



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

KİMYA ANABİLİM DALI

**KÖMÜR MADEN SAHALARININ PASA VE CEVHER STOK ALANLARINDA
ASİT MADEN DRENAJİ KARAKTERİZASYONU: KİNETİK TEST NEM
HÜCRESİ METODU**

YÜKSEK LİSANS YETERLİK TEZİ

TUGAY AKTAŞ

Tez Danışmanı

PROF. DR. ÖMER FARUK ÖZTÜRK

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI

**KÖMÜR MADEN SAHALARININ PASA VE CEVHER STOK ALANLARINDA
ASİT MADEN DRENAJİ KARAKTERİZASYONU: KİNETİK TEST NEM
HÜCRESİ METODU**

YÜKSEK LİSANS YETERLİK TEZİ

TUGAY AKTAŞ

Tez Danışmanı

PROF. DR. ÖMER FARUK ÖZTÜRK

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi kurumu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL-2021-3778

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Tugay AKTAŞ tarafından Prof. Dr. Ömer Faruk ÖZTÜRK yönetiminde hazırlanan ve 24/08/2022 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Kömür Maden Sahalarının Pasa Ve Cevher Stok Alanlarında Asit Maden Drenajı Karakterizasyonu: Kinetik Test Nem Hücresi Metodu**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Kimya Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS YETERLİK TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ömer Faruk ÖZTÜRK

(Danışman)

Prof. Dr. Erdal CANPOLAT

Dr. Öğr. Mehmet PİŞKİN

İmza

.....

.....

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 24/08/2022

.....
Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

TUGAY AKTAŞ

24/08/2022

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Ömer Faruk ÖZTÜRK' e teŐeekkür ederim.

Bu çalıŐmaya baŐlamam için beni ikna eden sn İlhan BETTEMİR' e, çalıŐmalarımnda bana desten olan tüm Gemar Çevre Laboratuvarı Personellerine teŐeekkür ederim.

Tüm çalıŐmam boyunca sonsuz sabırla bana destek olan, pes etmeme, vazgeçmeme izin vermeyip bana hep inanan, ihtiyaç duyduğum her anımda yanımda olan, bu süreçte tüm zorlukları birlikte aŐtıđım canım eŐim, yol arkadaŐım Arife AKTAŞ' a sonsuz teŐeekkürler. Ve son olarak bizi tamamlayan, sevgisiyle dünyamızı güzelleŐtiren canım oğlum Sarp AKTAŞ, bu tez çalıŐmamı sana ithaf ediyorum. Bu süreçte fark etmeden gösterdiğin tüm fedakarlıklar için teŐeekkür ederim.

Tugay AKTAŞ
anakkale, Ađustos 2022

ÖZET

KÖMÜR MADEN SAHALARININ PASA VE CEVHER STOK ALANLARINDA ASİT MADEN DRENAJİ KARAKTERİZASYONU: KİNETİK TEST NEM HÜCREİSİ METODU

Tugay AKTAŞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Yeterlik Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ömer Faruk ÖZTÜRK

24/08/2022, 38

Madencilğe özgün en önemli çevre sorunları maden atıklarının karakterizasyonunun yeteri kadar irdelenmemesi ve yıllar içerisinde bu atıkların çevreye verebileceği kirliliklerin doğru tespit edilememesidir. Özellikle sülfür minerali bakımında zengin olan kömür madenlerinin açılması, işletme ve kapatılması çalışmaları esnasında atmosferik süreçlere maruz kalan bu minerallerin reaksiyonlarından kaynaklanan Asit Maden Drenajı (AMD) oluşumu doğal hayatı tehdit etmektedir.

Cevher ve pasanın AMD oluşturma potansiyellerinin önceden tahmini için sahanın minerolojik ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi ASTM D5744-18 standardına göre hazırlanan kolonlarda saha koşulları simüle edilerek gerçekleştirilmiş.

Sahadan alınan pasa örneklerinde silikat ağırlıklı bir minerolojik yapının bulunduğu asit oluşturma potansiyeli bulunan majör minerelinde pirit olduğu XRD analizlerinde tespit edilmiştir. Sızıntı suları incelendiğinde numunelerin nötr karakterde ve 1000 ppm altında bir ağır metal salınımına sahip olduğu anlaşılmıştır.

Elde edilen verilerin sonucunda benzeri sahalarda asit oluşumunu engelleyen en önemli faktörün nötrleştirme potansiyeli bulunan minerallerin varlığının ve miktarının olduğu ve bu mineralleri bulunduran sahalarda asit oluşumunun gözlemlenmediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kömür Maden Sahası, Asit Maden Drenajı, Kinetik Test, Cevher, Pasa, Maden Atıkları



ABSTRACT

ACID MINING DRAINAGE CHARACTERISTICS IN WASTE AND ORE STOCK AREAS OF COAL MINING AREAS: KINETIC TEST MOISTURE CELL METHOD

Tugay AKTAŞ

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Chemistry Department

Co-supervisor: Prof. Dr. Ömer Faruk ÖZTÜRK

24/08/2022, 38

The most important environmental problems specific to mining are the insufficient analysis of the characterization of mine wastes and the inability to accurately determine the pollution that these wastes can give to the environment over the years. Acid Mine Drainage (AMD) formation, which is caused by the reactions of these minerals, which are exposed to atmospheric processes during the opening, operation and closure of coal mines, which are especially rich in sulfide minerals, threatens natural life.

For the prediction of AMD generation potentials of ore and rust, the mineralogical and chemical composition of the field was determined by simulating field conditions in columns prepared according to ASTM D5744-18 standard.

In the soil samples taken from the field, it was determined in XRD analyzes that the major mineral with a silicate-dominated mineralogical structure, which has the potential to form acid, is pyrite. When the leachates were examined, it was understood that the samples were neutral in character and had a heavy metal release below 1000 ppm.

As a result of the data obtained, it has been determined that the most important factor preventing acid formation in similar fields is the presence and amount of minerals with neutralization potential and acid formation is not observed in the fields containing these minerals.

Keywords: Coal Mine Site, Acid Mine Drainage, Kinetic test, Ore, Waste, Mine Wastes



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Asit Maden Drenajı.....	1
1.2. Asit Maden Drenajı Tespitinde İzlenecek Metodoloji.....	2

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Proje Sahasında Yapılmış Önceki Çalışmalar.....	4
--	---

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM

3.1. Araziden Örnek Alma Çalışmaları.....	7
3.2. Numuneleri Taşınması ve Saklanması.....	10
3.3. Saha Numunelerinden Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	11
3.4. Minerolojik Testler.....	11
3.4.1. Asitlik Kaynakları.....	11
3.4.2. Nötralizasyon Potansiyeli Bulunan Kaynaklar.....	14
3.5. Kinetik Test Nem Hücresi Metodu.....	15
3.5.1. Hücrelerin Yüklenmesi.....	16
3.5.2. İlk Sızıntı Suyunun Alınması.....	16

3.5.3.	Sonraki Haftalık Sızıntı Suları.....	17
3.5.4.	Sızıntı Suyu Analizleri.....	17
3.5.5.	Analiz Metotları Hakkında Bilgiler.....	18
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM		20
ARAŞTIRMA BULGULARI		
4.1.	Örnekleme İşlemleri.....	20
4.2.	Saha Numunelerinin Laboratuvar DeneYleri İçin Hazırlanması.....	21
4.3.	Minerolojik Testler.....	21
4.4.	Tanecik Boyutu Dağılımı.....	24
4.5.	Sızıntı Suları Analiz Sonuçları.....	24
4.6.	Yüzeysel Su Analizleri.....	31
BEŞİNCİ BÖLÜM		34
SONUÇ ve ÖNERİLER		
KAYNAKÇA		37
EKLER		I
EK 1. ÇALIŞMA SAHASI UYDU GÖRÜNTÜSÜ		I
EK 2. BİLDİRİ ÖZETİ		II
ÖZGEÇMİŞ		IV

SİMGELER VE KISALTMALAR

AMD	: Asit Maden Drenajı
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
XRD	: X ışını kristalografisi
EC	: Elektriksel İletkenlik
AÜP	: Asit Üretme Potansiyeli
ABA	: Asit Baz Sayım Deneyi
AMG	: Asit Maden Gölü
AP	: Asit Potansiyeli
NP	: Nötralizasyon Potansiyeli
mg	: Miligram
%	: Yüzde oranı
L	: Litre
SO ₄	: Sülfat
Fe	: Demir
S	: Kükürt
FeS ₂	: Pirit
pH	: H Aktivitesinin Eksi Logaritması
H ₂ O	: Su
O ₂	: Oksijen
FeSO ₄	: Demir Sülfat
Fe ₂ (SO ₄) ₃	: DmeirIII Sülfat
Fe (OH) ₃	: DemirIII Hidroksit
CO ₂	: Karbondioksit

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Asit Maden Drenajı Oluşumunda Etkili Olan Kimyasal Bozunma Süreçleri	6
Tablo 2	Ölçüm Parametrelerine Göre Önerilen Numune Miktarları	9
Tablo 3	En Uygun Örnekleme Tekniğinin Belirlenmesi	10
Tablo 4	Numune Alma Kapları Ve Saklama Koşulları	10
Tablo 5	Karbonat Mineralleri	15
Tablo 6	Kinetik Test Analiz Takvimi	18
Tablo 7	Analiz Cihazları ve Metotları	18
Tablo 8	Numunelere Ait Bilgiler	20
Tablo 9	Numunelerin Minerolojik Tanımlamaları	22
Tablo 10	Hücre İçi Partikül Madde Boyutu Dağılımı	24
Tablo 11	ÇN-1 Analiz Sonuçları	25
Tablo 12	ÇN-6 Analiz Sonuçları	26
Tablo 13	ÇN-7 Analiz Sonuçları	27
Tablo 14	ÇN-45 Analiz Sonuçları	28
Tablo 15	ÇN-77 Analiz Sonuçları	29
Tablo 16	Göl-1 Analiz Sonuçları	31
Tablo 17	Göl-2 Analiz Sonuçları	32
Tablo 18	İnceçay Analiz Sonuçları	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Örnekleme Planının Oluşturulmasında İzlenecek Basamaklar	8
Şekil 2	Asit Üretme Reaksiyonu	12
Şekil 3	Nem Hücresi Düzenegi	16
Şekil 4	Mineralojik Dağılım Grafiği	22
Şekil 5	XRD Grafikleri	23
Şekil 6	Önemli Parametrelerin 20 Haftalık Grafikselle Değişimi	30

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Asit Maden Drenajı

Madencilik faaliyetlerinin ekonomik girdilerinin (tenör, fiyat, maden ömrü vb.) değerlendirilmesinin yanı sıra bu faaliyetler sonucu oluşabilecek çevresel kaygılarında irdelenmesi çevresel açıdan oldukça önemlidir. Maden tesislerinin işletilmesinde gerek yasal düzenlemeler, gerek gelecek nesillere negatif çevresel etkilerin oluşmasını önlemek amacı ile madencilik faaliyetleri ile çevresel etkileri entegre şekilde uygulanmalıdır. Bunun için işletmelerin uygun çevre politikaları oluşturmaları gerekmektedir.

Madencilığe özgün en önemli çevre sorunları maden atıklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yeteri kadar irdelenmemesi ve yıllar içerisinde bu atıkların çevreye verebileceği kirliliklerin doğru tespit edilememesidir. Özellikle sülfür minerali bakımında zengin olan kömür madenlerinin açılması, işletme ve kapatılması çalışmaları esnasında atmosferik süreçlere maruz kalan bu minerallerin bozulmasından kaynaklanan Asit Maden Drenajı oluşumu doğal hayatı tehdit etmektedir. Maden endüstrisinin en büyük çevre problemlerinden birisi olarak tanımlanmakta olan AMD' den; ABD, Kanada gibi gelişmiş ülkelerindeki dünyanın önde gelen maden şirketlerinin AMD kaynaklı sorunların ortadan kaldırılması için gerekli finans maliyetlerinin, toplam 12.500 hektar asitli ince taneli artıklar ile 750 milyon ton asitli yan kaya için 2-5 milyar \$ arasında değiştiği (Paktunç, 2002) gerçeği bu sorunun boyutlarının algılanması açısından oldukça iyi bir örnek oluşturmaktadır.

AMD oluşum potansiyelinin tespiti madencilik faaliyetlerinin planlanmasında ve çevresel etkilerinin önlenmesinde büyük öneme sahiptir. Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı tarafından 15.07.2015 tarihli, 29417 sayılı, Maden Atıkları Yönetmeliği Madde 11 in 14' üncü bendine göre de "Pasa depolama alanları için bu madde hükümleri uygulanmamakla birlikte, uygun yükseklikte ve şev eğiminde stabilite önlemleri alınır. Ayrıca, sülfür içeren ve asit kaya drenajı potansiyeli bulunan pasalar hava ve su ile teması kesecek şekilde, nötrleştirme kapasitesi bulunan pasalarla tamponlanarak ya da sızıntı suyunun toplanarak arıtılması için gerekli tekniklerle, uygun şev eğimi ve palyeli sistemlerle depolanır ve depolama sonrası rehabilite edilir. Bu sahaların yüzeysel/yer üstü ve yer altı

suyuna etkileri gözlem noktaları ve gözlem kuyularından alınacak su numuneleri ile izlenir.” Sahanın AMD oluşumunun tespiti ve alıcı ortamlara etkisinin en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin belirlenmesi oldukça önemlidir.

