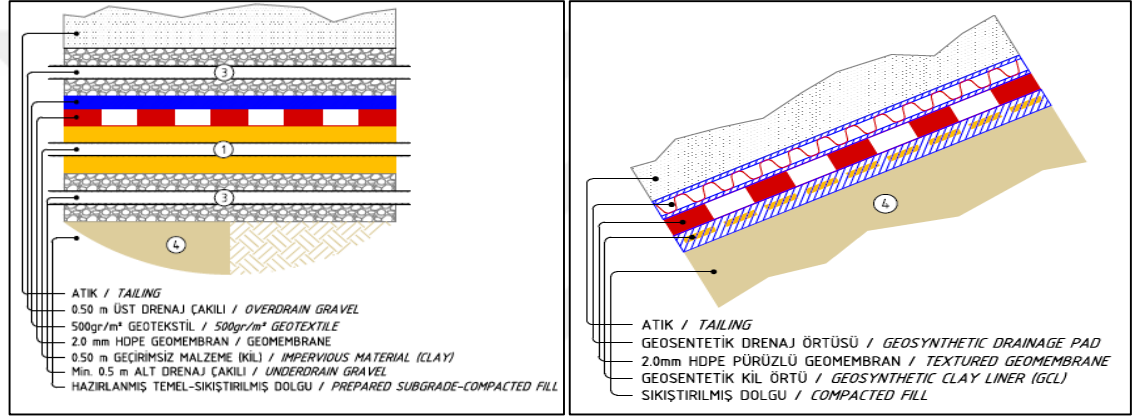
Bulunan permeabilite değeri Maden Atıkları Yönetmeliği Madde 11'de belirtilen "Tehlikeli maden atıklarının depolanacağı tesislerin tabanında ve yan yüzeylerinde oluşturulan geçirimsizlik tabakası teşkilinde, en az iki tabaka olarak sıkıştırılmış ve uygun koşullarda nemlendirilmiş minimum 50 cm kalınlığında ve geçirimsizliği en fazla 10^{-9} m/sn olan kil grubu mineral serilir ve bu tabaka yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) jeomembran kullanılarak güçlendirilir" gerekliliğini sağlamaktadır. Şekil 3.10'da yapılan taban kil dolgusu serim işlemi görülmektedir.



Şekil 3.10. Taban kil dolgusu serim işlemi

3.5.5. Kaplama sistemlerinin serimi

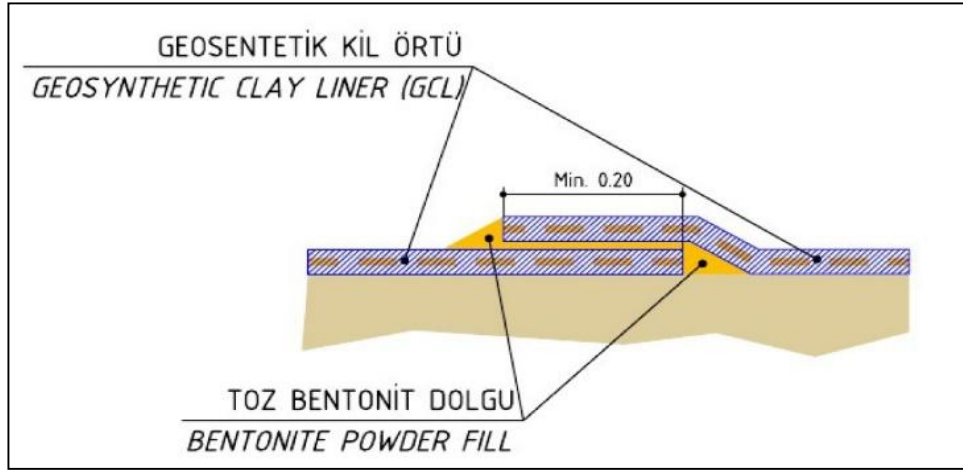
Mastra 3.ADT yapımında şevlerde ve tabanda kullanılacak kaplama sistemi (Jeosentetik Kil Örtü, Jeomembran, Jeokompozit) gibidir. Şekil 3.11’de şev ve tabanda uygulanacak geçirimsiz sistem görülmektedir.



Şekil 3.11. Şevlerde ve tabanda uygulanacak geçirimsiz sistem

3.5.5.a. Jeosentetik kil örtü (GCL)

Jeosentetik kil örtü Jeomembran kaplanmadan önce serilen geçirimsiz malzemedir. İçerisinde montmorillonit adı verilen yapay killi malzeme bulunmaktadır. GCL serimi yapılması için ortamın susuz olması gerekmektedir, GCL içindeki montmorillonit su alınca şişmektedir. Kullanılacak GCL'nin özellikleri; kalınlığı 5 mm, ağırlığı 3400 g/m²'dir. Jeosentetik Kil Astar; eni 5,5 metre, boyu 50 metredir. GCL panelleri arasında dikeyde en az 20 cm, yatayda en az 50 cm bindirme yapılarak serilme işlemi gerçekleştirilmiştir. GCL panellerinin tüm bindirme paylarına minimum 0,5 kg/m toz sodyum bentonit uygulanmıştır. Bentonit geçirimsiz kile benzer malzeme olup su alınca şişmektedir. GCL'nin saha testleri gözle yapılmaktadır. Şekil 3.12'de GCL tipik yanal bindirme detayı, Şekil 3.13'de GCL serimi, Şekil 3.14'de toz bentonit uygulaması ve Şekil 3.15' de GCL serimi tamamlanmış alan görülmektedir.



Şekil 3.12. GCL Tipik yanal bindirme detayı



Şekil 3.13. GCL serimi



Şekil 3.14. Toz bentonit uygulaması



Şekil 3.15. GCL serimi tamamlanmış alan

3.5.5.b. Jeomembran kaplama işlemi

Mastra 3. ADT projesinde 2 mm kalınlığında tek tarafı pürüzlü HDPE jeomembran kullanılmıştır. Her bir rulo; 7 m x 80 m boyutlarında 2 mm kalınlığında, 560 m² alana sahip ve yaklaşık 1.110 kg ağırlığındadır. Kullanılan Jeomembran ASTM standartlarına uygunluktadır. Çizelge 3.2’de ASTM standartları gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. ASTM standartları (Anonymous 1996)

	ASTM standartları
ASTM D-6392	Isıl Ergitme (Termo Füzyon) Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Takviyesiz Jeomembran Dikişlerinin/Kaynaklarının Sağlamlığının Belirlenmesine İlişkin Standart Test Yöntemleri
ASTM D-5820	Çift Dikişli/Kaynaklı Jeomembranların Basınçlandırılmış Hava Kanalı Değerlendirmesine İlişkin Standart Uygulamalar
ASTM D-5641	Jeomembran Dikişlerinin/Kaynaklarının Vakum Odasında Değerlendirilmesine İlişkin Standart Uygulamalar
ASTM D-6497	Jeomembranın Penetrasyonlara Veya Yapılara Mekanik Yolla Bağlanmasına İlişkin Standart Kılavuz
GRI Standardı GM13	Yüksek Yoğunluklu Polietilenden (YYPE) Mamul Düz ve Dokuma Jeomembranların Test Özellikleri, Test Sıklıkları ve Önerilen Garanti Şartları
GRI Standardı GM14	Vasif Tespiti Yöntemi Kullanılarak Jeomembranlardan Tahribatlı Test Yoluyla Dikiş/Kaynak Numunesi Alınmasına İlişkin Değişken Aralıkların Seçilmesi

ASTM standartlarına uygunluk gösteren Jeomembran serim işlemleri Şekil 3.16’da taban yüzeyinde jeomembran serim işlemi, Şekil 3.17’de üst drenaj toplama havuzu jeomembran kaplama işlemi, Şekil 3.18’de şev yüzeyinde jeomembran kaplama işlemi, Şekil 3.19’da jeomembran sıcak füzyon kaynağı işlemi ve Şekil 3.20’de Jeomembran kaplama işlemi genel görünümü gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Taban yüzeyinde jeomembran serim işlemi



Şekil 3.17. Üst drenaj toplama havuzu jeomembran kaplama işlemi



Şekil 3.18. Şev yüzeyinde jeomembran kaplama işlemi



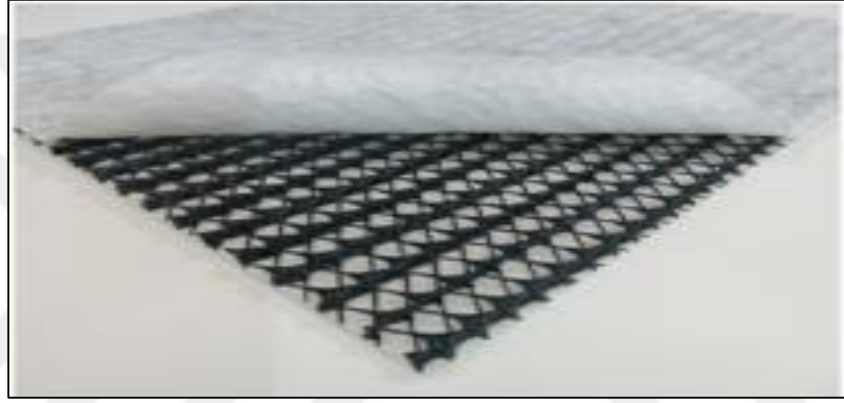
Şekil 3.19. Jeomembran sıcak füzyon kaynağı işlemi



Şekil 3.20. Jeomembran kaplama işlemi Genel görünümü

3.5.6. Üst drenaj jeokompoziti

Kullanılan drenaj jeokompoziti jeonet ve filtreleme işlemini sağlayacak çift taraflı jeotekstilin birleşiminden oluşmaktadır. Jeokompozit panellerin bindirme payı en az 15 cm olarak uygulanmış ve blower ile yapıştırılmıştır. Şekil 3.21’de üst drenajda kullanılan jeokompozit, Şekil 3.22’de jeokompozit serimi ve Şekil 3.23’de Jeokompozit serimi tamamlanmış alan gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Üst drenajda kullanılan jeokompozit



Şekil 3.22. Jeokompozit serimi



Şekil 3.23. Jeokompozit serimi tamamlanmış alan

3.5.7. Taban jeotekstil serimi

Mastra 3. ADT Projesinde jeotekstil malzeme sadece depolama alanı tabanında, serilen üst drenaj çakılından, jeomembranın zarar görmesini önlemek amacıyla uygulanmaktadır. Jeotekstil panellerin bindirme payı en az 15 cm olarak uygulanmış ve blower ile yapıştırılmıştır. Şekil 3.24’de tabanda Jeotekstil serimi ve Şekil 3.25’de Jeotekstil serimi tamamlanmış alan gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Tabanda Jeotekstil serimi



Şekil 3.25. Jeotekstil serimi tamamlanmış alan

3.5.8. Ankraj hendeği

Ankraj hendeği serimi tamamlanan ADT için sıkıştırma görevi görmektedir. Ankraj hendeği minimum 100 cm derinliğinde ve minimum 50 cm genişliğinde projesine uygun olarak açılmıştır. Şekil 3.26’da ankraj hendeği gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Ankraj hendeği

3.6. Kuşaklama Kanalı

Kuşaklama kanalı ADT'yi dağın yamacından gelebilecek sulardan korumak için inşaa edilmiştir. Kuşaklama kanalı kazı işlemi, %0,5 eğimle yapılmıştır. Kanal toplam uzunluğu yaklaşık 290 m'dir. Şekil 3.27'de kuşaklama kanalı yapılışı gösterilmiştir.



