



**MENEMEN (İZMİR) MALTEPE KÖYÜ CİVARI
ATIK DEPOLAMA ALANININ JEOLJİK VE
JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ**

Elanur DÜĞENCİOĞLU

Prof. Dr. Ekrem KALKAN
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
2022
(Her hakkı saklıdır.)

T.C
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**MENEMEN (İZMİR) MALTEPE KÖYÜ CİVARI ATIK DEPOLAMA ALANININ
JEOLOJİK VE JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ**

(Geological and Geotechnical Investigation of the Waste Storage Area Around Menemen
(İzmir) Maltepe Village)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elanur DÜĞENCİOĞLU

Danışman: Prof. Dr. Ekrem KALKAN

Erzurum
Kasım 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Elanur DÜĞENCİOĞLU tarafından hazırlanan “Menemen (İzmir) Maltepe Köyü Civarı Atık Depolama Alanının Jeolojik ve Jeoteknik Açından İncelenmesi” başlıklı çalışması 08 / 11 / 2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Babak KARIMI GHALEHJOUGH Aslı ıslak imzalıdır
Erzurum Teknik Üniversitesi

Danışman: Prof. Dr. Ekrem KALKAN Aslı ıslak imzalıdır
Atatürk Üniversitesi

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Necmi YARBAŞI Aslı ıslak imzalıdır
Atatürk Üniversitesi

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgilimaddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı ıslak imzalıdır

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

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Prof. Dr. Ekrem KALKAN* danışmanlığında sunulan “Menemen (İzmir) Maltepe Köyü Civarı Atık Depolama Alanının Jeolojik ve Jeoteknik Açısından İncelenmesi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	17	30
Kuramsal Temeller	23	30
Materyal ve Yöntem	20	35
Bulgular	10	20
Tartışma	10	20
Tezin Geneli	15	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Elanur DÜĞENCİOĞLU	Prof. Dr. Ekrem KALKAN
08.11.2022	08.11.2022
İmza:Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve.....sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MENEMEN (İZMİR) MALTEPE KÖYÜ CİVARI ATIK DEPOLAMA ALANININ JEOLOJİK VE JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Elanur DÜĞENCİOĞLU

Danışman: Prof. Dr. Ekrem KALKAN

Gelişmekte olan ülkemiz endüstri, sanayi ve maden sektörlerinde önemli ilerlemeler kaydetmektedir. Bu sektörlerde oluşmakta olan sanayi ve endüstri ürünleri, işlenmekte olan cevherler üretimi ve işlenmesi ile birlikte atıklar oluşturmaktadır. Oluşmakta olan bu atıklar için en önemli koşul çevresel olarak olumsuz bir etki yaratmaması ve canlıların sağlığını tehdit etmemesidir. Bu nedenle atıkların bertarafının en uygun şekilde sağlanması gerekmektedir ve atık depolama alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Atıkların depolanacağı alanlar bulunduğu bölgenin iklim şartlarına, deprem durumuna, yeraltı suyu seviyesine kısacası jeolojik ve jeoteknik özelliklerine bağlıdır. Bu kapsamda İzmir ili Menemen ilçesi Maltepe Köyü civarında sanayi faaliyetlerine devam etmekte olan Serbest Bölge, içerisinde bulunan atık depolama alanlarının jeolojik ve jeoteknik açıdan incelenmesi hedeflenmiştir.

Tez kapsamında; inceleme alanı ve çevresinde jeolojik birimler, jeoteknik ve hidrojeolojik özellikler, tasarıma yönelik hesaplama ve kriterler (Zemin sınıfı, indeks özellikler, taşıma gücü, oturma, şişme, atık ve şev stabilitesi, sıvılaşma durumu, permeabilite) değerlendirilmiştir. Bu kapsamda alanda yapılmış olan sondajlar, arazi ve laboratuvar deneyleri ve sonlu eleman analizi sonuçları baz alınmıştır.

Urla K17 paftasında bulunan inceleme alanı jeolojik açıdan alttan üste doğru doğru Miyosen dönemlerine ait Yuntdağ volkanitleri bunlar üzerinde Aliğa formasyonu olarak adlandırılan uyumsuz dokanaklı kil-kum-kireçtaşı silttaşı, konglomera ardalı, Miyosen döneminde oluşmuş sediman çökeller bulunmaktadır. Bölgede karmaşık bir şekilde bulunan kuvaterner alüvyonlar birimlerin örtüsü niteliğinde gözlenebilmektedir. Yapılmış olan sondajlarda yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Bölgede yapılmış olan sondajlarda Neojen yaşlı kilitaşı tabakalarına rastlanmış olup zemin sınıfı CL olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında belirlenen farklı atıklar depolanan üç adet atık depolama alanına dair incelemelere göre yer seçimi, sondaj ve deney verileri, stabilite ve duraylılık analizleri, kapsamında yönetmeliklere, mühendislik parametrelerine uygun ve çevresel olarak zarar oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır.