Cevher ve pasanın AMD oluşturma potansiyellerinin önceden tahmini için sahanın minerolojik ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi için statik ve kinetik testler uygulanmaktadır. Bu testler arasında doğal koşulların temsili açısından en uygun test kinetik test metodudur. Bu kapsamda ASTM D5744-18 “Bir Nem Hücresi Kullanılarak Katı Malzemelerin Laboratuvarda Ayrıştırılması için Standart Test Yöntemi” standardına hazırlanan kolonlarda saha koşulları simüle edilmeye çalışılarak oluşan sızıntı sularının fiziksel ve kimyasal analizleri gerçekleştirilerek yorumlanması ve sahanın minerolojik yapısının tespiti için nem hücresi testlerinden önce XRD analizlerinin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

1.2. Asit Maden Drenajı Tespitinde İzlenecek Metodoloji

Bu çalışmada Çanakkale İli, Çan İlçesinde faaliyet göstermekte olan sülfür içeriği yüksek olan bir kömür maden sahasının cevher ve pasa alanlarında AMD oluşma potansiyelinin tespiti amaçlanmaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için;

- Çanakkale İli Çan İlçesi’ nde işletilen Açık Ocak Linyit İşletmesine ait pasa alanlarından amaca uygun numuneler alınmıştır,
- Kömür üretimi amaçlı yapılan kazı çalışmaları sonucunda oluşan ve doğa koşullarında bozunma süreçlerine maruz kalan parçalanmış ve özellikler atmosferik süreçlere açık olan kaya malzemelerini tane boyu dağılımı tespit edilmiştir,
- Kinetik testlerde kullanılmak üzere saha minerolojisi dikkate alınarak düzenekler hazırlanmıştır,
- Kinetik kolon deneyleri sırasında zamana bağlı olarak alınan pH ve elektriksel iletkenlik (Ec) ölçümleri ile kimyasal analizlerle belirlenen element ve bileşiklerin değişimlerinin incelenmesi ve AMD oluşumu ile söz konusu bu değişimler arasındaki ilişkinin kinetik kolon deneylerinde araştırılması yapılmıştır,

Cevher ve pasa alanlarında AMD oluşum potansiyellerinin irdelenmesi çevrenin olumsuz etkilerden korunması açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple ülkemizde ve

dünyada sülfür içeren maden sahalarında benzer çalışmalar yürütölmekte ve olumsuz etkilerin önceden tespit edilmesi, bu etkilerin en aza indirgenmesi hedeflenmektedir.

Tez çalışması sahada yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler bölgede oluşabilecek çevre kirliliğinin önlemesi için büyük önem arz etmektedir. Bu özellikle civarda bulunan yerleşim yerlerinin içme suyu temin ettiği su kaynaklarının korunması ve toprak, hava, yüzeysel, yer altı sularının kirlenmesini önleyerek bölgenin ekolojik dengesinin korunmasına katkı sağlayacaktır.



İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Proje Sahasında Yapılmış Önceki Çalışmalar

İnceleme konusu olan maden sahasında AÜP belirlenmesi amacı ile T.C. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Cengiz KARAGÜZEL koordinatörlüğünde yapılan statik testler sonucu aşağıda verilen bulgular saptanmıştır.

- Sahadan alınan örneklerde kısa süre (3 gün) için yapılan pH ölçümlerinde, pH değerlerinin 6,67 – 9,79 arasında değiştiği, dolayısı ile kısa vadede herhangi bir asit üretiminin söz konusu olmadığı tespit edilmiştir.
- Pasayı oluşturan formasyon %S değeri 0,17 ile 3,54 arasında değişmektedir.
- Sülfür değerlerine göre teorik bir yaklaşımla (ABA standart yöntemi) örneklerin asit üretim potansiyelleri belirlenmiş olup, 19,99 kg CaCO₃/t hesaplanmıştır.
- Ruhsat alanları içinden alınan örneklerin nötrleştirme potansiyeli 80,55 kg CaCO₃/t olarak, hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, pasa sahasının asit üretim potansiyeli ve nötrleştirme potansiyeli tahmin esasına dayalı kısa sürede cevap alınabilen statik testler ile belirlenmiştir. Bu tür sahaların nihai değerlendirilmesinde; daha uzun sürede zamana bağlı olarak su ve oksijene tabi tutulan örneklerin oksidasyonunun ve bozunmasının takip edilerek, sahanın simüle edildiği liç esaslı kinetik testlerden yararlanması önerilmektedir. (Cengiz, 2020)

İnceleme konusu lokasyona yakın bölgelerde bulunan terk edilmiş kömür madenlerinin yol açtığı çevre kirlilikleri daha önce yapılan çalışmalar sonucu kanıtlanmıştır. Çan formasyonunda yer alan yüksek sülfür içerikli linyit kömürünün üretilmesi sırasında oluşan çukurlar hiçbir iyileştirme (rehabilitasyon) işlemi gerçekleştirilmeden terk edilmiştir. Çukurlar, yüzeysel drenaj ile dolmuş ve göller oluşmuştur. Zaman içerisinde AMD için uygun koşulların bir araya gelmesi ile (pirit+nem+hava) göller, asidik özellik kazanmış ve AMG' leri oluşmuştur. AMG' lerin fizikokimyasal parametreleri incelendiğinde dünyadaki

benzerleri ile oldukça yakın su kalitesi özellikleri gösterdiği görülmüştür. Özellikle bu tip göllerin en belirgin özelliği olan yüksek asidite ve düşük pH seviyeleri tüm göllerde gözlenmiştir. Göllerin iyon dizilimi $SO_4 > Ca > Mg > Na > Cl > K$ şeklindedir. Göllerde elde edilen toplam metal sonuçları incelendiğinde çok yüksek demir ve alüminyum değerlerinin ölçüldüğü saptanmıştır. (Enver vd., 2018)

Bu çalışmalarda AMD alanındaki diğer bilimsel çalışmaların aksine daha önce literatüre girmemiş olan bir çalışma alanının asit üretme potansiyelinin belirlenmesi ve Çanakkale İli, Çan İlçesi civarındaki toprak, yeraltı suları ve yüzeysel suların kirlenmesinin önlenmesi hedeflenmektedir. Ayrıca bu çalışma sonuçları bölgede faaliyet gösteren veya göstermesi planlanan maden işletmeleri için de bilimsel bir literatür olması hedeflenmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

Asit maden drenajı; bir maden alanında pirit, pirotin ve markazit gibi demir minerallerinin nemli ortamda oksitlenmeye maruz kalmasıyla gelişen tepkimeler sonucu sulu ortama proton (H^+ iyonu) vermesi ve çözeltilinin asidik niteliğe dönüşmesi olayı olarak tanımlanmıştır. Aşındırıcı ve çözücü karakter kazanan asidik maden suları genel olarak, yüksek sülfat (800 ile 1800 mg/l) içeriği ile birlikte 50 mg/l' ye kadar Cu, 1000 mg/l' ye kadar Fe, 12 mg/l' ye kadar Pb ve 1700 mg/l' ye kadar Zn metallerini bünyesinde barındırabilmektedir. Ayrıca liç işlemi sonucunda oluşan AMD' lerin siyanür, thiosülfat vb. içerdiği de bilinmektedir (Nicholson, 1994).

Tablo 1

Asit Maden Drenajı Oluşumunda Etkili Olan Kimyasal Bozunma Süreçleri

Kimyasal Bozunma Süreci Aşamaları	Açıklama
$FeS_2 + 7/2O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + SO_4^{2-} + 2H^+$	Piritin Oksidasyonu
$Kil + H^+ \rightarrow SiO_2 + Al^{3+} + Mg^{2+} + Ca^{2+} + Mn^{2+}$	Killerin Asit İle Çözünmesi
$CaCO_3 + H^+ \rightarrow Ca^{2+} + H_2O + CO_2$	Kalsit Tarafından Asidin Nötralizasyonu
$Fe^{2+} + 1/4O_2 + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + 1/2H_2O$	Ferro Demir Oksidasyonu
$Fe^{3+} + 3OH^- \rightarrow Fe(OH)_3$	Ferrik Demir Hidrolizi "Sarı Tabaka Oluşumu"
$Al^{3+} + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3$	Alüminyum Hidrolizi
$Fe^{2+} + 1/4O_2 + 5/2H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 2H^+$	Demir Oksidasyonu ve Hidroliz Reaksiyonları
$H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2O + CO_2$	Bikarbonat İyonun Asit Nötralizasyonu
$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$	Hidroksil İyonu Tarafından Asit Nötralizasyonu

Maden atıklarında bulunan sülfür minerallerinin tipi, nem, oksijen konsantrasyonu, bakteri varlığı, alkali minerallerin özelliği ve miktarı, AMD' nin oluşumunu etkileyen başlıca faktörlerdir. Diğer taraftan atık yığımında sülfürlü ve alkali cevherlerin dağılımı, sülfürlü cevherlerin yüzey alanı dolayısı ile tane boyutu ve oksidasyon hızı da AMD oluşumunu etkileyen önemli parametrelerdir (Fergusson ve Erickson, 1988).

Maden atıklarının asit üretmesi ve kirlenici maddeler salma potansiyeli çeşitli faktörlere bağlıdır. (White ve Lapakko, 1999) AMD oluşumunu etkileyen birincil faktörler arasında sülfür mineralleri, su, oksijen ile birlikte oksidasyonu katalize eden bakteri varlığı ve reaksiyon sonucu açığa çıkan ısı gösterilmektedir. İkincil faktörler ise; üretilen asidin nötralizasyonu gibi tersiyer faktörleri ifade ederken, asit üretimi ile birlikte atık karakterini

değiştiren çözünen metal iyonları ve etkilerinden oluşmaktadır. Üçüncül faktörler ise; malzemelerin fiziksel özellikleri, asit üreten ve nötralize eden materyallerin depolanması ile atık civarındaki hidrolojik rejimdir.

3.1. Araziden Örnek Alma Çalışmaları

Pasa sahalarından karakterizasyon çalışmalarının yapılabilmesi amacı ile örnekleme planının hazırlanması ve numune alma yöntemlerin belirlenmesinde CEN TR 15310-2 “Atık karakterizasyonu - Atık malzemelerden numune alma - Bölüm 2: Numune alma tekniklerine dair rehber”, CEN TR 15310-5 “Atıkların karakterizasyonu - Atık malzemelerin örnekleme - Bölüm 5: Örnekleme planının tanımlanma sürecine ilişkin kılavuz”, PD CEN TR 16365-2012 “Atıkların karakterizasyonu - Maden çıkarma endüstrilerinden gelen atıklardan numune alma” ve TS EN 14899 “Atıkların karakterizasyonu - Atık malzemelerin örnekleme” standartları kullanılmıştır.

Bu standartlar doğrultusunda Şekil 1’ de verilmiş olan basamaklar kullanılarak örnekleme planı hazırlanmıştır.



Şekil 1. Örnekleme planının oluşturulmasında izlenecek basamaklar

Maden atık sahalarından numune alma işlemlerinde sahanın jeolojik durumu ve örnek popülasyonlarına göre örnekleme yöntemleri belirlenmiştir. Temsili örnekleri seçmek için maden jeolojik modeli ve blok modeli kullanılabilir. Jeokimyasal testler, atık malzemelerin özel olarak işlenmesinin gerekli olacağını gösteriyorsa, blok model, tanısal A/NRD gösterge parametreleriyle (ör. toplam kükürt) doldurulabilir. Bu durumda, jeostatistiksel modeli oluşturmak için kapsamlı bir ayırık örnek setine ihtiyaç duyulacaktır (GARD 2009).

Örnekleme planının oluşturulmasında en önemli konulardan bir başkası da numune miktarlarının belirlenmesidir. Numune miktarları numunelerde gerçekleştirilecek analizlere

göre Tablo 2’ de verilen kıstaslar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Test programının amacına bağlı olarak, numune alma ölçeği, atığın bireysel partiküllerinin boyutuna (partiküllü atık malzemeler için), alt popülasyonun boyutuna veya hatta incelenen atık popülasyonunun tamamına eşit olabilir. Test programının her aşamasında, sonuçların sahadaki malzemelerin yönetimini etkileyip etkilemediğini veya çevre için bir risk oluşturup oluşturmadığını belirlemek için test çalışmasının amacı dikkate alınmalıdır. Bazı durumlarda, madencilik sırasında operasyonel testler ile birlikte beklenmedik durum hafifletme önlemlerinin sağlanması, genel maden planı için sonuçsuz veya sınırlı öneme sahip olabilecek ek madencilik öncesi tahmin testi çalışmasından daha etkili olacaktır (Price, 2009).