Şekil 3.27. Kuşaklama kanalı yapılışı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

İncelemesi yapılan Mastra 3. ADT' de geçirimsizliğin sağlanması için kullanılan malzemelerin yerinde ve laboratuvar ortamlarında yapılan test sonuçlarının yasal gereklilikleri ve teknik şartnamede belirtilen özelliklerinin yerine getirilip getirilmediği değerlendirilmesi yapılmıştır. Teknik şartname ve yasal gerekliliklere göre ADT inşasında;

- Dolgular ve şev yüzeyi hazırlama
- Drenaj sistemleri
- Taban kil dolgusu
- Kaplama sistemlerinin serimi
- Kuşaklama kanalı

Test sonuçları incelenmiştir.

4.1. Taban Dolgusu Test Sonuçları

Mastra 3. ADT'de yapılan dolgu çalışmalarında teknik şartnamedeki sıkışma değeri %85 olması istenmektedir. Yapılan test sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. 3. ADT'de yapılan tüm sıkışma testlerinde %85 ve üzeri bir değer elde edilmiştir. Şekil 4.1'de sıkışma testi alınışı gösterilmiştir. Çizelge 4.1'de taban dolgusu laboratuvar sonuçları gösterilmiştir. Şekil 4.2'de taban dolgusu sıkışma grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Sıkıştırma testinin alınışı

Çizelge 4.1. Taban dolgusu laboratuvar sonuçları

Deney No	KOMPAKSİYON (%)	STANDART (%)	Deney No	KOMPAKSİYON (%)	STANDART (%)
1	86,77	85	42	89,13	85
2	87,99	85	43	88,99	85
3	85,92	85	44	88,78	85
4	88,77	85	45	88,92	85
5	89,4	85	46	89,01	85
6	89,65	85	47	89,55	85
7	87,87	85	48	92,03	85
8	86,79	85	49	91,87	85
9	89,22	85	50	91,99	85
10	89,11	85	51	92,12	85
11	88,84	85	52	90,11	85
12	88,23	85	53	91,01	85
13	90,15	85	54	90,87	85
14	90,44	85	55	90,56	85
15	89,79	85	56	91,04	85
16	90,99	85	57	89,01	85
17	92,06	85	58	89,55	85
18	91,55	85	59	89,61	85
19	90,66	85	60	89,77	85
20	89,45	85	61	93,18	85
21	87,06	85	62	92,79	85
22	88,23	85	63	93,07	85

Çizelge 4.1. (devam)

Deney No	KOMPAKSİYON (%)	STANDART (%)	Deney No	KOMPAKSİYON (%)	STANDART (%)
23	87,59	85	64	92,99	85
24	87,99	85	65	93	85
25	88,03	85	66	92,77	85
26	88,12	85	67	91,56	85
27	87,98	85	68	92,44	85
28	88,45	85	69	93,31	85
29	88,56	85	70	92,01	85
30	88,79	85	71	89,92	85
31	86,99	85	72	90,23	85
32	88,01	85	73	91,22	85
33	87,78	85	74	92	85
34	87,9	85	75	92,08	85
35	88,13	85	76	91,42	85
36	88,4	85	77	90,89	85
37	88,44	85	78	93,44	85
38	87,99	85	79	91,42	85
39	88,23	85	80	92,1	85
40	88,13	85	81	90,08	85
41	89,01	85	82	91,99	85
83	92,23	85	92	90,16	85
84	89,99	85	93	90,18	85
85	90,13	85	94	90,22	85
86	90,22	85	95	91,44	85
87	90,46	85	96	91,89	85
88	91,12	85	97	91,02	85
89	89,98	85	98	91,87	85
90	89,77	85	99	92	85
91	89,94	85	100	91,15	85



Şekil 4.2. Taban dolgusu sıkışma grafiği

4.2. Şev Dolgusu Test Sonuçları

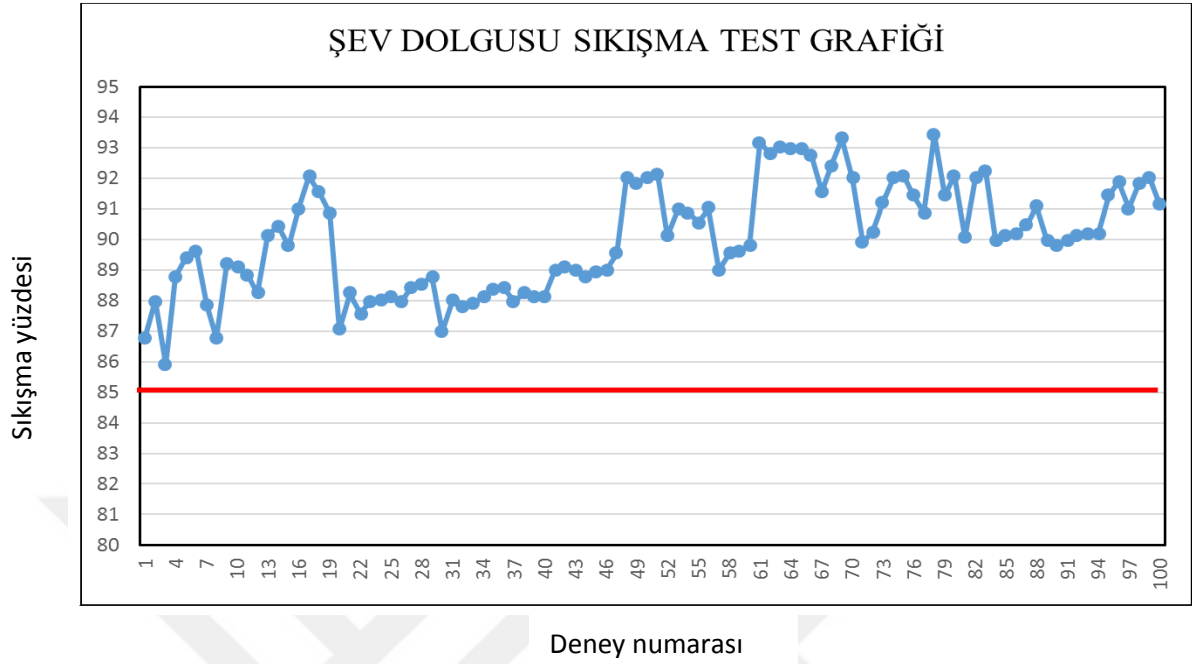
ASTM D-1556-07 nükleer metodu ile alınan sıkışma Çizelge 4.2'de şev dolgusu laboratuvar sonuçları ve Şekil 4.3'de şev dolgusu sıkışma grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.2. Şev dolgu laboratuvar sonuçları

DENEY NUMARASI	KOMPAKSİYON (%)	STANDART (%)	DENEY NUMARASI	KOMPAKSİYON (%)	STANDART (%)
1	86,77	85	14	90,44	85
2	87,99	85	15	89,79	85
3	85,92	85	16	90,99	85
4	88,77	85	17	92,06	85
5	89,4	85	18	91,55	85
6	89,65	85	19	90,86	85
7	87,87	85	20	87,06	85
8	86,79	85	21	88,23	85
9	89,22	85	22	87,59	85
10	89,11	85	23	87,99	85
11	88,84	85	24	88,03	85
12	88,23	85	25	88,12	85
13	90,15	85	26	87,98	85

Çizelge 4.2. (devam)

DENEY NUMARASI	KOMPAKSİYON (%)	STANDART (%)	DENEY NUMARASI	KOMPAKSİYON (%)	STANDART (%)
27	88,45	85	64	92,99	85
28	88,56	85	65	93	85
29	88,79	85	66	92,77	85
30	86,99	85	67	91,56	85
31	88,01	85	68	92,44	85
32	87,78	85	69	93,31	85
33	87,9	85	70	92,01	85
34	88,13	85	71	89,92	85
35	88,4	85	72	90,23	85
36	88,44	85	73	91,22	85
37	87,99	85	74	92	85
38	88,23	85	75	92,08	85
39	88,13	85	76	91,42	85
40	88,13	85	77	90,89	85
41	89,01	85	78	93,44	85
42	89,13	85	79	91,42	85
43	88,99	85	80	92,1	85
44	88,78	85	81	90,08	85
45	88,92	85	82	91,99	85
46	89,01	85	83	92,23	85
47	89,55	85	84	89,99	85
48	92,03	85	85	90,13	85
49	91,87	85	86	90,22	85
50	91,99	85	87	90,46	85
51	92,12	85	88	91,12	85
52	90,11	85	89	89,98	85
53	91,01	85	90	89,77	85
54	90,87	85	91	89,94	85
55	90,56	85	92	90,16	85
56	91,04	85	93	90,18	85
57	89,01	85	94	90,22	85
58	89,55	85	95	91,44	85
59	89,61	85	96	91,89	85
60	89,77	85	97	91,02	85
61	93,18	85	98	91,87	85
62	92,79	85	99	92	85
63	93,07	85	100	91,15	85



Şekil 4.3. Şev dolgusu sıkışma grafiği

4.3. Dolgu Malzemesi Elek Analizi ve Permeabilite Deneş Sonuçları

Drenaj sisteminde kullanılacak malzemede drenaj çakılı, yıkanmış ve elenmiş serbest akıldan oluşup dane çapı aralığı 7-30 mm arasında ve ASTM 200 no'lu (0.075mm) elekten geçen ince miktarı en çok %5 olması istenmektedir. Çizelge 4.3'de Amerikan elek standartları gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Amerikan elek standartları

Amerikan elekleri (ASTM)	
Elek no	Elek açıklığı
3 inç	75 mm
2 inç	50 mm
1/2 inç	37.5 mm
1 inç	25 mm
3/4 inç	19 mm
3/8 inç	9,5 mm
No.4	4,75 mm
No.8	2,36 mm
No.10	2.00 mm
No.16	1.18 mm

Çizelge 4.3. (devam)

Elek no	Elek açıklığı
No.20	850 µm
No.30	600 µm
No.40	425 µm
No,50	300 µm
No.60	250 µm
No.100	150 µm
No.140	106 µm
No.200	75 µm

4.3.1. Dolgu malzemesi elek analizi deney sonuçları

Çizelge 4.4’de Numune 1 için 3903,05 gram numunede yapılan dolgu malzemesi analizi gösterilmiştir. Numune 2 için 4329,15 gram numunede yapılan dolgu malzemesi analizi Çizelge 4.5’de Numune 2 dolgu malzemesi elek analiz sonuçları gösterilmiştir. ASTM 200 no’lu (0.075mm) elekten geçen miktarı % 2,92 ve 3,81 olduğundan standartlara uygundur.