Kasım 2022, 96 sayfa

Anahtar Kelimeler: Atık Depolama Tesisi, jeolojik-jeoteknik, harita, deneyler, inceleme, sonlu eleman analizi.

ABSTRACT

MASTER THESIS

GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF THE WASTE STORAGE AREA AROUND MENEMEN(İZMİR) MALTEPE VILLAGE

Elanur DÜĞENCİOĞLU

Supervisor: Prof. Dr. Ekrem KALKAN

Our developing country is making significant progress in industry, industry and mining sectors. Industry and industrial products that are formed in these sectors create wastes together with the production and processing of ores being processed. The most important condition for these wastes is that they do not have a negative impact on the environment and do not threaten the health of living things. For this reason, it is necessary to ensure the disposal of wastes in the most appropriate way and waste storage areas are needed. The areas where the wastes will be stored depend on the climatic conditions of the region, the earthquake situation, the groundwater level, in short, the geological and geotechnical characteristics. In this context, it is aimed to examine the waste storage areas in the Free Zone, which continues its industrial activities in the vicinity of Maltepe Village in Menemen district of İzmir, from a geological and geotechnical point of view.

Within the scope of the thesis; Geological units, geotechnical and hydrogeological properties, calculations and criteria for design (Soil class, index properties, bearing capacity, settlement, swelling, waste and slope stability, liquefaction status, permeability) were evaluated in and around the study area. In this context, the results of drilling, field and laboratory experiments and finite element analysis were taken as a basis.

Geologically, the study area in the Urla K17 sheet contains Yuntdağ volcanics belonging to the Miocene periods from the bottom to the top, and on these, there are unconformable contact clay-sand-limestone siltstone, conglomerate intercalation, sedimentary sediments formed in the Miocene period, called the Aliğa formation. Quaternary alluviums found in a complex form in the region can be observed as the cover of the units. No groundwater was found in the drillings. Neogene aged claystone layers were encountered in the soundings made in the region and the soil class was determined as CL.

According to the examinations of the three waste storage areas, where different wastes are stored in the study area, it has been concluded that the site selection, drilling and test data, stability and stability analyzes are in accordance with the regulations, engineering parameters and will not cause environmental damage.

November 2022, 96 pages

Keyword: Waste storage area, geological-geotechnical, map, experiments, investigation, finite element analysis.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için vaktini ayıran, beni yönlendiren, önerilerini ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ekrem KALKAN'a saygılarımı ve teőekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda her türlü veriyi sağlayan İZMİR SERBEST BÖLGE A.Ő. 'ye ve evre Altyapı Müdürü olarak görev yapmakta olan zgn UZUNCAN' a, desteklerini ve önerilerini esirgemeyen HİDRO GRUP SU YAPILARI DENETİM ve MÜHENDİSLİK HİZ. ve başta İ.mit ERDEM olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma, BALGAT MÜHENDİSLİK'e teőekkürlerimi sunarım. Tez hazırlama çalışmalarında Plaxis2D lisansını kullanmamı sağlayan Atatürk niversitesi imkanlarına teşekkür ederim.

Tezimin oluşmasına büyük katkı sağlayan; öncelikle aileme, fikirlerini esirgemeyen arkadaşlarıma ve danıştığım herkese içtenliğimle teşekkür ederim.

Elanur DüğENCİOğLU

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ	xii
GİRİŞ.....	14
İnceleme Alanı Konumu	14
Jeomorfolojik Durum	17
Hidrolojik Durumu	18
İklim Özellikleri	19
Bitki Örtüsü.....	20
KURAMSAL TEMELLER.....	22
Atık Depolama Alanlarının Tasarımı.....	22
Sınıflandırma.....	22
Projelendirme çalışmaları.....	22
Yer seçimi	23
İnşaat aşamaları	24
Kazı çalışmaları.....	25
Gövde dolguları.....	26
Drenaj sistemleri	27
Kaplama (geçirimsizlik-drenaj) sistemleri	27
a. Doğal geçirimsizlik sistemleri.....	27
b. Yapay kaplama sistemleri	28
Gözlem kuyuları.....	30
Gaz toplama bacaları.....	30
Çevre koruma yapıları.....	30
Atık depolama alanının rehabilitasyonu (kapatılması)	31