Tablo 2

Ölçüm parametrelerine göre önerilen numune miktarları

Ölçüm Parametresi	Numune Cinsi	Numune Miktarı
Hidrolik İletkenlik	Atık, Pasa, Toprak	Pasa ve topraklar için küçük bir kap; atık kayalar için saha testleri yapılmalı
Nem İçeriği	Atık, Pasa, Toprak	Pasa ve topraklar için küçük bir kap; atık kayalar için saha testleri yapılmalı
Tane Büyüklüğü	Atık, Pasa	Atıklar - 1 kg ila 2 kg; Pasa - tane boyutu dağılımına bağlı olarak 3 kg ila 5 kg veya çok daha fazlası
ABA Statik Test	Atık, Pasa	EN 15875: 2011’de 1 kg gereklidir
Minerolojik Analizler	Tüm Aşama Ve Durumlar	100-200 g
Liç Testi	Atık, Pasa, Kontamine Toprak	100 g
Kinetik Test	Atık, Pasa	Laboratuvar testleri için 2 kg ila 5 kg; yerinde test ile 100 kg ila birkaç ton arasında olabilir.
Saha Liç Testleri	Atık, Pasa, Kontamine Toprak	kinetik testler için gerekli miktar kadar veya genellikle 1 m ² ila 2 m ² eski atık malzemenin hızlı yerinde yağış simülasyonuna dayanmaktadır.
Geoteknik Özellikler	Atık, Pasa, Kontamine Toprak	Numune boyutu ölçülecek özelliğe ve ayrıca tane boyutu dağılımlarına bağlıdır (daha fazla ayrıntıya bakınız, örneğin EN 1997-2)

Minerolojik ve jeokimyasal testler için kullanılacak numune alma şekilleri;

- Anlık alınan numune, çalışma sırasında belirli aralıklarla belirli bir miktarda atıktan veya bir konveyörden alınan ilk büyük, anlık örnektir;
- Kompozit numune, iyice karıştırılması gereken anlık alınan birkaç numunenin birleşimidir.

Potansiyel olarak önemli özelliklerdeki farklılıkların düzensiz olarak veya sürekli olarak ortaya çıktığı durumlarda, jeokimyasal olarak benzer birimlerden örnekler alınmıştır.

Tablo 3

En Uygun Örnekleme Tekniğinin Belirlenmesi

Örnekleme Senaryoları	Örnekleme Yöntemleri
Maden Arama Aşmasında	
Ekonomik Malzeme	Sondaj, Çukur Açma, Yüzey Örnekleri, Cevher Yatağının Bulunması İçin Su Örnekleme
Atık Alanı	Sondaj, Çukur Açma, Yüzey Örnekleri, El Helzonu, Makineli Burgu, Spt Örnekleme, Tüp Örnekleme, Su Örnekleme
Üretim Aşamasında	
Üretim Alanı	Delme Malzemesi(Patlatma Deliklerinden Çıkarılan), Elle Toplama, Kürekle Alma
Konveyör Bant	Kürekle Alma, Sistemantik Örnekleme
Boru Hatları	Kova İle Alma, Sistemantik Örnekleme
Atık Kamyonları	Kürekle Alma
Kapalı Sahalarda	
	Yüzey Örnekleme
Atık Barajları	Kürek, El Helzonu, Burgu
	Derinlik Örnekleme
Atık Alanları	Kürek, El ile Toplama
	Derinlik Örnekleme
	Çukur Açma, Beko, El Helzonu, Burgu, Sondaj, Tüp Örnekleme, Beko, Sondaj, Çukur Açma

3.2. Numuneleri Taşınması ve Saklanması

Analiz parametrelerine göre Kağıt, Kumaş veya Plastik Torbalar, Sızdırmaz Fleksiglas veya Metal Kaplar kullanılabilir. Örnek numune alma kapları ve saklama koşulları Tablo 4' te verilmiştir.

Tablo 4

Numune alma kapları ve saklama koşulları

Ölçüm Parametresi	Numune Kabı	Saklama Koşulları
Gözeneklilik Analizi	Fleksiglas veya Metal Kaplar	4 °C ± 2°C
Boşluk Oranı Analizi	Fleksiglas veya Metal Kaplar	4 °C ± 2°C
Hidrolik İletkenlik Analizi	Fleksiglas veya Metal Kaplar	4 °C ± 2°C
Tane Boyutu Analizi	Kağıt, Kumaş veya Plastik Torbalar	-
ABA Statik Test	Kağıt, Kumaş veya Plastik Torbalar	Kuru, 4 °C ± 2°C
Minerolojik Analiz	Fleksiglas veya Metal Kaplar	Karanlık ve Kuru
Liç Testi	Kağıt, Kumaş veya Plastik Torbalar	Karanlık ve Kuru
Kinetik Test	Fleksiglas veya Metal Kaplar	Karanlık ve Kuru
Bakteriyolojik Analiz	Fleksiglas veya Metal Kaplar	Karanlık 4 °C ± 2°C

Numune alma sırasında, numunelerdeki değişiklikleri en aza indirecek önlemleri almak gerekmektedir. Çeşitli çevresel faktörlere bağlı olarak oksidasyon, karbonatlaşma

meydana gelebilir, Özellikle asit üretim potansiyelinin değerlendirilmesi için, uygun olmayan numune alma yöntemlerinin kullanılması, yanlış numune alma ve saklama koşulları nedeniyle numunelerin bozulmaması çok önemlidir.

Madencilik endüstrisinden alınan numunelerin çoğu, analizden önce numunelerin bütünlüğünü korumak için kapsamlı malzeme hazırlığı veya muhafazası gerektirmez. En yaygın kullanılan koruma tekniği, sülfür oksidasyonu gibi numunedeki mineralojik değişiklikleri en aza indirmek için numunenin kurutulmasıdır.

Hidratlanmış mineraller içeren numunelerin uzun süreli saklanmasından, kristalizasyon suyu kayıplarını ve susuz mineral oluşumunu en aza indirmek için kaçınılmalıdır. Sülfür oksidasyonu gibi numunedeki mineralojik değişiklikleri en aza indirmek için atık kaya numuneleri iki hafta içinde analiz edilmiştir.

3.3. Saha Numunelerinden Deney Numunelerinin Hazırlanması

Maden atıklarının ve pasa alanlarının örnekleme planına göre alınan laboratuvar numunelerinin fiziksel ve kimyasal analizlerden önce temsili test kısımlarının hazırlanmasını TS EN 15002 “Atık Karakterizasyonu - Laboratuvar numunesinden deney numunesi kısımlarının hazırlanması.” Standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analizler için numunelerin hazırlanması homojenizasyon, faz ayırma, kurutma, partikül boyutunu küçültme ve alt numune hazırlama gibi işlemleri içermektedir.

3.4. Minerolojik Testler

3.4.1. Asitlik Kaynakları

Ekstraktif atıklardan asit oluşumuna iki temel kaynak katkıda bulunur: birincil kaynaklar (sülfür oksidasyonu) ve ikincil kaynaklar (sülfat çözünmesi). Tüm asidin birincil kaynaklardan üretildiğini varsayar, ancak NP' yi belirlemek için kullanılan geri titrasyon, test sırasında numune tarafından üretilen asitliği nötralize eder.

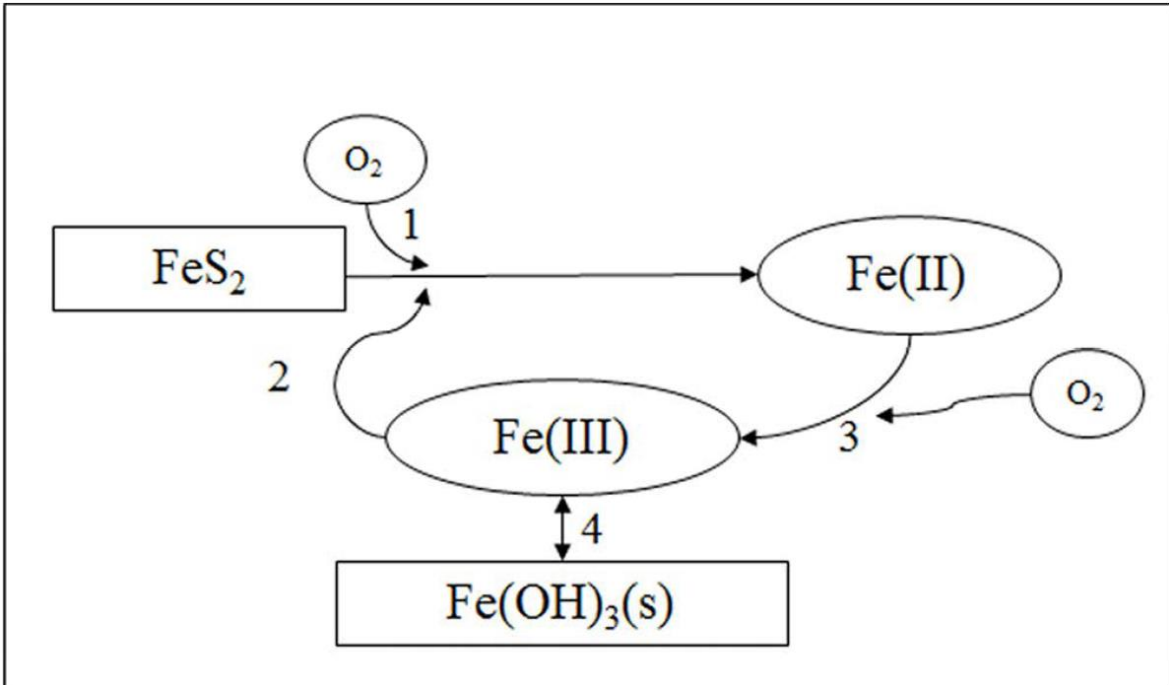
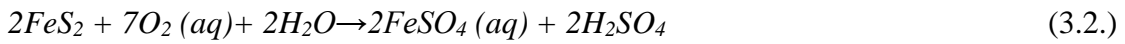
Doğal ortamda inorganik kükürt esas olarak sülfür ve sülfat mineralleri halinde bulunur. Toplam kükürt içeriği, önemli ölçüde asit üretmeyen sülfat mineralleri (örn. barit veya alçıtaşı) ve/veya organik maddeden kükürt içeren numunelerin gerçek AP' sini

olduğundan fazla tahmin edecektir. Bu standart kullanılarak analizden elde edilen verilerin doğru yorumlanması için numune mineralojisi bilgisi esastır.

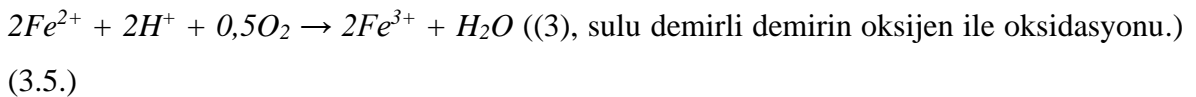
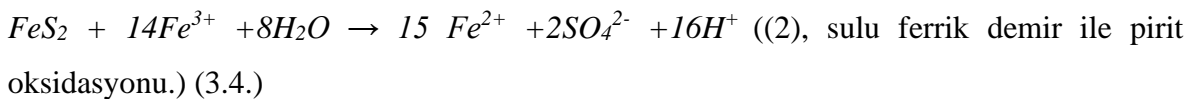
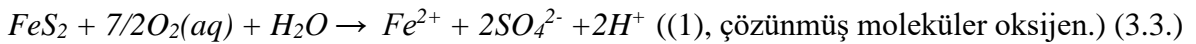
Birincil asit üreten mineraller, MS₂ tipi sülfürlerdir ve en yaygın olanı pirittir (FeS₂). Pirit oksidasyonu genellikle aşağıdaki stokiyometrik denklemlerle basitleştirilir:



veya



Şekil 2 Asit üretme reaksiyonu



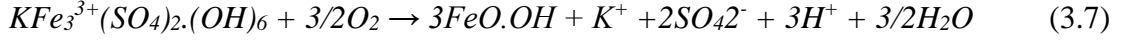
$Fe^{3+} + 3H_2O \leftrightarrow Fe(OH)_3 + 3H^+$ ((4), sulu çözelti ile $Fe(OH)_3(s)$ arasındaki çözünürlük dengesi. (Salmon U.)) (3.6.)