Çizelge 4.4. Numune 1 dolgu malzemesi elek analiz sonuçları

ELEK NO (inç)	AÇIKLIK (mm)	Kalan (gr)	KALAN (%)	TOPLAM KALAN (gr)	TOPLAM KALAN (%)	TOPLAM GEÇEN (%)
No: 4"	100	155,02	3,97	155,02	3,97	96,03
No: 3"	75,0	444,22	11,38	599,24	15,35	84,65
No: 2.5"	63.5	217,10	5,56	816,34	20,92	79,08
No: 2"	5.0	403,14	10,33	1219,48	31,24	68,76
No: 1 ^{1/2} "	38,1	439,76	11,27	1659,24	42,51	57,49
No: 1"	25,40	328,12	8,41	1987,36	50,92	49,08
No:(3/4)"	19,05	209,69	5,37	2197,05	56,29	43,71
No: (3/8)"	9,53	296.14	7,59	2493,19	63,88	36,12
No:4	4,76	226.06	5,79	2719,25	69,67	30,33
No: 10	2.00	256.23	6.56	2975,48	76,23	23,77
No: 40	0,425	293,64	7,52	3269,12	83.76	16,24
No: 140	0,106	477.84	12,24	3746,96	96.00	4,00
No: 200	0,075	42,16	1,08	3789,12	97.08	2,92

Çizelge 4.5. Numune 2 dolgu malzemesi elek analiz sonuçları

ELEK NO (inç)	AÇIKLIK (mm)	Kalan (gr)	KALAN (%)	TOPLAM KALAN (gr)	TOPLAM KALAN (%)	TOPLAM GEÇEN (%)
No: 4"	100					100,00
No: 3"	75	91,44	2.11	91,44	2,11	97,89
No: 2.5"	63.5	177,71	4.10	269,15	6,22	93,78
No: 2"	5.0	327,09	7.56	596,24	13,77	86,23
No: 1 1/2"	38,1	463,50	10.71	1059,74	24,48	75,52
No: 1"	25,4	903,77	20,88	1963,51	45,36	54,64
No:(3/4)"	19,05	432,50	9,99	2396,01	55,35	44,65
No: (3/8)"	9,53	452,92	10.46	2848,93	65,81	34,19
No:4	4,76	336,19	7.77	3185,12	73,57	26,43
No: 10	2.00	407,94	9.42	3593,06	83,00	17,00
No: 40	0,425	348,72	8,06	3941,78	91,05	8,95
No: 140	0,106	164,11	3,79	4105,89	94,84	5,16
No: 200	0,075	58,50	1.35	4164,39	96,19	3,81

4.3.2. Dolgu malzemesi permeabilite deney sonuçları

Geçirimli dolgu malzemesinin geçirgenlik değerinin $1 \cdot 10^{-4}$ m/s ve üzeri olması istenmektedir. Çizelge 4.6' da permeabilite deneyinde kabul edilen standart değerler gösterilmektedir. Çizelge 4.7' de numune 1 dolgu malzemesinin permeabilite laboratuvar sonuçları gösterilmektedir. Çizelge 4.8'de numune 2 dolgu malzemenin permeabilite laboratuvar sonuçları gösterilmektedir. Eşitlik 4.1' de permeabilite formülü verilerek bu doğrultuda hesaplamalar yapılmıştır. Permeabilite hesaplamada gerekli olan k_t permeabilite katsayısı hesaplamaları eşitlik 4.2' ye göre yapılmıştır.

$$k_{20} = k_t * \left(\frac{m t}{m_{20}} \right) \quad (4.1)$$

$$k_t = \left(2,3 * a * \frac{L}{A t} \right) \log \left(\frac{H}{H - \Delta H} \right) \quad (4.2)$$

H: İlk su seviyesi, cm, L: Numune yüksekliği, cm, d: Kalıp çapı, cm, D: Su düşüşü gözlenen

borunun çapı, cm, ΔH : İlk okuma ile son okuma arasındaki su seviyesi farkı, cm
a: Hortum alanı, cm², D: Kalıp çapı, cm, A: Kalıp alanı, cm² ile ifade edilmekte olup Çizelge 4.6' da permeabilite deneyinde kabul gören standart değerler verilmiştir. Dolgu malzemesinin geçirgenlik değerinin $1 \cdot 10^{-4}$ m/s olması istenmektedir yapılan analiz sonuçlarında bulunan değerler standartlara uygundur.

Çizelge 4.6. Permeabilite deneyinde kabul göre standart değerler

H,cm	260
L,cm	11.70
A,cm ²	82.52
d,cm	0.70
D,cm	10.25
a,cm ²	0.385
$m_{20}=10^{-6}$ Nsm için	1,005

Çizelge 4.7. Numune 1 dolgu malzemenin permeabilite laboratuvar sonuçları

OKUMALAR	İlk okuma	Son okuma	Su sıcaklığı (°C)	Süre t (s)	DH (cm)	kt (cm/s)	$m_t 10^{-6}$ Nsm	k_{20} $k_1(m_t/m_{20})$	
								cm/s	m/s
1	29.00	33.00	20	10	248	$1.68 \cdot 10^{-02}$	60.0000	$1.00 \cdot 10^{10}$	$1.00 \cdot 10^{-02}$
2	33.00	37.00	20	10	251	$1.83 \cdot 10^{-02}$	60.0000	$1.09 \cdot 10^{10}$	$1.09 \cdot 10^{-02}$
3	41.00	45.00	20	10	255	$2.15 \cdot 10^{-02}$	60.0000	$1.29 \cdot 10^{10}$	$1.29 \cdot 10^{-02}$
						$1.89 \cdot 10^{-02}$	Ortalama	$1.13 \cdot 10^{10}$	$1.13 \cdot 10^{-02}$

Çizelge 4.8. Numune 2 dolgu malzemenin permeabilite laboratuvar sonuçları

OKUMALAR	İlk okuma	Son okuma	Su sıcaklığı (°C)	Süre t (s)	DH (cm)	kt (cm/s)	$m_t 10^{-6}$ Nsm	k_{20} $k_1(m_t/m_{20})$	
								cm/s	m/s
1	16.00	19.00	20	10	250	$178 \cdot 10^{-02}$	60.0000	$1.06 \cdot 10^{10}$	$1.06 \cdot 10^{-02}$
2	19.00	22.00	20	10	254	$2.05 \cdot 10^{-02}$	60.0000	$1.23 \cdot 10^{10}$	$1.23 \cdot 10^{-02}$
3	22.00	25.00	20	10	258	$2.65 \cdot 10^{-02}$	60.0000	$1.58 \cdot 10^{10}$	$1.58 \cdot 10^{-02}$
						$2.16 \cdot 10^{-02}$	Ortalama	$1.29 \cdot 10^{10}$	$1.29 \cdot 10^{-02}$

4.4. Taban Kil Dolgusu Elek Analizi Deney Sonuçları

Elek analizi TS-1900-1: Mart 2006/TI-Mayıs 2007 Madde 5.9' da belirtilen standartlar referans alınarak Çizelge 4.9'da numune 1 için 788,08 gr, Çizelge 4.10'da numune 2 için 893,75 gr, Çizelge 4.11'de numune 3 için 918,74 gram numunede yapılan taban kil dolgusu analiz sonuçları gösterilmiştir. 50 cm kalınlıkta serilecek geçirimsiz malzeme No:200' den geçen miktarı %25 olan kil grubu mineral olmalıdır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler %79,64, 72,64 ve 71,51 olduğundan standartlara uygundur.

Çizelge 4.9. Numune 1 elek analiz sonuçları

ELEK NO	AÇIKLIK (mm)	Kalan (gr)	KALAN (%)	TOPLAM KALAN (gr)	TOPLAM KALAN (%)	TOPLAM GEÇEN (%)
No: 1 ^{1/2} "	38,1					100,00
No: 1"	25,40					100,00
No: (3/4)"	19,05					100,00
No: (3/8)"	9,53					100,00
No:4	4,76	76,25	9,68	76,25	9,68	90,32
No: 10	2,00	46,60	5,91	122,85	15,59	84,41
No: 40	0,42	22,59	2,87	145,44	18,45	81,55
No: 140	0,105	10,71	1,36	156,15	19,81	80,19
No: 200	0,074	4,31	0,55	160,46	20,36	79,64

Çizelge 4.10. Numune 2 elek analiz sonuçları

ELEK NO	AÇIKLIK (mm)	KALAN (gr)	KALAN (%)	TOPLAM KALAN (gr)	TOPLAM KALAN (%)	TOPLAM GEÇEN (%)
No: 1 ^{1/2} "	38,1					100,00
No: 1"	25,40					100,00
No: (3/4)"	19,05					100,00
No: (3/8)"	9,53	25,36	2,84	25,36	2,84	97,16
No:4	4,76	23,38	2,62	48,74	5,45	94,55
No: 10	2,00	37,18	4,16	85,92	9,61	90,39
No: 40	0,42	90,66	10,14	176,58	19,76	80,24
No: 140	0,105	64,47	7,21	241,05	26,97	73,03
No: 200	0,074	3,44	0,38	244,49	27,36	72,64

Çizelge 4.11. Numune 3 elek analiz sonuçları

ELEK NO	AÇIKLIK (mm)	KALAN (gr)	KALAN (%)	TOPLAM KALAN (gr)	TOPLAM KALAN (%)	TOPLAM GEÇEN (%)
No: 1 ^{1/2} "	38,1					100,00
No: 1"	25,40					100,00
No: (3/4)"	19,05					100,00
No: (3/8)"	9,53					100,00
No:4	4,76	52,13	5,67	52,13	5,67	94,33
No: 10	2,00	78,05	8,50	130,13	14,17	85,83
No: 40	0,42	89,70	9,76	219,88	23,93	76,07
No: 140	0,105	35,86	3,90	255,74	27,84	72,16
No: 200	0,074	6,00	0,60	261,74	28,49	71,51

4.5. Taban Kil Dolgusu Permeabilite Deney Sonuçları

Geçirimli dolgu malzemesinin geçirgenlik değerinin $1 \cdot 10^{-4}$ m/s ve üzeri olması istenmektedir. Permeabilite eşitliği 4.1' de verilerek bu doğrultuda hesaplamalar yapılmıştır. Çizelge 4.12'de numune 1 elek analiz sonuçları gösterilmektedir. Çizelge 4.13'de numune 2 elek analiz sonuçları, Çizelge 4.14'de numune 3 elek analiz sonuçları gösterilmektedir.