Önceki Çalışmalar	31
MATERYAL VE METOD	37
Materyal	37
Atık depolama alanı	37
Depolanacak atıklar.....	37
Bölgesel jeoloji	38
a. Menderes masif metamorfikleri	41
b. Karaburun kuşağı	41
c. Bornova karmaşığı	42
d. Tortul kayalar	42
e. Volkanik kayalar	43
f. Alüvyon	43
Yapısal jeoloji	43
a. Faylar.....	44
b. Bindirmeler	44
Doğal afet riski.....	44
Metod	48
Sondajlar	48
Arazi deneyleri	49
Laboratuvar deneyleri	50
ARAŞTIRMA BULGULARI	54
Sondaj Çalışmaları	54
Arazi Çalışmaları	58
a. SPT	58
b. Permeabilite.....	58
Laboratuvar Çalışmaları.....	60
a. Su İçeriği ve Birim Hacim Ağırlığı.....	60
b. Tane Boyu Dağılımı	61
c. Kıvam Limitleri.....	63
d. Basınç dayanımı parametreleri.....	65
e. Şişme kabarma durumu	67
Yeraltı Suyu Durumu	68
Deprem Durumu.....	68
Sıvılaşma Durumu.....	70
İnceleme Alanının Atık Depolama Alanı Olarak Kullanıma Uygunluk Durumu.....	71

Atık Depolama Alanları	72
Atık malzemelere ait mekanik özellikler	73
İnceleme alanı taban kayası ve zemin malzemesi özellikleri.....	74
Sonlu elemanlar ile sedde ve atık malzemelere ait stabilite-duraylılık analizleri.....	75
a. Aşamalı inşaa durumuna göre analiz	78
b. Güvenlik katsayısı analizi	85
c. Dinamik analiz	85
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	89
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	94