Doğal ortamda, piritin yavaş oksidasyonu, “Denklem 3.3’ e göre” $Fe(II)$ ' nin salınmasına yol açar. Çözünmüş moleküler oksijen varlığında çoğu koşulda, $Fe(III)$ termodinamik olarak daha kararlı türdür. Bununla birlikte, kinetik sınırlamalar, $Fe(II)$ ' nin $Fe(III)$ ' e oksidasyonunun “Denklem 3.5’ e göre” nispeten yavaş olduğu anlamına gelir. $Fe(III)$ ayrıca sülfürler için güçlü bir oksitleyicidir ve kendisi “Denklem 3.4’ e göre” demir redoks döngüsüne yol açan $Fe(II)$ ye indirgenir. “Denklem 3.6’ ya göre” reaksiyon için sulu $Fe(III)$ ' ün mevcudiyeti, amorf ferrik hidroksit gibi ikincil $Fe(III)$ fazlarının nispeten hızlı çökeltilmesiyle sınırlanabilir. “Denklem 3.4’ e göre” yavaş reaksiyonlar ve denge için demirli ve demirli demirin mevcudiyeti, çözelti pH' na ve herhangi bir kompleks oluşturucu maddenin varlığına bağlıdır.

Ferrik demir açısından zengin asit maden suyu yüzeye ulaştığında tamamen oksitlenir, hidrolize olur ve demir hidroksitleri çökeltebilir. Bu işlem, Fe^{3+} ' nın stabil olduğu çok düşük pH' lar dışında asit üretecektir.

Sfalerit (ZnS) ve galen (PbS), asit içermeyen veya düşük asit üreten sülfidler olarak kabul edilir, çünkü genellikle demir içermezler. Bununla birlikte, çinko yerine demir ikame edilirse, sfalerit, demir içeren sülfidlere benzer bir şekilde bir asit üreticisi olacaktır. Çözünme durumunda, düşük çözünürlüğe sahip ikincil fazlar tarafından olası galen kaplaması, sülfürleri oksitleyici maddelerle doğrudan temastan korudukları için görünür direnci artırabilir.

İkincil Asit Kaynakları: Ayrışma üzerine, sülfürler, götit gibi bir dizi hidroksit ve oksit üreterek tüm asit potansiyellerini serbest bırakabilirler. Alternatif olarak, doymamış bölgede asit potansiyellerinin sadece bir kısmını serbest bırakabilirler ve geri kalanını oksitleyici asidik ortamlarda stabil olan ikincil tuzlarda depolayabilirler (Bowell ve diğerleri,). Hepsi çözünme sırasında mutlaka hidrojen ve sülfat salmaz, ancak hepsi sülfat anyonlarını salmaktadır. Bu mineraller yüksek oranda çözünürdür, bu nedenle çözünme ve hidroliz üzerine, örneğin jarositin çözünmesi gibi anlık bir asidik sülfat bakımından zengin su kaynağını temsil edebilirler.



pH > 2' de demirli demirin müteakip oksidasyonu ve ferrik demirin hidrolizi ek bir asitlik kaynağı sağlar. Bu mineraller bu nedenle potansiyel asit kaynakları olarak önemlidir.

3.4.2. Nötralizasyon Potansiyeli Bulunan Kaynaklar

Nötralizasyon potansiyelinin (NP) belirlenmesi bir dizi parametreye bağlıdır. Numune mineralojisinin yanı sıra en önemlileri numune ön muamelesi, sıcaklık, test süresi, partikül boyutu, bitiş pH' ı ve geri titrasyon pH' ı olarak belirlenmiştir. Bazıları halihazırda mevcut uluslararası yöntem tanımlarında (Lawrence ve Wang), sonuçların ampirik olarak uygun olduğu kanıtlanan seviyeler ile tanımlanmıştır. Sonuçların tekrarlanabilirliğini ve karşılaştırılabilirliğini artırmak için bu standartta diğer önemli parametreler tanımlanmıştır. Tüm NP' lerin asidik koşullarda kalsit gibi reaksiyona girdiği varsayılır.



Fe ve Mn karbonatlar, aerobik koşullar altında (yani, siderit, $FeCO_3$ ve rhodochrosite, $MnCO_3$) nötralize olmaz, Silikatlar (ve diğer bazı mineraller) bir dereceye kadar nötralizasyona katkıda bulunacaktır. (kalsitten daha yavaş reaksiyon)

Sülfürlü topraklarda (killer) organik madde nötralize etme kapasitesine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Bu standart da açıklanan testi kullanırken, tüm nötralizasyon kapasitesinin 24 saatlik test süresi içinde belirlendiği varsayılır. Bununla birlikte, bazı mineraller daha hızlı, diğerleri daha yavaş tepki verir. Bazı karbonat minerallerinin reaktivitesinin bir göstergesini vermek için aşağıdaki sıralama kullanılabilir:

monohidro kalsit > aragonit > kalsit > dolomit > manyezit > siderit > rhodochrosite

Tablo 5

Karbonat mineralleri

Mineral Grubu	Mineral	Kimyasal Formülü
Hidratlı Karbonatlar	Monohidroksit	CaCO ₃ . H ₂ O
Aragonit Grubu: Ortorombik	Aragonit	CaCO ₃
Kalsit Grubu: Trigonal	Kalsit	CaCO ₃
	Magnazit	MgCO ₃
	Rhodochrosite	MnCO ₃
	Siderite	FeCO ₃
Dolomite Grubu: Trigonal	Ankerit	CaFe(CO ₃) ₂
	Dolomit	CaMg(CO ₃) ₂
Karbonat ile hidroksil veya halojen içerenler	Azurit	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂
	Malasit	Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂

3.5. Kinetik Test Nem Hücresi Metodu

Kinetik testler statik testlerden bir sonraki adım olup, esas itibariyle simülasyon testleridir. Statik testlerdeki belirsizlikleri azaltmak, elde edilen verileri doğrulamak, belirleyici reaksiyonları tanımlamak, asit üretme hızını tespit etmek ve drenaj suyu kalitesini belirlemek amacıyla yapılırlar. Bu teknikte zamana bağlı olarak su ve oksijene tabi tutulan örneklerin oksidasyonu ve bozunması takip edilerek sahanın simülasyonu sağlanır. Literatürde bilinen kinetik testler; “Nem Hücresi” testi, “Kolon” testi, “Soxhlet Lkstiannon” Testi, “British Columbia Research” testi gibi testlerdir. Pasa sahalarında asit üretiminin zamana bağlı gelişeceği düşünüldüğünde yeni ve eski maden sahalarında ve pasa sahalarında değerlendirme yapılırken mutlaka kinetik testlerden yararlanılması gerekmektedir.

Atık alanında AMD oluşumunun test edilmesi amacı ile Asit Üretme Potansiyeli bulunan örnekler için ASTM D5788-18 “Standard Test Method for Laboratory Weathering of Solid Materials Using a Humidity Cell” standardına uygun Kinetik Nem Hücresi Testi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Nem hücresi metodu ile planlanan haftalık, onbeş günde bir veya aylık olarak toplanan atık sularında pH, Asidite, İletkenlik, Alkalinite, Asidite, Anyon-Katyon ve Metal parametrelerin analizleri gerçekleştirilmiştir.

Hücrelere yüklenecek olan örneklerde tanecik boyutu 6,3 mm altına incek şekilde kırma ve eleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Testlerde 10,2 cm iç çap ile 20,3 cm yükseklikte boyutlara sahip hücreler kullanılmıştır. Haftalık döngülerde ASTM D5788-18 Standardı Seçenek A yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre hücrelerden ilk sızıntı

numunesi alındıktan sonra hücrelere üç günlük kuru hava (%10' dan az bağıl nem) ve üç günlük suya doymuş havadan (yaklaşık %95 bağıl nem) oluşan haftalık döngüler sağlanmıştır. Hücrelere tüm haftalık döngülerde yaklaşık 2 lt/dk kuru hava ve nemli hava verilmiştir.



Şekil 3 Nem hücresi düzeneği

3.5.1. Hücrelerin Yüklenmesi

Her bir nem hücresi(kapaksız olarak) ve toplama kabının 0,1 g hassasiyetteki bir terazide darası alınır. Filtre yerleştirilir. Filtre yerleştirildikten sonra tekrar tartılarak son tartım-ilk tartımdan filtre darası bulunur. Hazırlanmış olan 1 kg lık örnek nem hücresine aktarılır. Yüklenen hücre yeniden tartılarak kayıt altına alınır. (Son tartım) – (filtre yerleştirildikten sonraki tartım) işlemi yapılarak numune ağırlığı bulunur. Bu işlemlere göre hücreler 1 kg numune yüklemesi gerçekleştirilmiştir.

3.5.2. İlk Sızıntı Suyunun Alınması

İlk su liçi taşkın liçidir. Eklenecek su damlama yöntemi ile veya direkt olarak eklenebilir. İlk su ekleme ile 0. Hafta liçi başlatılmış olur. Bu sızıntı başlangıç özelliklerini belirler. Nem hücresi testi 7 günlük döngüden oluşur. Numune her zaman haftanın aynı gününde (Örneğin Pazartesi) süzülür. 1 L su mezür kullanılarak ayırma hunisine eklenir.

Numunenin cinsinde göre bu miktar 500 ml de olabilir. Hava girişleri ve su girişleri kapatılır. Hücre duvarlarının yanlarından su eklenir ve en az 1 saat beklenir. Bu süre katı numunenin suya doygunluğu ile alakalıdır. Bu nedenle numune cinsine göre bu süre arttırılabilir. Süzme işlemi tamamlandıktan sonra üst kapaklar kapatılarak gece boyunca süzme işleminin tamamlanması beklenir. Süzme işlemi tamamlandığında toplama kaplarının ağırlıkları tartılarak kayıt edilir. Toplanan sızıntı suyunun pH ve iletkenlik değerleri ölçülür, toplanan numune hacmi kayıt edilir ve 0. Hafta Numunesi olarak analiz edilmiştir. Daha sonra hücreler tekrar düzeneğe alınarak haftalık döngünün tamamlanması için hava girişleri açılarak işlemler başlatılmıştır.

3.5.3. Sonraki Haftalık Sızıntı Suları

Birinci haftalık döngünün 7. gününde ikinci su ekleme yapılarak süzme işlemi yapıldı ve 1. Hafta numunesi olarak isimlendirildi. Sonraki haftalık döngülerde de aynı işlemler yapıldı.

3.5.4. Sızıntı Suyu Analizleri

Nem hücrelerinden toplanan sızıntı sularının öncelikle pH ve iletkenlik parametreleri ölçülerek kayıt edilmiştir. Daha sonra 0,45 µm gözenek çapına sahip bir filtre kullanılarak süzme işlemi gerçekleştirilerek ve filtrede kalan katılar nem hücresine geri alınmıştır.

Sızıntı suyu pH, alkalinite, asidite ve iletkenlik analizleri için minimum test süresi 20 haftadır. Test süresince 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 ve 20. Haftalarda bu analizler yapılmıştır. Kimyasal karakterizasyon için 0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16 ve 20. Haftalarda analizler yapılmıştır.

Tablo 6

Kinetik test analiz takvimi

0. Hafta 09/08/21	1. Hafta 16/08/21	2. Hafta 23/08/21	3. Hafta 30/08/21	4. Hafta 06/09/21	5. Hafta 13/09/21	6. Hafta 20/09/21	7. Hafta 27/09/21	8. Hafta 04/10/21	9. Hafta 11/10/21	10. Hafta 18/10/21
Analiz Fiziksel+ Kimyasal	Analiz Fiziksel+ Kimyasal	Analiz Fiziksel+ Kimyasal	Analiz Yok	Analiz Fiziksel+ Kimyasal	Analiz Yok	Analiz Fiziksel+ Kimyasal	Analiz Yok	Analiz Fiziksel+ Kimyasal	Analiz Yok	Analiz Fiziksel
11. Hafta 25/10/21	12. Hafta 01/11/21	13. Hafta 08/11/21	14. Hafta 15/11/21	15. Hafta 22/11/21	16. Hafta 29/11/21	17. Hafta 06/12/21	18. Hafta 13/12/21	19. Hafta 20/12/21	20. Hafta 27/12/21	
Analiz Yok	Analiz Fiziksel+ Kimyasal	Analiz Yok	Analiz Fiziksel	Analiz Yok	Analiz Fiziksel+ Kimyasal	Analiz Yok	Analiz Fiziksel	Analiz Yok	Analiz Fiziksel+ Kimyasal	


3.5.5. Analiz Metotları Hakkında Bilgiler

Kinetik Test düzeneklerinden alınan sızıntı suyu numunelerine ait analizler ve pasa depo sahası çevresinde bulunan yüzeysel su kaynaklarından alınan su numunelere ait analizler Gemar Çevre Ölçüm ve Analiz Laboratuvarı tarafından gerçekleştirilmiştir.

Fiziksel ve kimyasal analizlerin gerçekleştirilmesinde uluslararası standartlar kullanılmış olup merck ve sigma-aldrich marka yüksek saflıkta kimyasallar kullanılmıştır.