Çizelge 4.12. Numune 1 elek analiz sonuçları

OKUMALAR	İlk okuma	Son okuma	Su sıcaklığı (°C)	Süre t(s)	DH (cm)	kt (cm/s)	m _t 10 ⁻⁶ Nsm	k ₂₀ k ₁ (m _t /m ₂₀)	
								cm/s	m/s
1	21,00	24,00	20	136000	29	4,74*10 ⁻⁰⁸	0,8560	4,04*10 ⁻⁰⁸	4,04*10 ⁻¹⁰
2	24,00	27,00	20	136000	32	5,26*10 ⁻⁰⁸	0,8560	4,48*10 ⁻⁰⁸	4,48*10 ⁻¹⁰
3	27,00	30,00	20	136000	35	5,27*10 ⁻⁰⁸	0,8560	4,94*10 ⁻⁰⁸	4,94*10 ⁻¹⁰
						5,79*10 ⁻⁰⁸	Ortalama	4,49*10 ⁻⁰⁸	4,49*10 ⁻¹⁰

Çizelge 4.13. Numune 2 elek analiz sonuçları

OKUMALAR	İlk okuma	Son okuma	Su sıcaklığı (°C)	Süre t (s)	DH (cm)	kt (cm/s)	$m_t 10^{-6}$ Nsm	k_{20} $k_1(m_t/m_{20})$	
								cm/s	m/s
								1	18,00
2	21,00	24,00	20	130000	82	$1.59 \cdot 10^{-07}$	0,8560	$1.35 \cdot 10^{-07}$	$1.35 \cdot 10^{-09}$
3	24,00	27,00	20	130000	85	$1.66 \cdot 10^{-06}$	0,8560	$1.41 \cdot 10^{-06}$	$1.41 \cdot 10^{-08}$
						$6.58 \cdot 10^{-07}$	Ortalama	$5.60 \cdot 10^{-07}$	$5.60 \cdot 10^{-09}$

Çizelge 4.14. Numune 3 elek analiz sonuçları

OKUMALAR	İlk okuma	Son okuma	Su sıcaklığı (°C)	Süre (s)	DH (cm)	kt (cm/s)	$m_t 10^{-6}$ Nsm	k_{20} $k_1(m_t/m_{20})$	
								cm/s	m/s
								1	25,00
2	28,00	31,00	20	125000	100	$2.12 \cdot 10^{-07}$	0,8560	$1.80 \cdot 10^{-07}$	$1.80 \cdot 10^{-09}$
3	31,00	34,00	20	125000	105	$2.26 \cdot 10^{-07}$	0,8560	$1.92 \cdot 10^{-07}$	$1.92 \cdot 10^{-09}$
						$2.13 \cdot 10^{-07}$	Ortalama	$1.81 \cdot 10^{-07}$	$1.81 \cdot 10^{-09}$

Kil dolgusu yönetmeliğin 11. maddesinin 4.bendi gereğince geçirimsizliği en fazla 10^{-9} m/sn olması istenmektedir. Çizelge 4.15’de killi malzemenin elek ve permeabilite analiz laboratuvar deney sonuçları gösterilmektedir. Analize gönderilen 3 numunenin ortalama değerleri alınarak standartlara uygunluğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.15. Killi malzemenin elek ve permeabilite analiz laboratuvar deney sonuçları

Numune No	Permeabilite (m/sn)	Elek analizi		Zemin sınıfı TSE 1500
		10"	200"	
1	$4.49 \cdot 10^{-10}$	15,59	79,64	CL
2	$5.60 \cdot 10^{-09}$	9,61	72,64	CL
3	$1.81 \cdot 10^{-09}$	14,17	71,51	CL

4.6. Kaplama Sistemlerinde Jeomembrana Uygulanan Test Sonuçları

Projede kullanılan Jeomembrana kalınlığının 2 mm olduğu ölçülerek kullanımına uygunluğu gözlenmiştir. Jeomembrana yapılan testler sonucunda elde edilen analizler aşağıda verilmiştir.

4.6.1. Jeomembran kaplama işleminde yapılan kontrol testleri

Jeomembran kaplama işleminde sırası ile Tecrübe Kaynak Testi(Test Kaynağı), Hava Testi, Vakum Testi, Destructive Test(DS), Mobile IntegrityTest (MIT) yapılmıştır.

4.6.1.a. Hava testi

Hava testi jeomembran dikişleri arasında bulunan hava kanalının belli bir süre boyunca basınca tabi tutularak sızdırmazlığının kontrolünün yapıldığı testtir. Hava testi alınacak kaynakların (dikişlerin) her iki tarafı ekstrüzyon makinesi ile körülenmiştir(kapatılmıştır). Körlenen yere bir taraftan pompa ile 2,50–4,00 bar hava basılarak proje teknik raporunda belirtilen bekleme süresince (5 dakika) beklenmiştir. Hava basıncının düşüp düşmediği kontrol edilmiş, eğer hava basıncında 0,2 bar üzerinde düşme olması durumunda kaçak olduğunun göstergesi sayılmıştır. Yapılan kaynaklardan hava kaçması olması durumunda, dikiş boyu düşürülerek tekrar hava testi yapılarak sıkıntılı yerler tespit edilerek, tekniğine uygun olarak ekstrüzyon veya yama ile onarımlarının yaptırılması sağlanmıştır. Hava testi sırasında kaçaklar nedeniyle test alınamayan jeomembran panellerinden 3-4 kuponluk numuneler kesilerek tensiyometre cihazı ile koparma testlerine bakılmıştır. Koparma testi sırasında açan kuponların olduğu durumlarda, sorunlu kısım belirlenerek bu kısma, jeomembran rulosundan, minimum 1 metre eninde şerit kesilip sıcak füzyon kaynağı uygulanmıştır. Yeni oluşan şerit panel için hava testi prosedürü tekrarlanmıştır. Şekil 4.4'de füzyon kaynak makinesi gösterilmiştir. Şekil 4.5'de ekstrüzyon kaynağı, Şekil 4.6'da hava testi yapılacak yer ve Şekil 4.7'de hava testi cihazı gösterilmiştir. Çizelge 4.16'da hava testinin sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Füzyon kaynak makinası



Şekil 4.5. Ekstrüzyon kaynağı



Şekil 4.6. Hava testi yapılacak yer



Şekil 4.7. Hava testi cihazı

Çizelge 4.16. Hava testinin sonuçları

BAŞLANGIÇ SAATİ	BİTİŞ SAATİ	İLK BASINÇ DEĞERİ (bar)	SON BASINÇ DEĞERİ (bar)	GEÇTİ/ KALDI
14:03	14:08	3,2	3,1	GEÇTİ
14:04	14:09	3,4	3,3	GEÇTİ
14:05	14:10	3,2	3,2	GEÇTİ
15:20	15:25	3,9	3,8	GEÇTİ
15:25	15:25	3,1	3,1	GEÇTİ
15:10	15:15	3,0	2,9	GEÇTİ
15:03	15:08	3,2	3,2	GEÇTİ
14:55	15:00	3,5	3,5	GEÇTİ
15:37	15:42	3,6	3,5	GEÇTİ
15:30	15:35	3,6	3,5	GEÇTİ
09:20	09:25	3,4	3,3	GEÇTİ
09:50	09:55	3,3	3,2	GEÇTİ
09:52	09:57	3,3	3,2	GEÇTİ
10:09	10:14	3,1	3,0	GEÇTİ
10:32	10:37	3,0	2,9	GEÇTİ
11:00	11:05	3,0	2,9	GEÇTİ
11:01	11:06	2,9	2,8	GEÇTİ
11:10	11:15	3,0	2,9	GEÇTİ
13:47	13:52	3,0	2,9	GEÇTİ
13:51	13:56	3,3	3,2	GEÇTİ
14:00	14:05	3,1	3,0	GEÇTİ
14:04	14:09	3,3	3,2	GEÇTİ
14:08	14:13	3,4	3,3	GEÇTİ
14:19	14:24	3,1	3,1	GEÇTİ
14:38	14:43	3,3	3,2	GEÇTİ
14:39	14:44	3,2	3,1	GEÇTİ
14:47	14:52	3,3	3,2	GEÇTİ
14:55	15:00	3,3	3,2	GEÇTİ
15:07	15:12	3,3	3,2	GEÇTİ

4.6.1.b. Vakum testi

Vakum testi, jeomembran panellerinin birleştiği yerlerde yapılan yama ve ekstrüzyon uygulamalarında yapılmaktadır. Test; bir vakum pompalama cihazı, vakum kutusu ve solüsyon halindeki bir köpüklendirme maddesinden oluşmaktadır. Ekstrüzyon onarımların olduğu bölüm köpüklendirme maddesi ile ıslatılarak vakum kutusu ıslatılmış alanın üzerine koyulmuştur. Vakum kutusundaki hava, kutu ile jeomembran arasında sızdırmazlık sağlanarak minimum 0,3 bar basınca kadar boşaltılmıştır. İzleme penceresinden bakılarak kaynaktan çıkan kabarcıkların olup olmadığı gözlenmiştir. Herhangi bir kabarma veya köpük oluşumu gözlemlenmiyorsa, vakum kutusu test edilecek sonraki bölüme geçilmiştir. Kabarcık oluşumu gözlemlenirse sızıntı bölgesi işaretlenerek onarıldıktan sonra tekrar test edilmiştir. Vakum testinin sağlıklı gerçekleşmesi, vakum kutusunun kalitesine ve yüzeyin düz olmasına bağlıdır. Vakum testi alınamayan bölgelerde(vakum fanusunun oturmadığı) integrity test yapılmıştır. Şekil 4.8'de vakum testi gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Vakum testi