Tablo 7

Analiz Cihazları ve Metotları

Parametreler	Analiz Metotları	Analiz Yöntemi	Cihazlar
ph	SM 4500 H ⁺	Elektrometrik Metot	 <p>Hach Lange Hqd Portable Meter</p>
İletkenlik	B	Laboratuvar Metodu	
Çözünmüş Oksijen	SM 2510 B ASTM D888 Metot C	Lüminesans Sensör Metodu	

Tablo 7'nin devamı

Toplam Çözünmüş Katı	SM 2540 C	Gravimetrik Metot
Alkalinite	SM 2320 B	Titrimetrik Metot
Asidite	SM 2310 B	Titrimetrik Metot
Klorür	TS 4164 ISO 9297	Titrimetrik Metot



Brand Dijital Büret

Sülfat	SM 4500	Spektrofotometrik Metot
Florür	SO ₄ ²⁻ E	Distilasyon Metodu
	SM 4500-F B	SPADNS Metodu
	SM 4500-F D	



Hach Lange DR-5000 UV Spektrofotometre

As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn, Fe, Mg, Na, K, Ca	EPA 6010D EPA 200.7	ICP-OES Metodu
---	------------------------	----------------



Agilent 700 ICP OES

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma Çanakkale ili, Çan İlçesinde faaliyet göstermekte olan Kömür Madeni pasa depo alanında 03.08.2021 tarihinde, statik test sonuçları göz önünde bulundurularak yüksek sülfür içeren 5 adet pasa örneği üzerinden gerçekleştirilmiştir. Örnekleme işlemleri tamamlanan numunelerin ön işlemleri gerçekleştirilerek 20 hafta süresince Kinetik Testleri gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlara göre Asit Maden Drenajı oluşumu yorumlanmıştır.

4.1. Örnekleme İşlemleri

Örnekler Rok-Bit Havalı Delik Delme Makinesi (9 inç çaplı, 8 metre tij uzunluğu) ile 8 metre derinlikte 9 inç çapında açılmış olan Araştırma Çukurundan yaklaşık 50 kg olarak toplanmış, CEN_TR 15310-3_2006 Characterization Of Waste Subsampling Standardı, Reduction Of A Bulk Sample, Metod 2 maddesine uygun olarak azaltılarak 20 kg olarak alınmıştır.

Numuneler 40 micron kalınlığında 35x70 ebadında plastik naylon torbaya aktarılmış, okunaklı biçimde yazılmış, numuneyi tanımlayan bir not torbanın içerisine konulmuş ve torbanın ağzı su geçirmez kuvvetli yapışkan bir bant kapatılmıştır. Torbanın her iki yüzüne de tanımlayıcı bilgiler silinmez kalem ile not edilerek, laboratuvara nakil edilmiştir.

Tablo 8

Numunelere Ait Bilgiler

Numune Kodu	Numune Miktarı	Renk	Homojenlik	Tanecik Tipi	Gaz Çıkışı	Isı Oluşumu	Reaksiyon Oluşumu
ÇN-1	20 kg	Kahverengi	Homojen	Çeşitli Tip	YOK	YOK	YOK
ÇN-6	20 kg	Koyu Kahverengi	Homojen	Çeşitli Tip	YOK	YOK	YOK
ÇN-7	20 kg	Koyu Kahverengi	Homojen	Çeşitli Tip	YOK	YOK	YOK
ÇN-45	20 kg	Koyu Gri	Homojen	Çeşitli Tip	YOK	YOK	YOK
ÇN-77	20 kg	Kırmızı, Kahverengi	Homojen	Çeşitli Tip	YOK	YOK	YOK

4.2. Saha Numunelerinin Laboratuvar Deneyleri İçin Hazırlanması

Numuneler atmosferik koşullarda (oda sıcaklığı) neminin uzaklaştırılması için 3 gün süreyle kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından tüm numuneler 6,3 mm(0,25 inç) elekten geçirilmiş, 15,2 cm den büyük partikül boyutu bulunan numuneler kademeli olarak kırıcılardan geçirilerek inceltilmiştir. Bunun için ilk olarak 1,92 cm' ye ayarlanmış kırıcıdan, daha sonra 0,95 cm ye ayarlanmış kırıcıdan ve son olarak 0,64 cm' ye ayarlanmış kırıcıdan geçirilmiştir. Her kırma işleminden sonra numuneler 6,3 mm elekten geçirilerek bir sonraki adıma geçilmiştir. Kırma işlemlerinin asit üreten ve asit tüketen minerallerin serbest kalmasına sebebiyet vermesi sebebi ile numunelerin karakteristik özelliklerinin bozulmasına neden olabilir. Analiz işlemlerinde bu etki göz önünde bulundurulmuştur. Daha sonra numuneler;

- 2,54 cm oluklu bir Numune Ayırıcı kullanılarak numune 8 adet 1 kg lık test numunelerine bölünerek ağzı kilitli bir torba da depolanmıştır. Test numunelerinden biri kinetik test için nem hücreğine yüklenmiştir.
- Ayrılan test numunelerinden biri alınarak %95 i 1,7 mm(10 mesh) elekten geçecek şekilde kırılmış, daha sonra numune 6,35 mm oluklu numune ayırıcı ile 2 ye bölünmüştür.
- Bu numuneler 150 µm (100 mesh) elekten geçecek şekilde öğütülerek 250 gram numune mineralojik testler için alınmıştır.

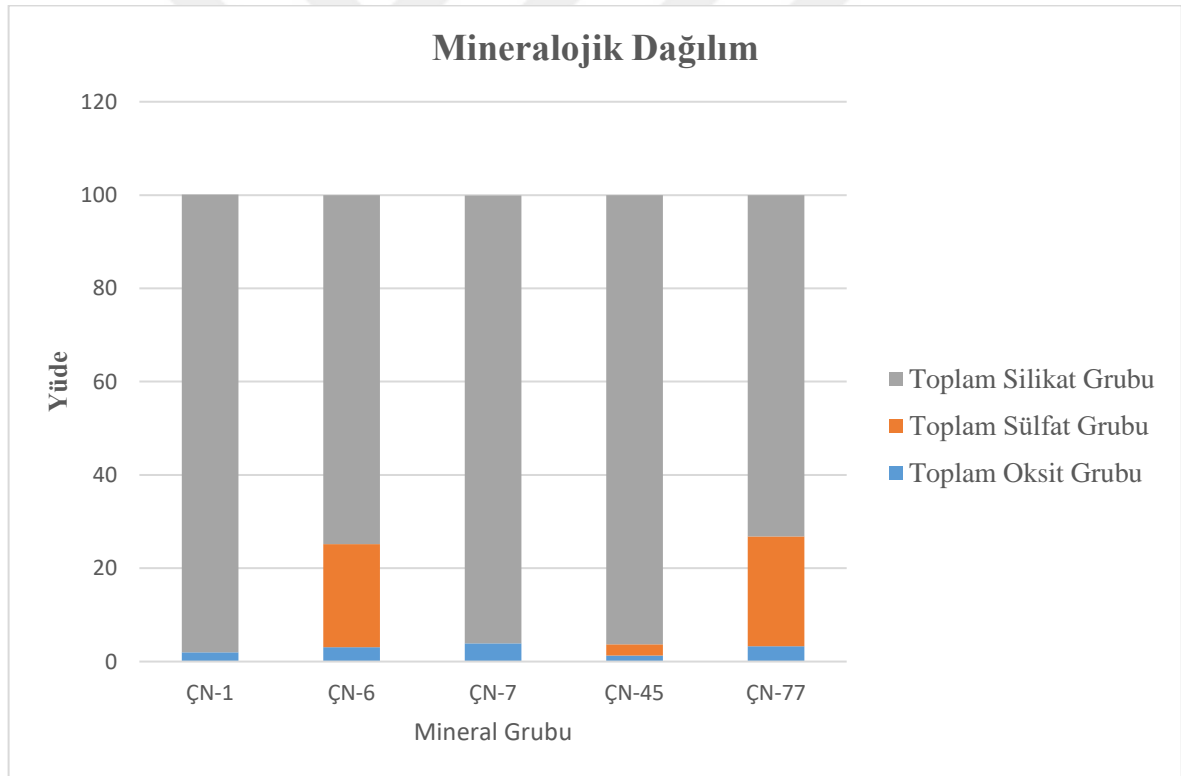
4.3. Mineralojik Testler

Proje sahasında pasayı oluşturan jeolojik birimlerin mineralojik özelliklerinin tanımlanabilmesi ve nötralizasyon ile asitliği oluşturacak minerallerin tanımlanması amacı ile hakim formasyondan ve pasa birimlerinden kompozit olarak oluşturulan 5 adet numunenin Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ÇOBİLTUM - Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi PANalytical Empyrean marka XRD(X-Işını Kırınım) cihazı ile analizler yapılmıştır.

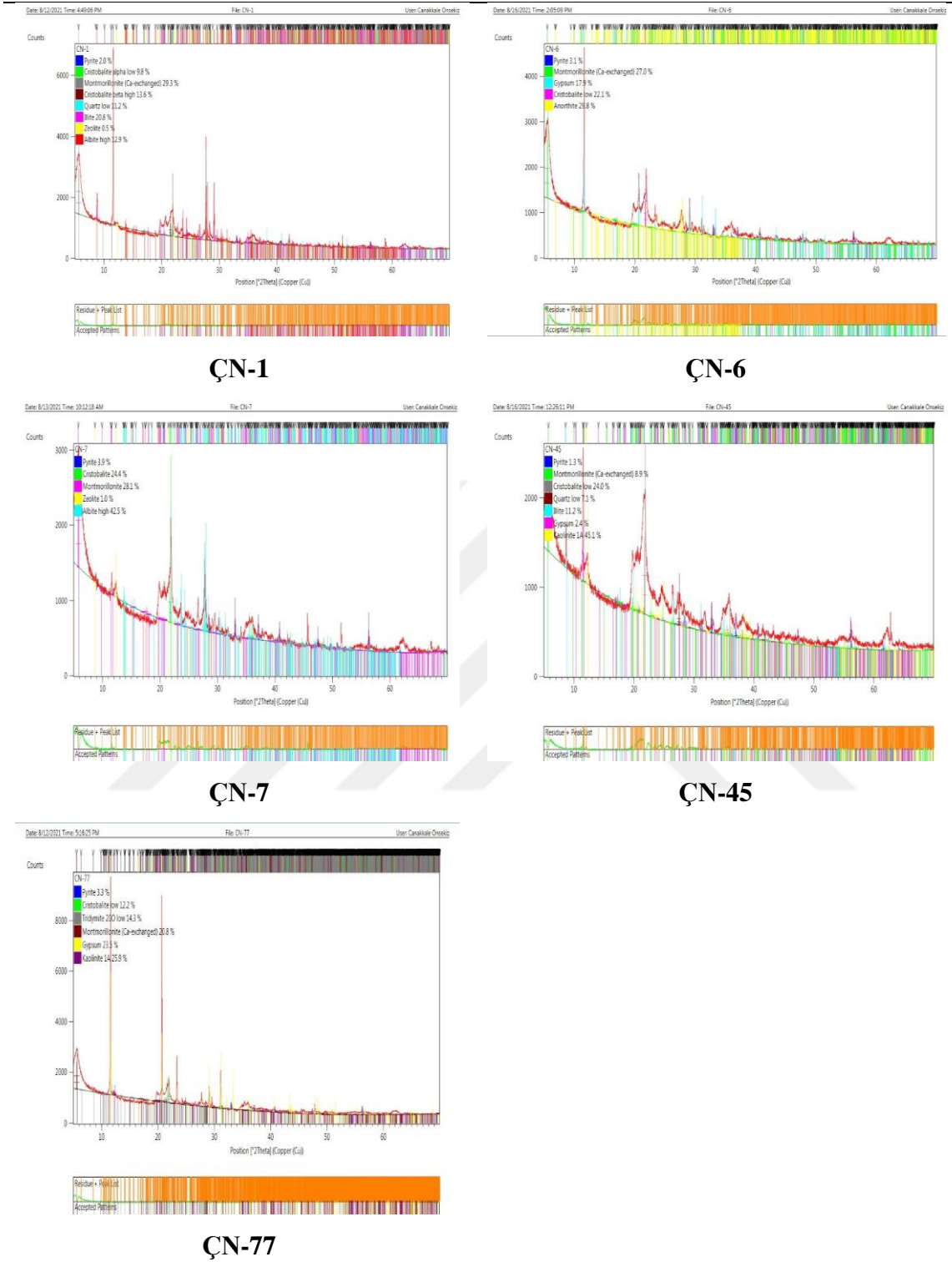
Tablo 9

Numunelerin mineralojik tanımlamaları

Mineral	Formülü	Grubu	ÇN-1	ÇN-6	ÇN-7	ÇN-45	ÇN-77
Pirit	Fe ₂ S	Oksit	2,0%	3,1%	3,9%	1,3%	3,3%
Kristobalit	SiO ₂	Silikat	23,4%	22,1%	24,4%	24,0%	12,2%
Montmorit	2Al ₂ O ₃ ·8SiO ₂ ·2H ₂ O.n H ₂ O	Silikat	29,3%	27,0%	28,1%	8,9%	20,8%
Kuvars	SiO ₂	Silikat	11,2%	-	-	7,1%	-
İllit	K _{0,65} Al _{2,0} (Al _{0,65} Si _{3,35} O ₁₀)(OH) ₁	Silikat	20,8%	-	-	11,2%	-
Zeolit	(M ⁺ , M ⁺²) O.Al ₂ O ₃ ·9SiO ₂ ·nH ₂ O	Silikat	0,5%	-	1,0%	-	-
Albite Yüksek	NaAlSi ₃ O ₈	Silikat	12,8%	-	42,6%	-	-
Tridimit	SiO ₂	Silikat	-	-	-	-	14,3%
Jips	CaSO ₄ · 2H ₂ O	Sülfat	-	17,9%	-	2,4%	23,5%
Kaolin	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Silikat	-	-	-	45,1%	25,9%
Kalsit	CaCO ₃	Karbonat	-	-	-	-	-
Anorthite,Sodian	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	Silikat	-	29,9%	-	-	-
Feldspat	XAl ₍₁₋₂₎ Si ₍₃₋₂₎ O ₍₈₎	Silikat	-	-	-	-	-
Aragonit	(Ca, Sr, Pb, Zn)CO ₃	Karbonat	-	-	-	-	-
Dolamit	CaCO ₃ ve MgCO ₃	Karbonat	-	-	-	-	-
Toplam Oksit Grubu			2,00%	3,10%	3,90%	3,10%	3,90%
Toplam Sülfat Grubu			0,00%	22,10%	0,00%	17,90%	0,00%
Toplam Silikat Grubu			98,00%	56,80%	96,00%	79,00%	96,10%
Toplam Karbonat Grubu			0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%



Şekil 4. Mineralojik dağılım grafiği



Şekil 5. XRD grafikleri

4.4. Tanecik Boyutu Dağılımı

Nem hücrelerine yüklenen numuneler ait partikül boyutu dağılımı elek testi gerçekleştirilerek tespit edilmiştir.

Tablo 10

Hücre İçi Partikül Madde Boyutu Dağılımı

Numune Kodu	Çakıl % 2-6,3 mm	Kum% 0,063-2 mm	Silt+Kil% <0,063 mm
ÇN-1	51,9	47,9	0,2
ÇN-6	52,5	47,4	0,1
ÇN-7	69,8	30,1	0,1
ÇN-45	40,8	58,8	0,4
ÇN-77	62,8	37,2	0,1

4.5. Sızıntı Suları Analiz Sonuçları

Numunelere ait 20 Haftalık Kinetik Testler sonucu elde edilen sızıntı sularına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 11

ÇN-1 Analiz sonuçları

Parametre	0.	1.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde g												1734,20
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütlesi g												999,60
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde+Gözenekte Kalan Su g	2071,9	1833,8	1893,9	1863,8	1834,1							
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütlesi g	0	0	0	0	0							
Gözenekte Kalan Su g	734,60	734,60	734,60	734,60	734,60							
Sızıntı Toplama Kabı Kütlesi g	337,70	99,60	159,70	129,60	99,90							
Toplama Kabı+Sızın Suyu g	85,10	85,10	85,10	85,10	85,10							
Haftalık Alınana Sızıntı Suyu Kütlesi g	747,40	985,50	925,40	955,50	985,20							
ph	662,30	900,40	840,30	870,40	900,10							
İletkenlik	6,94	8,00	8,16	8,37	8,34							
Çözülmüş Oksijen	5370,0	1490,0	2780,0	1844,0	2330,0							
Toplam Çözülmüş Katı	0	0	0	0	0							
Alkalinite	7,78	7,79	7,40	7,79	8,81							
Asidite	2785,0	755,00	1451,0	972,00	1199,0							
Sülfat µg/g	0	0	0	0	0							
As µg/g	37,00	63,60	166,40	130,00	115,40							
Ba µg/g	10,10	0,00	0,00	0,00	0,00							
Cd µg/g	2812,3	792,70	1204,4	201,60	147,10							
Cr µg/g	0	0	0	0	0							
Cu µg/g	0,021	<0,01	<0,01	0,012	<0,01							
Hg µg/g	<0,01	0,066	0,061	0,079	0,058							
Mo µg/g	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005							
Ni µg/g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01							
Pb µg/g	0,015	<0,01	0,012	<0,01	0,036							
Sb µg/g	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000							
Se µg/g	7	7	7	7	7							
Zn µg/g	0,025	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01							
Fe µg/g	0,076	<0,01	<0,01	<0,01	0,012							
Mg µg/g	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05							
Na µg/g	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000							
K µg/g	7	7	7	7	7							
Ca µg/g	0,123	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05							
F µg/g	0,077	<0,01	<0,01	0,025	0,012							
Cl µg/g	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05							
	57,781	14,693	21,683	15,680	20,843							
	810,45	195,84	264,55	91,883	181,15							
	5	6	4	5	5							
	30,391	10,221	14,443	15,003	13,291							
	280,97	102,89	217,67	67,526	252,28							
	6	3	2	8	8							
	0,93	<	0,83	0,11	0,09							
	14,90	9,90	27,70	21,30	20,50							

SIZINTI YOK GEÇİRİMSİZ TABAKA OLUŞTU

Tablo 12

ÇN-6 Analiz sonuçları

Parametre	0.	1.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde g							1726,4					
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütleli g							999,6					
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde+Gözenekte Kalan Su g	2069,2	1897,2	1840,3	1820,3	1835,7	1824,4	1845,2	1815,0	1845,2	1798,5	1791,6	1793,8
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütleli g	726,8	726,8	726,8	726,8	726,8	726,8	726,8	726,8	726,8	726,8	726,8	726,8
Gözenekte Kalan Su g	342,8	170,8	113,9	93,9	109,3	98,0	118,8	88,6	118,8	72,1	65,2	67,4
Sızıntı Toplama Kabı Kütleli g	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5
Toplama Kabı+Sızın Suyu g	726,7	898,7	955,6	975,6	960,2	971,5	950,7	980,9	950,7	997,4	1004,3	1002,1
Haftalık Alınana Sızıntı Suyu Kütleli g	657,2	829,2	886,1	906,1	890,7	902,0	881,2	911,4	881,2	927,9	934,8	932,6
ph	7,40	7,70	7,61	7,65	7,65	7,80	7,37	7,32	7,03	7,10	7,15	6,63
İletkenlik	2115,00	2455,00	415,00	893,00	501,00	470,00	445,00	291,00	143,50	265,00	367,00	307,00
Çözünmüş Oksijen	6,68	7,12	7,86	7,94	7,94	9,15	9,78	8,97	10,10	9,16	9,40	9,47
Toplam Çözünmüş Katı	1027,30	1197,90	201,10	452,00	252,00	242,00	216,90	141,40	80,20	144,10	171,80	180,10
Alkalinite	56,40	118,20	45,60	52,40	44,20	46,60	35,60	31,40	28,40	36,40	51,40	41,40
Asidite	8,20	0,45	0,00	0,00	5,80	0,00	2,40	8,60	5,60	0,00	8,60	4,60
Sülfat µg/g	934,70	1282,80	142,20	90,90	190,30	174,10		102,40		100,70		133,20
Sızıntı oranı	5,03	8,71	1,03	0,67	1,39	1,29		0,76		0,77		1,02
As µg/g	0,025	0,011	<0,01	<0,01	<0,01	0,040		0,020		<0,01		<0,01
Ba µg/g	0,053	0,051	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05
Cd µg/g	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		<0,005		<0,003		<0,003
Cr µg/g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01
Cu µg/g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,005		<0,005
Hg µg/g	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007		<0,0007		<0,0007		<0,0007
Mo µg/g	0,047	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01
Ni µg/g	<0,01	0,014	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01
Pb µg/g	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	AN. YOK	<0,05	AN. YOK	<0,05	AN. YOK	<0,05
Sb µg/g	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007		<0,0007		<0,0007		0,009
Se µg/g	0,075	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05		<0,04		<0,04
Zn µg/g	0,012	0,021	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,010		0,014		0,040
Fe µg/g	<0,05	<0,05	<0,05	0,017	0,017	<0,05		<0,05		0,246		0,204
Mg µg/g	11,774	14,743	2,649	5,604	3,997	2,262		1,103		2,639		2,797
Na µg/g	363,088	549,405	65,199	75,350	65,950	56,800		41,770		96,701		45,310
K µg/g	13,215	13,767	1,788	3,253	2,152	2,039		1,524		1,018		1,243
Ca µg/g	36,145	74,244	10,779	20,491	13,755	20,029		6,517		15,239		15,373
F µg/g	0,34	0,04	0,41	0,96	0,11	0,44		0,31		0,38		0,09
Cl µg/g	6,40	7,80	14,90	11,30	8,50	14,90		9,60		12,10		7,40

Tablo 13

ÇN-7 Analiz sonuçları

Parametre	0.	1.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde g							1730,7					
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütleli g							1001,9					
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde+Gözenekte Kalan Su g	2062,9	1980,9	1895,4	1900,8	1850,5	1899,7	1815,3	1830,5	1815,9	1806,6	1814,2	1799,7
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütleli g	728,8	1730,7	1730,7	1730,7	1730,7	1730,7	1730,7	1730,7	1730,7	1730,7	1730,7	1730,7
Gözenekte Kalan Su g	332,2	250,2	164,7	170,1	119,8	169,0	84,6	99,8	85,2	75,9	83,5	69,0
Sızıntı Toplama Kabı Kütleli g	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2
Toplama Kabı+Sızın Suyu g	738,0	820,0	905,5	900,1	950,5	901,2	985,6	970,4	985,0	994,3	986,7	1001,2
Haftalık Alınana Sızıntı Suyu Kütleli g	667,8	749,8	835,3	829,9	880,3	831,0	915,4	900,2	914,8	924,1	916,5	931,0
ph	7,14	7,31	7,60	7,23	7,50	7,75	7,47	7,33	7,17	7,50	7,10	6,92
İletkenlik	3460,00	1260,00	956,00	709,00	516,00	1662,00	665,00	636,00	542,00	662,00	713,00	747,00
Çözünmüş Oksijen	6,55	7,23	7,60	7,88	7,85	9,27	9,57	8,94	9,72	9,35	9,75	9,64
Toplam Çözünmüş Katı	1591,30	615,80	444,40	356,00	260,00	892,00	326,00	313,00	300,00	366,00	337,00	371,00
Alkalinite	48,20	46,80	52,60	38,00	41,60	64,00	29,60	26,60	36,00	37,40	54,80	58,20
Asidite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	7,40	5,00	0,00	10,20	3,80
Sülfat µg/g	1792,50	525,70	364,60	105,40	200,80	795,50		251,60		306,20		306,70
As µg/g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		0,033
Ba µg/g	<0,05	<0,05	<0,05	0,084	<0,05	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05
Cd µg/g	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		<0,005		<0,003		<0,003
Cr µg/g	0,069	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01
Cu µg/g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,005		<0,005
Hg µg/g	0,13707	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007		<0,0007		<0,0007		<0,0007
Mo µg/g	0,027	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01
Ni µg/g	0,013	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01
Pb µg/g	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05
Pb mg	0,000	<	<	<	<	<	AN. YOK	<	AN. YOK	<	AN. YOK	<
Sb µg/g	0,025	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007		<0,0007		<0,0007		<0,0007
Se µg/g	0,103	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05		<0,04		<0,04
Zn µg/g	0,024	<0,01	<0,01	0,020	<0,01	<0,01		<0,01		0,015		0,006
Fe µg/g	0,369	<0,05	<0,05	0,019	0,086	<0,05		<0,05		0,088		0,202
Mg µg/g	18,951	6,157	4,614	4,787	2,818	7,578		2,271		4,949		4,881
Na µg/g	625,276	189,714	149,597	85,108	64,038	199,074		100,855		96,204		92,183
K µg/g	21,081	5,357	3,611	3,338	2,463	5,307		2,281		2,436		2,698
Ca µg/g	139,761	43,562	35,607	16,607	62,232	86,265		16,101		34,748		33,241
F µg/g	0,61	<0,04	0,47	0,85	0,15	0,71		0,67		0,42		0,51
Cl µg/g	5,70	7,80	20,30	12,40	7,80	15,60		10,60		11,30		8,90