4.6.1.c. Tecrübe kaynağı testi

Bu test; kullanılacak jeomembranların serilip, sıcak füzyon kaynağı işlemine geçilmeden önce yapılacak kaynak makinalarının deneyim kazanılması, her türlü yerel koşullara uyumun sağlanması amacıyla yapılacak deneme kaynaklarının kontrolüdür. Bu kaynaklar

asgari olarak sabah ve öğleden sonra birer kez, her elektrik kesintisinden sonra ya da kaynak makinesinde yapılan değişikliklerden sonra yapılmıştır. Kaynak makinesinin kontrolünün yapılması amacıyla, minimum 1 m uzunluğundaki iki jeomembran parçasına sıcak füzyon kaynağı yapıp 1 inç(2,54 cm)'lik kuponlar alınarak çekme ve koparma testleri, tensiyometre ile yapılmıştır. Testin istenilen değerleri (çekme testi min. 701 kN koparma testi min. 530 kN) sağlamadığı ya da füzyon kaynağının açtığı durumlarda, füzyon kaynağı makinesinin hızı ve/veya baskısı kontrol edilerek test tekrarlanmıştır. Şekil 4.9'da tecrübe kaynağı numunesinin hazırlanışı gösterilmektedir. Şekil 4.10'da koparma testi gösterilmektedir. Çizelge 4.17'de tecrübe kaynağı sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.9. Tecrübe kaynağı numunesinin hazırlanışı

Çizelge 4.17. Tecrübe kaynağı sonuçları

NUMUNE NO	KOPARMA (1) kN	KOPARMA (2) kN	KOPARMA (3) kN	KOPARMA (4) kN	KESME/ ÇEKME (1) kN	KESME/ ÇEKME (2) kN	KESME/ ÇEKME (3) kN	KESME/ ÇEKME (4) kN	KESME/ ÇEKME (5) kN
1	543	577	549	569	795	790	817	877	GEÇTİ
	637	623	572	539					
2	640	663	612	675	1071	1058	1129	1129	GEÇTİ
	606	629	658	646					
3	535	570	542	601	907	878	1003	1024	GEÇTİ
	537	554	537	589					
4	601	530	669	629	981	1024	1052	1011	GEÇTİ
	555	664	635	692					

Çizelge 4.17. (devam)

NUMUNE NO	KOPARMA (1) kN	KOPARMA (2) kN	KOPARMA (3) kN	KOPARMA (4) kN	KESME/ÇEKME (1) kN	KESME/ÇEKME (2) kN	KESME/ÇEKME (3) kN	KESME/ÇEKME (4) kN	KESME/ÇEKME (5) kN
5	698	658	624	658	890	1059	1088	1042	GEÇTİ
	669	652	635	645					
6	664	624	694	670	1047	1053	984	973	GEÇTİ
	738	715	664	652					
7	727	589	645	578	945	927	1059	1016	GEÇTİ
	750	612	601	629					
8	641	589	675	681	1042	1059	1139	950	GEÇTİ
	721	648	664	664					
9	543	658	778	641	1002	916	876	898	GEÇTİ
	589	646	669	563					



Şekil 4.10. Koparma testi gösterimi

4.6.1.d. Destructive test (tahribatlı saha testi)

Tahribatlı kaynak testleri, yapılmış kaynak dayanımının değerlendirilmesi amacıyla uygulanmaktadır. Numune alma (kesme) sıklığı, sahaya özel spesifikasyonlarda farklılık bulunmadığı takdirde, uygulamada kaynağın 150 - 200 m'lik kısmında bir adet örnek alınabilmektedir. DS Testi sırasında açan kuponların olduğu durumlarda, sorunlu kısım belirlenerek bu kısma, jeomembran rulosundan, minimum 1 metre eninde şerit kesilip sıcak füzyon kaynağı uygulanmıştır. Yeni oluşan şerit panel için test prosedürleri

tekrarlanmıştır. Koparma testi uygulanacak jeomembrandan alınan numune T şeklinde, koparma testi uygulanacak jeomembranda L şeklinde tensiyometreye yerleştirilir. Sıcak kaynak işlemi yapılan jeomembranda Avrupa jeosentetik enstitüsü SI ölçü birimine göre yayınlanan kriterler dikkate alınmıştır. Çizelge 4.18’ de pürüzsüz ve pürüzlü yüzeyli yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) Jeomembranların Avrupa Jeosentetik Enstitüsü sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.18. Pürüzsüz ve pürüzlü yüzeyli yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) Jeomembranların Avrupa Jeosentetik Enstitüsü sınır değerleri

Geomembran kalınlığı	0.75 mm	1 mm	1.25 mm	1.5 mm	2 mm	2.5 mm	3 mm
Sıcak füzyon kaynağı							
Kayma dayanımı, N/25 mm	250	350	438	525	701	876	1050
Koparma dayanımı N/25 mm	197	263	333	398	530	661	793
Ekstrüzyon kaynağı							
Kayma dayanımı, N/25 mm	250	350	438	525	701	876	1050
Koparma dayanımı N/25 mm	197	263	333	398	530	661	793

Projede kullanılan jeosentetik malzemenin seriminden sonra numune alınması ve DS testininin yapıldığı tensiyometre Şekil 4.11’de DS numunesi alımı ve Şekil 4.12’de DS testi gösterilmiştir. Çizelge 4.19’da DS test sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.11. DS numunesi alımı



Şekil 4.12. DS testi

Çizelge 4.19. DS test sonuçları

NUMUNE NO	KOPARMA (1) kN	KOPARMA (2) kN	KOPARMA (3) kN	KOPARMA (4) kN	KESME/ÇEKME (1) kN	KESME/ÇEKME (2) kN	KESME/ÇEKME (3) kN	KESME/ÇEKME (4) kN	KESME/ÇEKME (5) kN
1	709	698	681	641	1047	939	1048	1175	GEÇTİ
	704	715	692	715					
2	712	735	695	795	1023	989	1044	1128	GEÇTİ
	128	689	758	748					
3	704	756	670	670	1222	1042	1134	1088	GEÇTİ
	784	690	724	735					
4	761	715	629	704	1099	1122	1122	1128	GEÇTİ
	644	631	624	624					

Yapılan DS Testi sonuçları yukarıda verilmiştir. ASTM D4437 standartlarına göre alınan 12 numuden koparma ve kesme testlerinde uygunluğu değerlendirilmiş ve yapılan test sonuçları uygundur şeklinde sonuçlanmıştır.

4.6.1.e. Mobile integrity test (MIT Test)

Proje kapsamında serim ve test işlemleri tamamlanan bütün jeomembran yüzeylerinde mobile integrity testi, üst drenaj çakılı serim işlemi tamamlanan taban yüzeyinde ise drenaj

çakılının üzerinden Mobile test yapılmıştır. MIT testi, jeomembran panellerinde üretim, taşıma, depolama, sahada uygulama aşamalarında meydana gelebilecek olası hasarların ve gözle görülmesi zor hasarların tespitinde kullanılmaktadır. Test sırasında tespit edilen hasarların onarımları yapılarak geçirimsizliği sağlanmıştır. Mobile test, serim ve test işlemleri tamamlanmış taban yüzeyine üst drenaj çakılı serimi yapılırken meydana gelebilecek olası hasarların tespitinde kullanılmıştır. Test sırasında tespit edilen hasarların onarımları yapılarak geçirimsizliği sağlanmıştır. Integrity testine ait fotoğraflar aşağıda gösterilmektedir. Integrity testi gözlem yapılan test olduğu için sayısal veri elde edilememiştir. Şekil 4.13’de integrity testi ve Şekil 4.14’de mobile test gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Integrity testi



Şekil 4.14. Mobile test

4.7. Mastra Altın Madeninin Çevresel Etkilerinin İncelenmesi

Proje sahasında gerçekleştirilen faaliyetlerden dolayı insan ve çevre sağlığı açısından hava kalitesi, gürültü ve titreşim, patlatma ölçümleri ve gözlem kuyuları ölçümleri takip edilmektedir.

4.7.1. Hava kalitesi

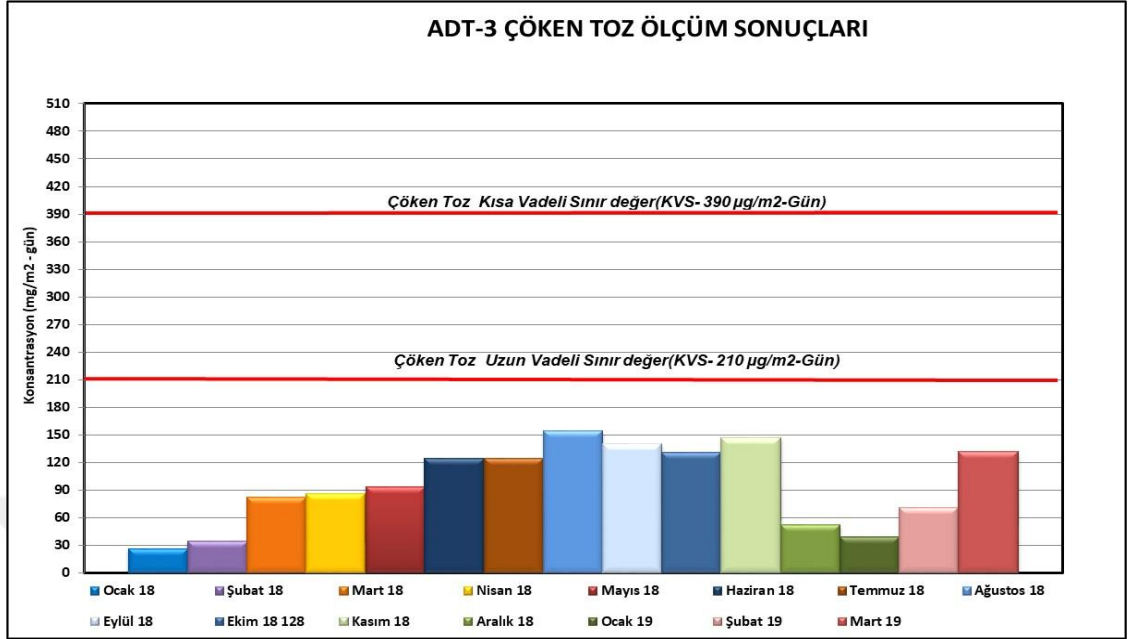
Hava kirliliği, insan sağlığını ve doğayı olumsuz yönde etkileyen havadaki kirletici maddelerin normalin üzerindeki miktar ve yoğunluğa erişmesiyle oluşmaktadır. Bu

kirletici maddeler genel olarak, trafik, sanayi, bitki örtüsü yüzeylerde rüzgârın etkisiyle tozun oluşması ve ısınma gibi kaynaklardan yayılmaktadır. Bu kaynakların hava kirliliği üzerindeki payları, yaydıkları kirleticilere göre değişiklik göstermektedir.