Tablo 14

ÇN-45 Analiz sonuçları

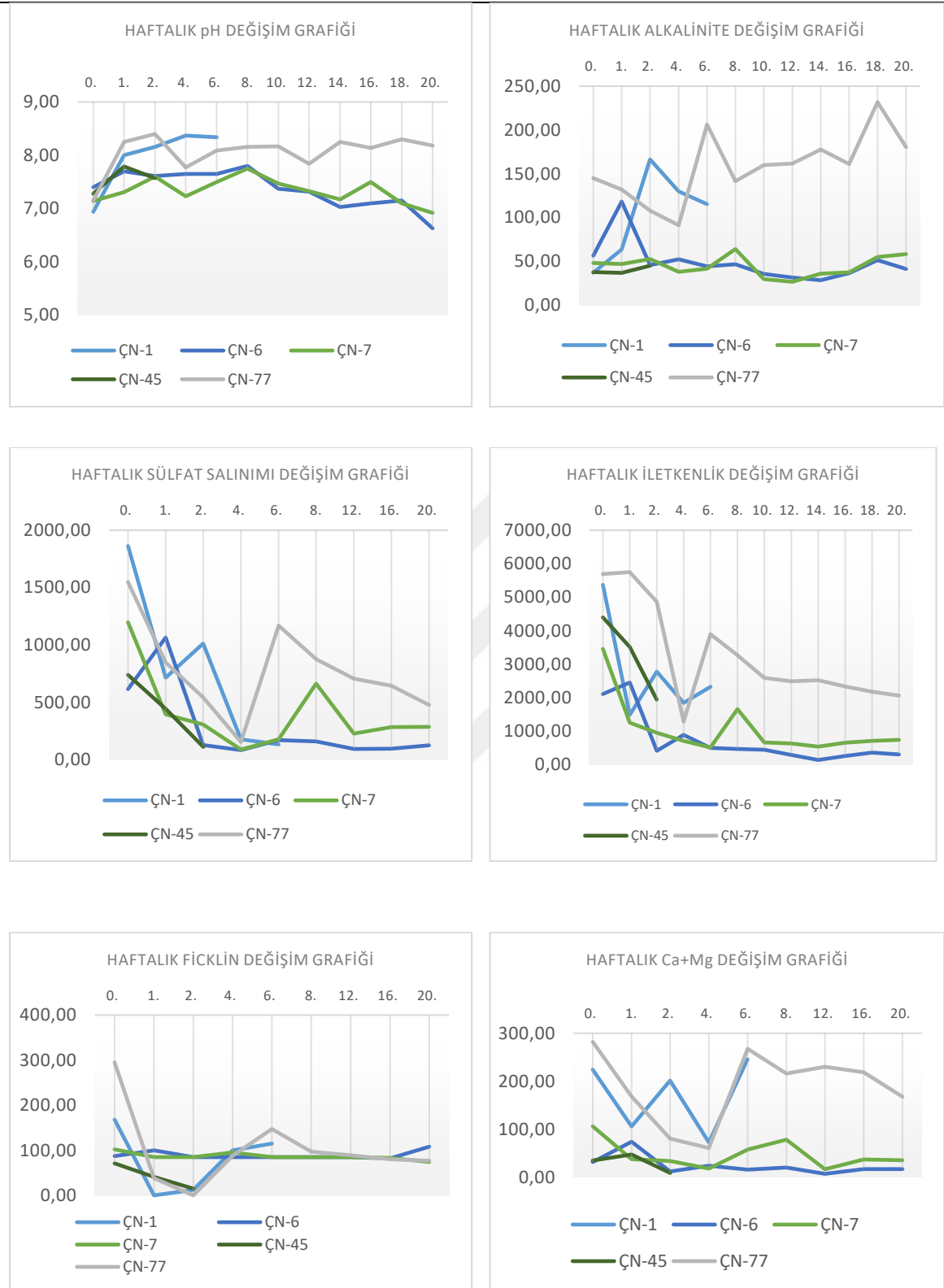
Parametre	0.	1.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde g						1730,40						
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütlesi g						1000,90						
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde+Gözenekte Kalan Su g	2371,90	2456,40	2591,40									
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütlesi g	729,50	1730,40	1730,40									
Gözenekte Kalan Su g	641,50	726,00	861,00									
Sızıntı Toplama Kabı Kütlesi g	71,00	71,00	71,00									
Toplama Kabı+Sızın Suyu g	429,50	345,00	210,00									
Haftalık Alınana Sızıntı Suyu Kütlesi g	358,50	274,00	139,00									
ph	7,28	7,79	7,57									
İletkenlik	4400,00	3520,00	1945,00									
Çözülmüş Oksijen	6,98	7,80	6,81									
Toplam Çözülmüş Katı												
Alkalinite	37,60	36,80	45,00									
Asidite	9,80		-20,00									
Sülfat µg/g	2058,80	1615,90	797,60									
As µg/g	<0,01	<0,01	<0,01									
Ba µg/g	0,091	<0,05	<0,05									
Cd µg/g	<0,005	<0,005	<0,005									
Cr µg/g	<0,01	0,074	<0,01									
Cu µg/g	<0,01	<0,01	<0,01									
Hg µg/g	<0,0007	<0,0007	<0,0007									
Mo µg/g	<0,01	<0,01	<0,01									
Ni µg/g	0,031	<0,01	<0,01									
Pb µg/g	<0,05	<0,05	<0,05									
Sb µg/g	<0,0007	<0,0007	<0,0007									
Se µg/g	0,109	0,050	<0,05									
Zn µg/g	0,040	0,041	0,015									
Fe µg/g	<0,05	<0,05	<0,05									
Mg µg/g	31,478	19,526	12,397									
Na µg/g	732,940	650,845	311,813									
K µg/g	24,039	17,854	15,024									
Ca µg/g	65,859	152,852	50,318									
F µg/g	1,04	0,22	0,59									
Cl µg/g	18,40	7,10	21,70									

SIZINTI YOK GEÇİRİMSİZ TABAKA OLUŞTU

Tablo 15

ÇN-77 Analiz Sonuçları

Parametre	0.	1.	2.	4.	6.	8.	10.	12.	14.	16.	18.	20.
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde g							2084,10					
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütleli g							1000,10					
Nem Hücresi+Filtre+Katı Madde+Gözenekte Kalan Su g	2483,70	2589,60	2539,60	2434,60	2559,60	2629,60	2544,60	2571,60	2609,60	2616,20	2627,10	2585,10
Nem Hücresindeki Kuru Madde Kütleli g	1084,00	2084,10	2084,10	2084,10	2084,10	2084,10	2084,10	2084,10	2084,10	2084,10	2084,10	2084,10
Gözenekte Kalan Su g	399,60	505,50	455,50	350,50	475,50	545,50	460,50	487,50	525,50	532,10	543,00	501,00
Sızıntı Toplama Kabı Kütleli g	70,50	70,50	70,50	70,50	70,50	70,50	70,50	70,50	70,50	70,50	70,50	70,50
Toplama Kabı+Sızın Suyu g	670,90	565,00	615,00	720,00	595,00	525,00	610,00	583,00	545,00	538,40	527,50	569,50
Haftalık Alınana Sızıntı Suyu Kütleli g	600,40	494,50	544,50	649,50	524,50	454,50	539,50	512,50	474,50	467,90	457,00	499,00
ph	7,15	8,25	8,40	7,77	8,09	8,16	8,17	7,84	8,25	8,14	8,30	8,18
İletkenlik	5690,00	5750,00	4860,00	1290,00	3900,00	3270,00	2590,00	2490,00	2520,00	2340,00	2180,00	2067,00
Çözülmüş Oksijen	6,52	7,34	7,47	8,28	9,31	9,13	9,74	8,96	9,79	9,53	10,51	9,35
Toplam Çözülmüş Katı		296,00	2560,00	656,00	2122,00	1739,00	1338,00	1290,00	1275,00	1203,00	1077,00	1080,00
Alkalinite	112,40	132,00	108,00	91,20	206,40	141,40	159,80	161,60	177,60	161,00	231,80	180,40
Asidite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	166,60	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00
Sülfat µg/g	2578,70	1708,60	995,00	237,30	2226,60	1928,50		1374,07		1375,60		951,80
As µg/g	<0,01	0,028	<0,01	<0,01	<0,01	0,018		<0,01		<0,01		<0,01
Ba µg/g	<0,05	<0,05	<0,05	0,062	<0,05	<0,05		<0,05		<0,05		0,082
Cd µg/g	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		<0,005		<0,003		<0,003
Cr µg/g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01
Cu µg/g	0,020	0,011	<0,01	<0,01	0,020	0,022		0,014		0,014		0,011
Hg µg/g	0,040	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007		<0,007		<0,007		<0,007
Mo µg/g	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01
Ni µg/g	0,065	0,012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01		<0,01		<0,01
Pb µg/g	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05
Sb µg/g	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	AN. YOK	<0,007	AN. YOK	<0,007	AN. YOK	0,014
Se µg/g	0,125	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05		0,042		<0,04
Zn µg/g	0,210	0,015	<0,01	0,013	0,062	<0,01		<0,01		<0,003		<0,003
Fe µg/g	0,270	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05		<0,03		<0,03
Mg µg/g	190,87	64,753	41,844	34,781	127,726	95,910		69,856		61,727		33,128
Na µg/g	706,085	411,081	210,448	105,207	348,386	129,894		70,480		43,008		28,273
K µg/g	23,415	12,384	7,289	6,262	13,871	9,806		952,800		4,915		4,298
Ca µg/g	279,246	275,648	105,707	58,719	382,440	379,563		379,192		405,678		302,736
F µg/g	1,01	0,34	0,98	0,79	0,68	1,26		1,18		1,08		1,42
Cl µg/g	7,10	8,50	10,60	14,90	12,10	12,10		16,30		13,50		7,80



Şekil 6.Önemli parametrelerin 20 haftalık grafiksel değişimi

4.6. Yüzeysel Su Analizleri

Pasa depo alanı yakınında bulunan 3 adet yüzeysel su kaynağı doğal ortamda Asit Maden Drenajı oluşumlarının araştırılması amacı ile aylık periyotlarda izlenmiş olup analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tablo 16
Göl-1 analiz sonuçları

Numune Alma Yeri	Harman Sahası Göl-1													
	Koordinat					40,044616					27,010896			
Numune Alma Tarihi	4.08.21	20.09.21	27.10.21	23.11.21	30.12.21	31.01.22	28.02.22	30.03.22	14.04.22	24.05.22				
Parametre/Dönem	2021-08	2021-09	2021-10	2021-11	2021-12	2022-01	2022-02	2022-03	2022-04	2022-05				
Alkalinite(mg/L)	343,2	218,4	29,8	337,4	239,2	254,3	358,6	357,4	365,0	344,2				
Antimon(mg/L)	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	0,041				
Arsenik(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,040				
Asidite(mg/L)	0,0	0,0	660,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Bakır(mg/L)	0,021	0,012	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	<0,005	0,022				
Baryum(mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
Civa(mg/L)	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	0,002	0,002				
Çinko(mg/L)	0,010	<0,01	0,271	0,005	0,102	0,101	0,053	0,009	0,028	<0,003				
Çözünmüş Oksijen(mg/L)	5,38	5,7	8,58	9,72	10,53	10,21	10,68	10,05	9,65	7,85				
İletkenlik(µS/cm)	5520	5660	1108	4670	2680	2150	3490	3610	3540	3780				
Kadmiyum(mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003				
Kurşun(mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
Molibden(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,015				
Nikel(mg/L)	0,012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				
pH(-)	7,93	7,65	6,65	7,64	8,75	7,12	7,45	7,93	7,34	7,47				
Selenyum(mg/L)	<0,05	0,055	<0,05	0,066	<0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,078	0,123				
Sülfat(mg/L)	2901,7	3083,3	4464,5	3312,4	810,8	950,4	2059,1	679,1	716,5	825,8				
Toplam Krom(mg/L)	<0,01	<0,01	0,038	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,036				

Tablo 17

Göl-2 analiz sonuçları

Numune Alma Yeri	Göl-2									
	Koordinat									
	40,052041 26,99404									
Numune Alma Tarihi	4.08.21	20.09.21	27.10.2021	23.11.21	30.12.21	31.01.22	28.02.22	30.03.22	14.04.22	24.05.22
Parametre/Zaman	2021-08	2021-09	2021-10	2021-11	2021-12	2022-01	2022-02	2022-03	2022-04	2022-05
Alkalinite(mg/L)	350,0	211,0	343,0	302,8	21,0	115	285,4	333,0	340,2	337,4
Antimon(mg/L)	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	0,014
Arsenik(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,040	<0,01	<0,01	<0,01	0,040	0,031
Asidite(mg/L)	26,0	29,0	97,0	0,0	1106,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bakır(mg/L)	0,031	0,016	<0,01	0,012	0,056	0,021	0,014	<0,005	<0,005	0,025
Baryum(mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	0,051	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Civa(mg/L)	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	0,002	0,002
Çinko(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,003	0,687	0,132	0,088	<0,003	0,032	<0,003
Çözünmüş Oksijen(mg/L)	6,12	6,22	8,55	10,13	9,96	10,35	11,07	9,67	9,77	8,46
İletkenlik(µS/cm)	1150	3520	4770	3340	11400	3150	2450	2320	2670	2750
Kadmiyum(mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,003	0,008	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Kurşun(mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molibden(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nikel(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,166	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pH(-)	7,71	7,45	8,62	7,63	5,46	6,55	7,19	7,46	7,55	7,33
Selenyum(mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	0,043	0,106	0,098	0,076	<0,01	0,065	0,091
Sülfat(mg/L)	2782,7	2426,4	3341,2	2268,1	1592,6	1565,4	1537,5	801,0	830,4	831,5
Toplam Krom(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tablo 18

İnceçay analiz sonuçları

Numune Alma Yeri	İnceçay Deresi									
	Koordinat									
	40,03686 27,035857									
Numune Alma Tarihi	4.08.21	20.09.21	27.10.21	23.11.21	30.12.21	31.01.22	28.02.22	30.03.22	14.04.22	24.05.22
Parametre/Zaman	2021-08	2021-09	2021-10	2021-11	2021-12	2022-01	2022-02	2022-03	2022-04	2022-05
Alkalinite(mg/L)	348,2	180,4	38,6	30,0	238,6	210,2	156,2	226,0	146,0	257,0
Antimon(mg/L)	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	0,017	0,026
Arsenik(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,140	0,031
Asidite(mg/L)	51,0	0,00	461,4	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	813,8	0,0
Bakır(mg/L)	0,021	0,020	<0,01	0,040	0,017	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,016
Baryum(mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,342	<0,05	<0,05	0,039
Civa(mg/L)	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	0,002	0,002
Çinko(mg/L)	<0,01	0,063	0,168	0,149	0,154	0,101	0,087	0,068	0,274	<0,003
Çözünmüş Oksijen(mg/L)	4,82	5,12	11,48	10,34	11,61	10,93	11,1	10,66	9,09	7,96
İletkenlik(µS/cm)	2550	3220	2950	3630	2020	1011	832	1728	9380	1950
Kadmiyum(mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,007	<0,003

Tablo 18' in devamı

Kurşun(mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,065	<0,05
Molibden(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nikel(mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	0,022	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,059	<0,01
pH(-)	6,90	7,94	8,42	7,96	8,65	6,9	7,40	8,25	6,3	7,78
Selenyum(mg/L)	<0,05	0,054	<0,05	0,072	<0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,117	0,081
Sülfat(mg/L)	2722,3	2026,2	4617,7	2647,9	725,1	415,2	275,9	808,1	776,7	815,3
Toplam Krom(mg/L)	<0,01	<0,01	0,039	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

BEŞİNCİ BÖLÜM BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sülfürlü Kömür Maden sahalarında bulunan pasa depo alanlarının, asit üretim potansiyelinin belirlenmesine yönelik yürütülen kinetik test (nem hücresi testi) çalışmalarında elde edilen analiz sonuçlarına göre aşağıdaki bulgular tespit edilmiştir.

Elde edilen ölçüm ve analiz sonuçları PD CEN TR 16363-2012 “Characterization of waste Kinetic testing for assessing acid generation potential of sulfidic waste from extractive industries” standardı referans alınarak yorumlanmıştır.

1. Numunelerde Asidik özellik gösterebilecek Oksit ve Sülfat Grubu mineraller düşük oranlarda bulunurken, ağırlıklı olarak Nötralizasyon Potansiyeli bulunan Silikat ve Karbonat grubu mineraller tespit edilmiştir. Nötralizasyon potansiyeli bulunan mineraller incelendiğinde ise nötralize etme kapasitesi karbonatlara göre daha düşük olan silikatların ağırlıklı olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Numunelerin mineralojik tanımlamasında majör kükürt kaynakları olarak jips ve pirit mineralleri saptanmıştır. Jipsin asiditeyi arttıran ya da azaltan etkisi yoktur. Pirit ise hidroliz ve oksidasyona uğradığında suya proton bırakarak ortam asitliğini arttırmaktadır.
2. pH değerleri 5,24 ile 8,80 arasında değişmekte olup ortalama 7,40 olarak ölçülmüştür. pH değerleri genel olarak 8. Haftalık süreçte yükselmiş olup 8. Hafta ile 40. Hafta arası düşmeye başlayarak sabit bir eğriden seyretmiştir. Yapısında nötralizasyon potansiyeli yüksek olan karbonatlı mineralleri buldurmeyen numunelerdeki pH değeri, karbonatlı mineraller numunelere göre daha düşüktür. Numuneler asidik karakter göstermemektedir.
3. Alkalinite sonuçları incelendiğinde yapısında karbonatlı minerallerin bulunduğu numunelerin sonuçlarının, daha çok silikatlardan oluşan numunelere göre yüksek olduğu görülmektedir.
4. 20 Haftalık Toplam Sülfat Salınım konsantrasyonlarına bakıldığında ÇN-45 < ÇN-6 < ÇN-1 < ÇN-77 sıralaması olduğu görülmektedir. Numunelerin Sülfat salınımları

20. Hafta sonunda ortalama 226 mg değerlerine kadar düştüğü görülmektedir. Yapısında Pirit ve Jips içeren numunelerin daha yüksek Sülfat salınımı yapmış olduğu tespit edilmiştir. Sülfat salınımına sebep olan minerallerin 20 haftalık süreçte büyük bir ölçüde tükendiği görülmüştür.
5. Karbonat minerali içeren numunelerin, Silikat gruplarının ağırlıklı olarak numunelere göre iletkenlik sonuçlarının daha yüksek olduğu ve haftalık analizlerde giderek düştüğü gözlemlenmiştir. Numunelerin geneli incelendiğinde 10. Hafta itibari ile numunelerde bulunan iyonlarının çözünmesinin yavaşladığı ve bu sebeple iletkenlik değerlerinin stabil hale geldiği görülmektedir.
6. Süzülen suların düşük pH koşulları altında mobilize olan Cd, Co, Cu, Zn, Pb ve Ni elementlerinin toplamı dikkate alınarak Ficklin metal değeri, tüm numunelerde hesaplanmıştır. Ficklin metali ile pH arasındaki ilişkiye göre nötr koşullar altında pasa numunelerinin Ficklin metal değeri 1000 µg/L' nin altında olduğu için düşük metal salınımı ile karakterize edilmiştir.
7. Numunelerin sızıntı oranları hesaplandığında ÇN-45 < ÇN-1 < ÇN-77 < ÇN-6 < ÇN-7 sıralaması olduğu görülmektedir. ÇN-45 kodlu numunenin 2. Hafta sonrası, ÇN-1 kodlu numunenin 6. Hafta sonrası, sızdırmaz tabaka oluşturduğu tespit edilmiştir. Bunun durum numunelerin hidrolik yapılarından kaynaklanmaktadır.
8. Numunelerin pH değerlerine bakıldığında 20 Haftalık süreçte numunelerde Asit Oluşumu yoktur. Bunun sebebi Sülfat salınımlarının yanında kolayca çözünebilir nötralleştirici minerallerin var olduğu ve üretilen hidrojen iyonlarının tüketimine sebep olduğu, bunda alkaliniteyi oluşturduğu söylenebilir.
9. Asit tüketen reaksiyonların tanımlanması, asit üretim hızına yanıt olarak Nem hücresi testleri kullanılarak ve sülfür oksidasyonunun su doygunluğu ile durdurulduğu bir sistemde kesikli reaktör veya reaktörden akış kullanılarak yapılabilir. Hızlı asit tüketen mineraller kalsiyum karbonat mineralleri olacaktır, bu nedenle sızıntı suyundaki kalsiyum ve magnezyum değerleri, asit tüketen minerallerin göstergelerini verecektir. Silikat mineralleri (özellikle kalsiyum açısından zengin plajiyoklaz ve mafik mineraller) de asit tüketme potansiyeline sahiptir. 20 Haftalık sızıntı suları

sonuçlarına bakıldığında hızlı asit tüketen Ca+Mg değerlerinin ortalama 91,8 mg, olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar minerolojik testlerde elde edilen sonuçları desteklemektedir.

10. Malzemenin ne zaman asidik hale geleceğini değerlendirirken Nötralizasyon Potansiyeli tüketim zamanı ve Asit Potansiyeli tüketim zamanının hesaplanması kullanılabilir. Eğer nötralizasyon potansiyeli tüketimi asit potansiyelinden daha uzun bir zamanda ise malzemelerin asit üretmeyeceği söylenebilir. Bu hesaplama için numuneleri Sülfat üretim oranları yani toplam üretilen asidite önemlidir. Buna göre numunelerin AP, NP' den daha önce tükeneceğinden pasa numunelerinin **uzun vadede asit üretemeyeceği öngörülmektedir.**

11. Pasa depolama sahası çevresinde 2 adet yüzeysel drenaj ile dolmuş ve göl bulunmakta olup bir adet dere de pasa alanının sınırından akış yapmaktadır. Pasa sahasında bulunan bu yüzeysel su kaynaklarında zaman içerisinde AMD için uygun koşulların bir araya gelmesi ile (pirit+nem+hava), asidik özellik kazanma ihtimali bulunması sebebi ile 10 ay süresince izleme numuneleri alınmıştır. Bu kaynakların fizikokimyasal parametreleri incelendiğinde oldukça yakın su kalitesi özellikleri gösterdiği görülmüştür. Göllerde elde edilen Sülfat ve Asidite sonuçları incelendiğinde özellikle yağışların artış gösterdiği kış aylarında yüksek değerlerin ölçüldüğü saptanmıştır. Bu aylarda asidite ve Sülfat konsantrasyonlarının yanı sıra metal salınımlarında da artış gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

Paktunç, A.D. and Dave, N.K., 2002, Formation of secondary Pyrite and Carbonate minerals in the Lower Williams Lake tailings basin, Eliot Lake, Ontario Canada, *American Mineralogist*, 87, 593-602.

Prof. Dr. Cengiz KARAGÜZEL (2020) “Türkiye Kömür İşletmeleri Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü Çanakkale İli Çan İlçesi Ir:3378 Ruhsat Numaralı Açık Ocak İşletmesine Ait Pasa Sahalarının Asit Üretim Potansiyelinin Belirlenmesine Ve Çözüm Önerilerine Yönelik Ar-Ge Projesi” KÜTAHYA DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü)

Enver Akaryalı, Mehmet Ali Gücer,, Selçuk Alemdağ (2018)“Atık Barajı Rezervuarı ve Cevher Stok Alanlarında Asit Maden Drenajı (AMD) Oluşumunun Değerlendirilmesi: Gümüşhane Örneği” Araştırma Makalesi / Research Article, *Doğ Afet Çev Derg*, 2018; 4(2): 192-209.

Nicholson, R.V. and Scharer, J.M., 1994, Laboratory studies of pyrrhotite oxidation kinetics. In Alpers, C.N. and Blowes, D.W. (Eds.) *Environmental geochemistry of sulfide oxidation*. Am. Chem. Soc. Symp. Ser. 550. 14-30,

Fergusson, K. D and Erickson, P. M., 1988, *Pre-Mine Prediction of Acid Mine Drainage*. Springer- Verlag, Newyork, pp. 24-43.

White, W.W. III., Lapakko, K.A. and Cox, R.L., 1999, Static-test methods most commonly used to predict acid-mine drainage: practical guidelines for use and interpretation, In: *Reviews in Economic Geology*, V. 6A, The environmental geochemistry of mineral deposits, Part A: Processes, techniques, and health issues, Plumlee, G.S. and Logsdon, M.J. (eds.), Society of Economic Geologists, Inc., Littleton, CO, p. 325-338.

Salmon U., 2003, *Geochemical modelling of acid mine drainage in mill tailings: quantification of kinetic processes from laboratory to field scale*. TRITA-LWR PhD, p 51.

Bowell R.J., Rees S.B., Parshley J.V., May 2000, *Geochemical predictions of metal leaching and acid generation: geologic controls and baseline assessment*, in Cluer, J.K., Price, J.G., Struhsacker, E.M., Hardyman, R.F., and Morris, C.L., eds., *Geology and ore*

Deposits 2000: The Great Basin and Beyond: Geological Society of Nevada Symposium Proceedings, Reno/Sparks, p. 799-823.

Lawrence, R. W., 1990, Mining and Mineral Processing Wastes, F. M. Doyle, Ed., Proceedings of the Western Regional Symposium on Mining and Mineral Processing Wastes, Berkeley, CA, AIME, Littleton, CO, pp. 115–121.

Price, W.A., Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials. MEND Report 1.20.1, Canada, 2009

Global Acid Rock Drainage (GARD) Guide 2009. The International Network for Acid Prevention (INAP). available on the web at: <http://www480.pair.com/aturner/gardwiki/>



EKLER

EK 1

ÇALIŞMA SAHASI UYDU GÖRÜNTÜSÜ