3.ADT yapımında ortaya çıkan tozular insan ve çevre açısından kontrol edilmektedir. Ölçüm sonuçlarından da görüleceği gibi çöken toz konsantrasyonları yönetmelikler tarafından belirlenen sınır değerlerin altındadır. Şekil 4.15’de çöken toz toplama haznesi gösterilmiştir. Şekil 4.16’da çöken toz ölçüm grafiği gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Çöken toz haznesi



Şekil 4.16. Çöken toz ölçüm grafiği

Kısa Vadeli Değer (KVD): Maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95'ine tekabül eden değeri, çöken tozlar için farklı olarak aşılması gereken maksimum aylık ortalama değerleri;

Uzun Vadeli Değer (UVD): Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değeri,

Kısa Vadeli Sınır Değer (KVS): Maksimum günlük ortalama değerleri veya sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, istatistik olarak bütün ölçüm sonuçlarının %95'ine tekabül eden değer olan ve Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKHKKY) nin Ek-2 sinde verilen sınır değeridir.

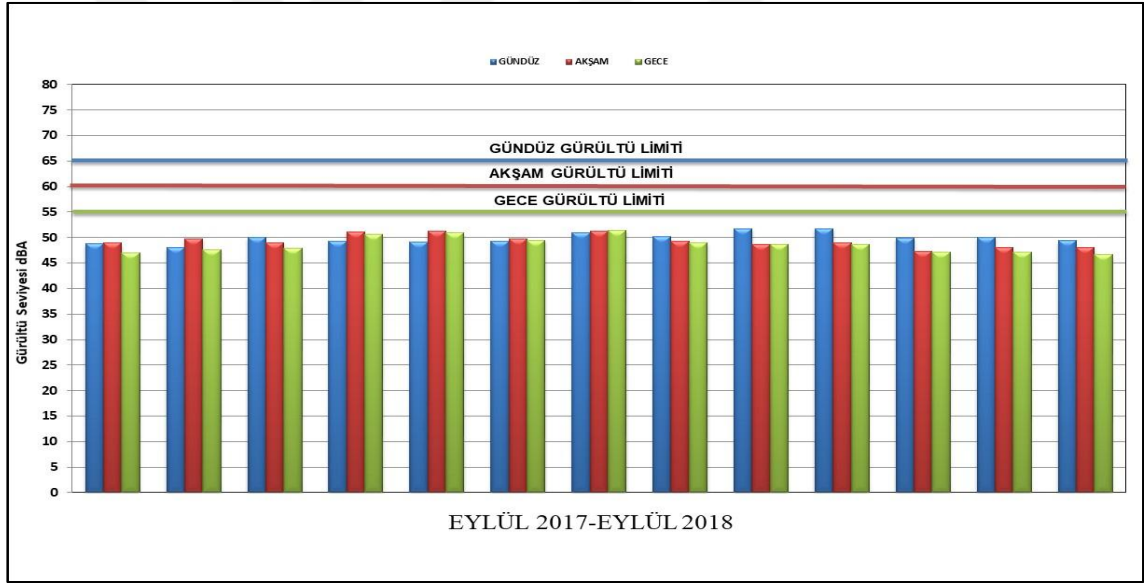
4.7.2. Gürültü ve titreşim

Mastra altın madeninde bulunan gürültü ve titreşim cihazı ile 24 saatlik ölçüm alınabilmektedir. Alınan sabit ölçümlere ilave olarak maden sahasında patlatma yapıldığı

sırada mobil titreşim cihazı ile ölçüm alınmaktadır. Alınan ölçüm sonuçları ortalama değerleri Çizelge 4.20’de gürültü ve titreşim sonuçları olarak gösterilmiştir. Şekil 4.17’de gürültü ve titreşim grafiği yıllık ortalaması gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. Gürültü ve titreşim sonuçları yıllık ortalaması

Ölçüm Tarihi	Gündüz Limiti (dB(A))	Akşam Limiti (dB(A))	Gece Evening (dB(A))	Gündüz Leq	Akşam Leq	Gece Leq	LA10	LA90	Günlük Titreşim (mm/s)
Eylül 2017-2018	65	60	55	50,2	49,8	49,2	51,1	47,7	0,466



Şekil 4.17. Gürültü ve titreşim grafiği yıllık ortalaması

Koza Altın İşletmeleri A.Ş. 07 Mart 2008 tarih ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne (2002/49/EC) yükümlerine uymakla yükümlüdür. Gürültü değerleri, Yönetmeliğin Ek VIII Tablo 4 teki gürültü sınır değerlerini aşamaz (sınır değerler Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar için; L gündüz 65 dBA, L akşam 60 dBA, L gece 55 dBA’dır).”

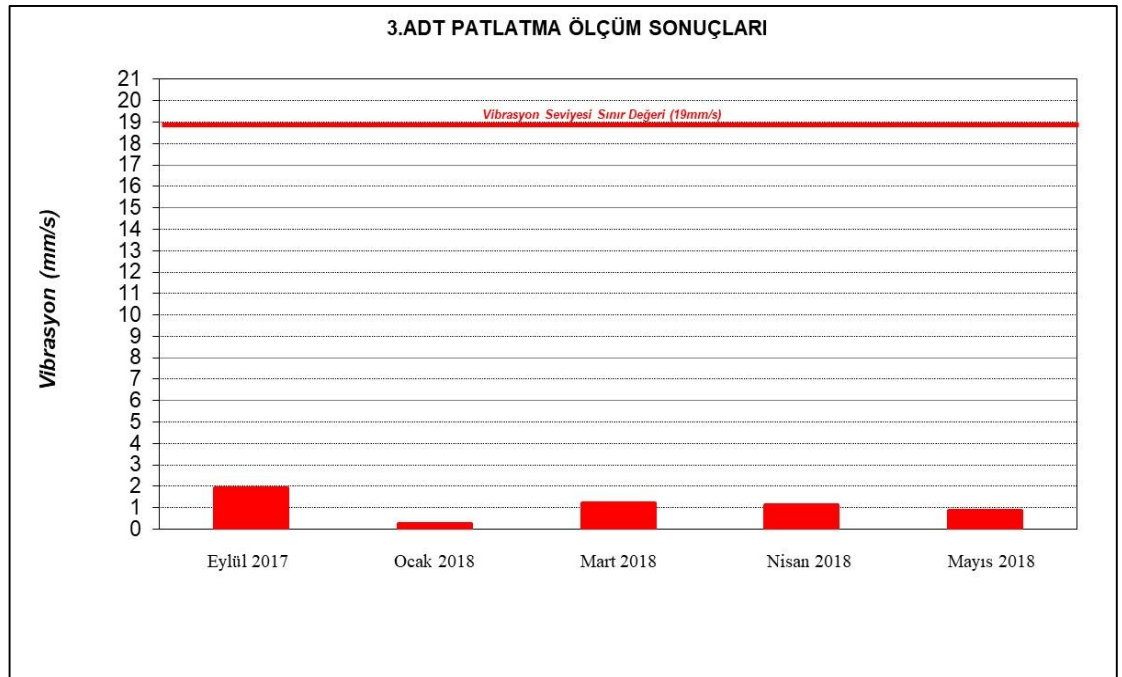
4.7.3 Patlatma ölçüm sonuçları

07.03.2008 tarih ve 26809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nde belirtilen gürültü sınır değerlerine tabidir. Titreşim kriterleri yönetmeliğin Ek VIII Tablo 6’ daki izin verilen titreşim değerlerini aşmadığı yapılan ölçümler neticesinde gözlemlenmiştir.

3.ADT’de yapılan patlatma esnasında titreşim hızı en çok 19 mm/saniye şeklindedir. Çizelge 4.21’ de titreşim sınır değerleri gösterilmiştir. 3. ADT’de yapılan patlatma ölçüm sonuçları Şekil 4.18’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Titreşim sınır değerleri

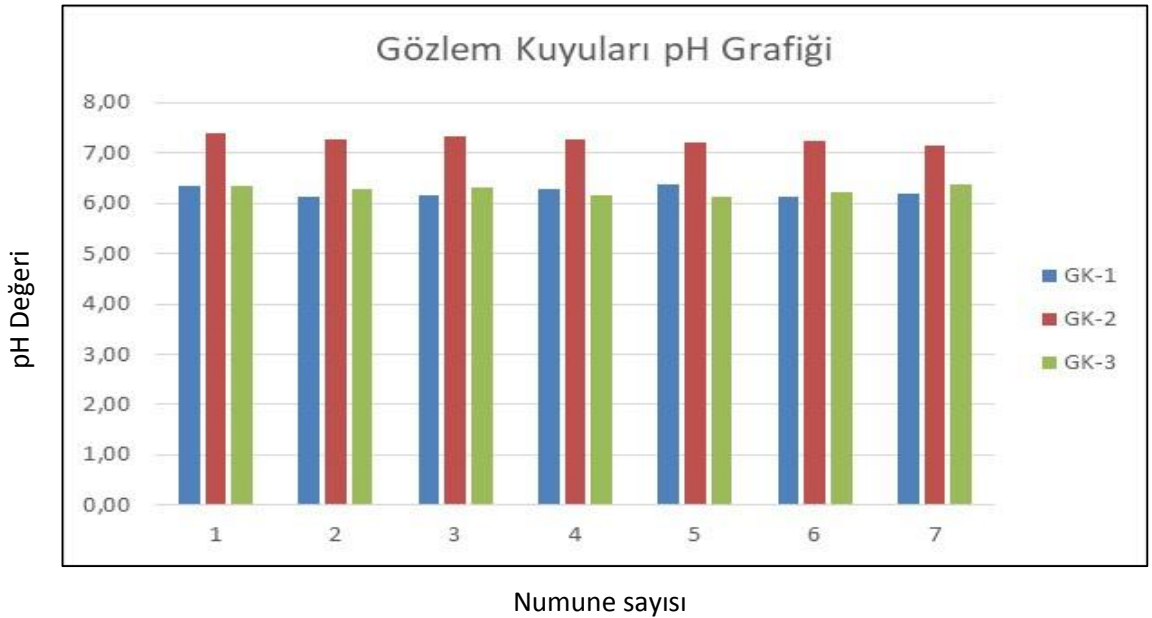
Titreşim Frekansı (Hz)	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/s)
1	5
4-10	19
30-100	50



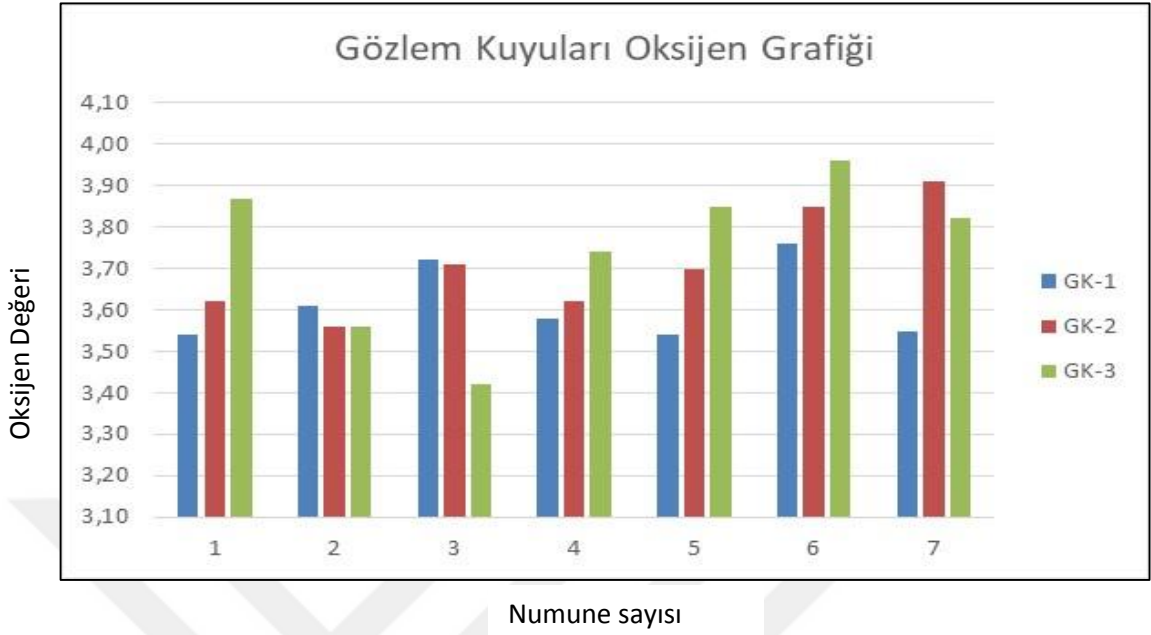
Şekil 4.18. 3.ADT Patlatma ölçüm sonuçları

4.7.4. Gözlem kuyuları

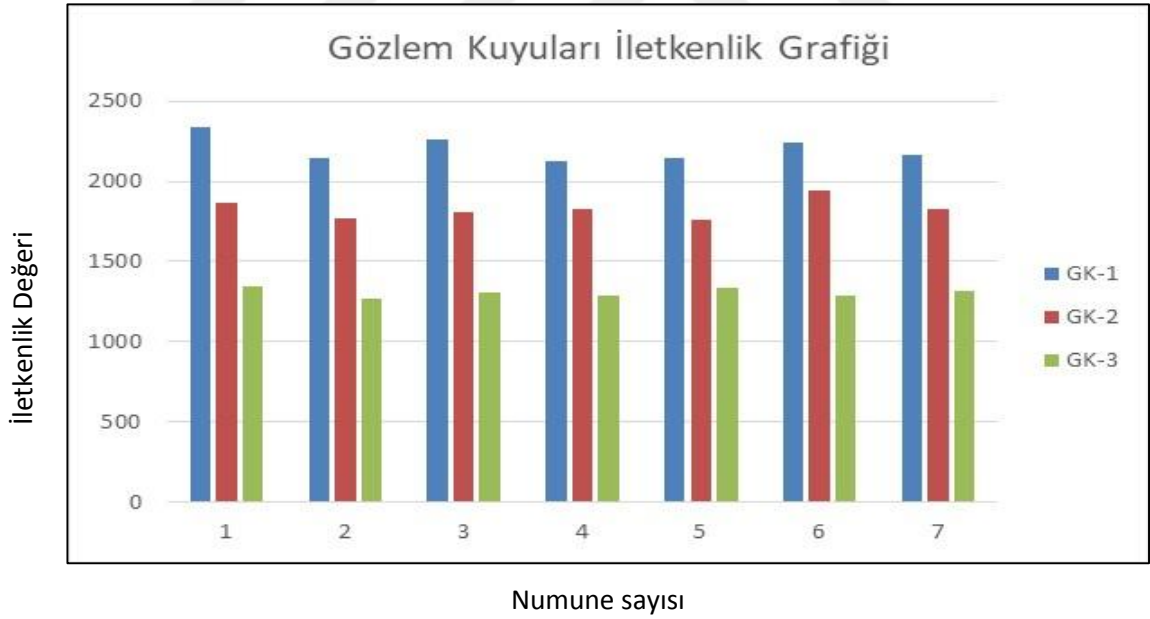
31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) Tablo 1’de ve 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY) Tablo 5’te verilen parametreler için sürdürülmektedir. Yüzeysel/yer üstü ve yer altı suyuna etkilerini belirlemek amacıyla, ölçümler yüzeysel belirlenen noktalar ve yer altı suyunun akış yönüne göre tesisin membasında en az bir noktada ve mansabında en az iki noktada açılan gözlem kuyularında yapılır. Proje sahasında GK-2 isimli gözlem kuyusu membada, Gözlem Kuyusu GK-1 ve GK-3 isimli gözlem kuyuları mansabında yer almaktadır. Açılan gözlem kuyuları izleme amaçlı olup 3.ADT faaliyete geçmeden ölçümler yapılmaktadır. İzlemesi yapılacak 3.ADT için gözlem kuyuları ölçümleri referans olarak alınmaktadır. Gözlem kuyularına ait olan grafik Şekil 4.19’ da gözlem kuyuları pH analiz grafiği Şekil 4.20’de gözlem kuyuları oksijen grafiği ve Şekil 4.21’de gözlem kuyuları iletkenlik grafiği yer almaktadır.



Şekil 4.19. Gözlem kuyuları pH değerleri grafiği



Şekil 4.20. Gözlem kuyuları oksijen değerleri grafiği



Şekil 4.21. Gözlem kuyuları iletkenlik değerleri grafiği

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

İncelenen Mastra 3.ADT’de proses atık sularının depolandığı alandan doğaya herhangi bir sızıntı, kaçak olmaması için istenilen bütün saha ve laboratuvar testlerinin uygulandığı gözlenmiştir. Projede kullanılan dolgu malzemesinde sıkışma oranının %85 olması istenmektedir. Yapılan sıkışma testi sonuçlarında bu değerin üstünde sonuçlar elde edilmiştir. Taban kil analiz sonuçlarında elde edilen geçirimsizlik değeri $3,5 \cdot 10^{-10}$ m/sn olduğu sonuçlarda belirtilmiştir. Yönetmelik gereği tabanda kullanılacak killi malzemenin geçirimsizliği en fazla 10^{-9} m/sn olması istenmektedir.

Mastra 3. ADT yapılan yer eski açık ocak olması nedeniyle büyük önem arz etmektedir. Bunun sebebi ADT için gerekli alan için yapılacak olan çalışmalara (kazı, dolgu, patlatma, yükleme, boşaltma) gerek kalmadan bozulmuş arazinin kullanılmasıdır. Açık ocak faaliyet alanı haricinde yeni bir yer açılarak 500.000 m^3 lük ADT yapılması planlanması durumunda, 50.000 m^3 dolgu malzemesi temini için yaklaşık 20 m^3 taşıma kapasitesine sahip 2.500 kamyon malzeme getirmesi gerekmektedir. Bu malzemeyi de en yakın alınabileceği yerin tesise uzaklığının 5 km olduğu düşünüldüğünde yaklaşık maliyeti şuan hali hazırdaki yerin yaklaşık 2 katı olacaktır.

İncelemesi yapılan Mastra 3. ADT’ de açılan gözlem kuyuları izleme amaçlıdır. Açıldığı zamandan itibaren elde edilen değerler referans olup maden sahasının yeraltı su kaynaklarının pH, iletkenlik ve oksijen değerlerinin verisidir. Bu değerler referans amaçlı olduğundan 3.ADT’ de tesise atık atıldığında kullanılacaktır.

Yapılan bu tezde atık depolama tesisinin geçirimsizliğinin sağlanması için kullanılan doğal malzemelerin belirli bir standartının olduğu gözlemlenmiş ancak kullanılan yapay malzemelerin standartları yurtdışındaki çeşitli enstitülerinin bildireleri ve Avrupa Birliğinin belirlemiş olduğu standartlara göre uygulandığı gözlemlenmiştir. Ülkemiz Avrupa Birliğine aday ülke olduğundan Avrupa Birliği uyum yasaları dahilinde maden atıkları geçirimsiz sistemleri yapımında kullanılacak malzemelerin standartlarını

belirlenmesi gerekmektedir. Bu konudaki yasal boşlukların doldurulması yararlı olacaktır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı laboratuvar firmalarını yetkilendirerek kullanılan bu malzemelerin test süresini kısaltabilir. Bakanlık yetkilerini bu amaçla yönlendirilip yetkilendirilmiş firmalara devredecek yasal alt yapının oluşturulması faydalı olacaktır.

ADT’de kullanılan kaplama sistemlerinde elde edilen değerler çekme ve koparma testlerinde elde edilen değerler minimum 543 kN koparma testinde ise 1129 kN’a kadar dayanıklı olduğu test edilmiştir. Avrupa Jeosentetik Enstitüsü minimum sınır değerleri 701-530 kN olması istenmektedir. Ülkemizde yasal olarak sınır değerlerin belirlenmesi faydalı olacaktır.

Madenlerin açık ocak faaliyetleri sonucunda rehabilitasyon yapılması gerekmektedir. Açık ocak rehabilitasyonu yapmak yerine madenlerin ADT ihtiyacı varsa açılan açık ocak bölgesi fayda/maliyet oranı hesap edilerek ADT’ye dönüştürülmesi değerlendirilebilir. Açık ocak alanının ADT olarak yeniden düzenlenmesi, bakir bir arazinin kullanılmamasını sağlayacağı için, yeraltı suyunun kirlenmesi, çeşitli iklimsel faktörlerden kaynaklanacak hava kirliliği, erozyon ve yüzeysel akış sonucu yerüstü su kaynaklarının ve tarımsal toprağın kirlenmesi gibi bir çok çevresel risk kaynağını ortadan kaldıracığı için büyük bir ekolojik fayda olarak değerlendirilmektedir.

Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak maden proses atıkları Sıfır Atık Projesi içerisinde değerlendirilmelidir. Düzenli depolanan atık içerisindeki madenler geri kazınarak düzenli depolamaya ihtiyaç duyulmayacak sistemler geliştirilmelidir.

ADT’ ler önemli mühendislik yapıları olmaları nedeniyle dizaynından, inşaatına, işletilmesine, dayanıklılık, geçirimsizlik vb. testlerine, kapatılmasına ve kapatma sonrası izlemesine kadar yönetmeliklere uygun olarak büyük bir önemle takip edilmesi gereken yapılardır.

KAYNAKLAR

- Adams, M. D. (Ed.). 2005. *Advances in gold ore processing* (Vol. 15). Elsevier.
- ADD, 2010. Atıkların düzenli depolanmasına dair yönetmelik T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete, 27533. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100326-13.htm> (25.11.2018)
- Anonim, 1996. <https://www.astm.org/BOOKSTORE/BOS/index.html> (20.11.2019)
- Anonim, 2004. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete, 25687. <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=> (27.12.2018)
- Anonim, 2015. <https://www.istekobi.com.tr/sectorler/madencilik-s7/sektore-bakis/madencilik-b7.aspx> (18.10.2018)
- Anonim, 2016. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Altin.pdf> (20.09.2018)
- Anonim, 2017. <http://altinmadencileri.org.tr/adan-zye-altin-madenciligi/> (18.11.2018)
- Anonim, 2018. Maden atıkları yönetmeliğinin uygulanmasına ilişkin açıklamalar <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/duyurular/may-ac-klama201805-20180601164229.pdf> (25.12.2018)
- Anonim, 2018. Tüprak metal madencilik yeraltı işletmesi görünümü <http://www.tuprag.com.tr/tr/projelerimiz/efemcukuru-altin-madeni/8/projenin-tanitimi-ve-amaci/29> (25.12.2018)
- Anonim, 2019. Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması Ulaştırma ve altyapı Bakanlığı, Resmi Gazete, 30754. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/04/20190424-3.htm> (25.12.2018)
- Anonymous, 2017. Avrupa jeosentetik enstitüsü sınır değerleri <https://geosynthetic-institute.org/grispecs/gm19a.pdf> (25.12.2018)
- Aşka, İ., 2006. Ovacık Altın Madeni. (28.12.2018)
- Ayres, B., & O’Kane, M. (2013). Mine Waste Cover Systems: An International Perspective and Applications for Mine Closure in New Zealand. In Proc. AusIMM New Zealand Branch Annual Conf., Nelson, New Zealand.
- Birbudak, 2018 Koza Altın Sektörel Bakış Sayı 2, 2018 (15.12.2018)
- Botz, M., Mudder, T., & Akcil, A. (2005). Cyanide treatment: physical, chemical and biological processes. *Advances in gold ore processing*, 672-700.
- Brackebusch, F.W., 1994, “Basics of Paste Backfill Systems”, *Mining Engineering*, Vol. 46, No. 10, October 1994, pp. 1175-1178
- Cyanides in the environment and their long-term fate. In Unal, E., Ünver, B., Tercan, E. (Eds.), *Proceedings of the Seventeenth International Mining Congress and Exhibition of Turkey: Kozan Ofset Matbaacılık San Ve Tic Ltd., Ankara*, pp. 85–92.
- Çelik H., Mordoğan, H., İpekoğlu, Ü., Siyanürlü Altın Üretim Tesisi Atıklarını Arıtma Yöntemleri, *Madencilik Dergisi*, 36,1 (1997) 33-45.
- Çetiner, E.G., Ünver, B. ve Hindistan, M.A., 2006, “Maden Atıkları İle İlgili Mevzuat: Avrupa Birliği ve Türkiye”, *Madencilik*, Cilt 45, Sayı 1, s. 23-34.
- Davies, M.P. ve Rice, S., 2001, “An alternative to conventional tailing management – dry stack filtered tailings”, In proceedings of Tailings and Mine Waste ’01, Balkema.

- Dorr, J.V.N., 1936. Cyanidation and Concentration of Gold and Silver Ores. McGraw-Hill, New York.
- DME- Department of Minerals and Energy, 1999, "Guidelines on the Safe Design and Operating Standards for Tailings Storage", Western Australia, ISBN: 073097808757.
- DPI- Department of Primary Industries, 2003, "Management of Tailings Storage Facilities - Environmental Guidelines", Victoria - Minerals & Petroleum Division:63.
- Edraki, M., Baumgartl, T., Manlapig, E., Bradshaw, D., Franks, D. M., & Moran, C. J. (2014). Designing mine tailings for better environmental, social and economic outcomes: a review of alternative approaches. *Journal of Cleaner Production*, 84, 411-420.
- Fidan, A. K. A. Dünyada ve Türkiyede Madencilik Faaliyetleri, Altın Madenciliğinin Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi. 9(26): 26-39.
- Flynn, C. M., & Haslem, S. M. (1995). Cyanide chemistry: precious metals processing and waste treatment. US Department of the Interior, Bureau of Mines.
- Franks, D. M., Boger, D. V., Côte, C. M., & Mulligan, D. R. (2011). Sustainable development principles for the disposal of mining and mineral processing wastes. *Resources policy*, 36(2), 114-122.
- Hiçdönmez, Ş., Türkiye'de Altın Madenciliği, II. Ulusal Toksikoloji Kongresi Panel Notları, Antalya, (1997) 75-84.
- ICOLD and UNEP, 2001, "Bulletin 121: Tailings Dams - Risk of Dangerous Occurrences", Lessons learnt from practical experiences. Paris,144.
- Johnson, C. A. (2015). The fate of cyanide in leach wastes at gold mines: An environmental perspective. *Applied Geochemistry*, 57, 194-205.
- Karaca, E., 2010. Metalik maden zenginleştirme tesislerinin proses atıklarının atık barajlarında depolanması, Uzmanlık Tezi, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Karapınar, N. Maden Atık Alanlarının Kapatılması-Örtü Kaplamalar. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 50(1), 3-21.
- Klebercz, O., Mayes, W. M., Anton, Á. D., Feigl, V., Jarvis, A. P., & Gruiz, K. (2012). Ecotoxicity of fluvial sediments downstream of the Ajka red mud spill, Hungary. *Journal of Environmental Monitoring*, 14(8), 2063-2071.
- Küçük, S., Uluslararası Finansal Piyasaların ve Forex Piyasalarının Gelişimi: Türkiye'deki Durumu, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana, 2012.
- Marsden, J., & House, I. (2006). The chemistry of gold extraction. SME.
- MAY, 2015. Maden atıkları yönetmeliği. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Resmi Gazete, 29417.<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.20913&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=maden> (25.10.2018)
- McLeod, H., Murray, L., & BERGER, K. C. (2003, June). Tailings dam versus a water dam, what is the design difference. In *ICOLD Symposium on Major Challenges in Tailings Dams Vol. 15*, p. 12.
- Mudder, T. I., Botz, M., & Smith, A. (2001). Chemistry and treatment of cyanidation wastes. *Mining Journal Books*, London, UK.
- Newman, P., Cadden, A., White, R., 2001, "Paste - The Future of Tailings Disposal? Securing the Future", International Conference on Mining and the Environment.

- June 25 - July 1, Skelleftea, Sweden, pp.594 – 603.
- Schoenberger, E. (2016). Environmentally sustainable mining: The case of tailings storage facilities. *Resources Policy*, 49, 119-128.
- SKKY, 2014. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ResmiGazete,28483,<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0> (21.05.2019)
- Tailings Management Facilities - Intervention Actions for Risk Reduction - A European Research and Technological Development Project Contract Number: EVG1-CT-2002-00066 Website: http://www.tailsafe.com/pdf-documents/TAILSAFE_Intervention_Actions.pdf (12.05.2019)
- Tüylü, S., Maden Tesis Atıklarının Yerüstünde Depolanmasında En Uygun Tasarım Koşullarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016
- Verburg, R. B., 2001, “Use of Paste Technology For Tailings Disposal: Potential Environmental Benefits and Requirements For Geochemical Characterization”, IMWA Symposium, Proceedings of a meeting held 24-28 April 2001, Belo Horizonte, Brazil.
- UNEP (United Nations Environment Programme, Industry and Environment), 1996, “Environmental and Safety Incidents concerning Tailings Dams at Mines”, Results of a Survey for the years 1980-1996 by Mining Journal Research Services, Paris, 1996, 129 pages.
- Young, C., Tidwell, L., & Anderson, C. (2001). Cyanide: Social, Industrial, and Economic Aspects, Warrendale, Minerals, Metals, and Materials Society.
- YSKYY, 2015. Yüzeysel su kalitesi yönetimi yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Resmi Gazete, 29327. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-9.htm> (10.05.2019)

ÖZGEÇMİŞ

18.11.1991 yılında Gümüşhane’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Gümüşhanede tamamladı. 2016 yılında Atatürk Ünverseitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu aynı yıl Erzurum Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Çevre Bilimleri Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2017 yılında Koza Altın İşletmeleri Gümüşhane Şubesinde çalışmaya başladı ve halen çalışmaya devam etmektedir.