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. İzmir Yeraltı Suyu Kuyularına Ait Bilgiler.....	19
Tablo 2. İnceleme Alanının 1938-2021 Yılları Arasına Ait Sıcaklık Verileri.....	19
Tablo 3. 1938-2021 yıllarına ait basınç, buharlaşma, nem ve rüzgâr verileri	20
Tablo 4. Lot Numaralarına Göre Atıkların İçeriği.....	38
Tablo 5. Zeminlerin SPT-N Değerine Göre Tanımlanması.....	50
Tablo 6. Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırılması.....	52
Tablo 7. Standart Penetrasyon Deneyi Sonuçları	58
Tablo 8. Permeabilite Deneyi Sonuçları	59
Tablo 9. Kayaçların Tahmini Permeabilite Değerleri.....	60
Tablo 10. Su içeriği ve birim hacim ağırlık deney sonuçları.....	61
Tablo 11. Elek analizi deney sonuçları.....	61
Tablo 12. Sondaj Kuyularından Alınan Örneklerin Kıvam Limit Değerleri	64
Tablo 13. Plastisite Derecesi Tanımlama Ölçütleri	64
Tablo 14. Plastisite Derecesi Tanımlama Ölçütleri	64
Tablo 15. Kohezyonlu Zeminlerin Kıvamlılık İndeksi Tanımlama Ölçütleri	65
Tablo 16. Zeminlerin Sıkışabilirliği.....	65
Tablo 17. İnce Daneli Zeminlerin Kuru Dayanım, Genleşme ve Sağlamlık Ölçütleri.....	65
Tablo 18. Üç Eksenli Basınç Deneyi Verileri.....	66
Tablo 19. Sondaj Kuyularına Ait Zemin Örneklerinin Zeminin Taşıma Gücü Değerleri.....	67
Tablo 20. Şişme Parametrelerine Ait Deney Sonuçları	68
Tablo 21. İndeks Özelliklerine Göre Zeminlerin Şişme Yüzdesi ve Derecesi	68
Tablo 22. Sismik Tehlike Haritasına ait bilgilerin özet verileri.....	69
Tablo 23. Sıvılaşma riskinin hesaplanmasına dair veriler	71
Tablo 24: Atık depolama alanlarına ait bilgiler.....	72
Tablo 25. İnceleme Sahası Taban Kayası Mekanik Özellikleri.....	74
Tablo 26. Sonlu Eleman analizlerinde dikkate alınan malzeme model ve parametreleri.....	76
Tablo 27. Atık depolama alanı inşaatı sonrası düğüm noktalarına ait yerdeğiştirme verileri.	81
Tablo 28. Atık dolumu tamamlandıktan sonraki düğüm noktalarına ait yerdeğiştirme verileri	84
Tablo 29. Dinamik analiz sonrası düğüm noktalarına ait yerdeğiştirme verileri.....	88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Yer bulduru haritası	15
Şekil 2. İnceleme alanının yerleşim yerlerine göre konumu ve yakın yerleşim yerlerine göre mesafelerini gösteren uydu görüntüsü	17
Şekil 3. Atık depolama tesisi genel yerleşim planı örneği	23
Şekil 4. Atık depolama alanlarının inşaat aşamaları	25
Şekil 5. Atık depolama tesisi	25
Şekil 6. Alt drenaj sistemi	27
Şekil 7. Jeotekstil.....	28
Şekil 8. Jeokompozit	29
Şekil 9. Geosentetik kil örtü	29
Şekil 10. Jeomembran	30
Şekil 11. Atık depolama alanının konumu	37
Şekil 12. İnceleme alanına ve çevresine ait 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası.....	39
Şekil 13. İnceleme alanının stratigrafik kesiti	40
Şekil 14. 1950-2008 arası Afete Uğraşmış Yerleşim Birimleri Haritası.....	45
Şekil 15. Bölgeye ait Deprem Haritası	45
Şekil 16. İzmir ve çevresinde tarihsel dönemdeki depremlerin diri fay haritasındaki yayılımı.	46
Şekil 17. İzmir çevresinde son yüzyılda gerçekleşen depremlere ait ($M > 5$) diri fay haritasındaki dış merkez dağılımları..	47
Şekil 18. İnceleme alanına ait sondaj lokasyon haritası	48
Şekil 19. Sondaj yapılırken görseller	49
Şekil 20. Basınçsız permeabilite deney düzeneği	51
Şekil 21. Ödometre deney düzeneği.....	53
Şekil 22. SK-1 kuyusu sondaj logu	55
Şekil 23. SK-2 kuyusu sondaj logu	56
Şekil 24. SK-3 kuyusu sondaj logu	57
Şekil 25. Sondaj kuyularına ait derinliğe göre permeabilite değeri değişimi	59
Şekil 26. SK-1 kuyusu için granülometri eğrileri.....	62
Şekil 27. SK-2 kuyusu için granülometri eğrileri.....	62
Şekil 28. SK-3 kuyusu için granülometri eğrileri.....	62
Şekil 29. Üç Eksenli Basınç Deneyi.....	66
Şekil 30. Şişme Potansiyeli	67

Şekil 31. İnceleme alanına ait Türkiye Deprem Tehlike Haritası	69
Şekil 32. Atık depolama alanlarına ait enkesitler.....	73
Şekil 33. Depolama sahalarının her iki tarafındaki yol üzerine gelen hareketli yüklerinin gösterimi	75
Şekil 34. 1 nolu atık depolama alanına ait modelleme.....	77
Şekil 35. 2 nolu atık depolama alanına ait modelleme.....	77
Şekil 36. 3 nolu atık depolama alanına ait modelleme.....	77
Şekil 37. Yeraltı suyu seviyesi belirleme	78
Şekil 38. Boşluk suyu basıncı	78
Şekil 39. Atık dolumu öncesindeki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-1 nolu alan....	79
Şekil 40. Atık dolumu öncesindeki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-2 nolu alan....	80
Şekil 41. Atık dolumu öncesindeki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-3 nolu alan....	81
Şekil 42. Atık dolumu sonrasındaki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-1 nolu alan...	82
Şekil 43. Atık dolumu sonrasındaki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-2 nolu alan...	83
Şekil 44. Atık dolumu sonrasındaki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-3 nolu alan...	84
Şekil 45. Dinamik analiz sonrası deformasyon durumu ve düğüm noktaları-1 nolu alan	86
Şekil 46. Dinamik analiz sonrası deformasyon durumu ve düğüm noktaları-2 nolu alan	87
Şekil 47. Dinamik analiz sonrası deformasyon durumu ve düğüm noktaları-3 nolu alan	88

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

ADDDY	Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ASTM	Amerikan Malzeme ve Test Derneği
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
c	Kohezyon
cm	Santimetre
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DDT	Düzenli Depolama Tesisi
DSİ	Devlet Su İşleri
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
EPDM	Etilen propilen kauçuğu (Ethylene Propylene Diene Monomer)
g	Yerçekimi ivmesi
gr	Gram
Gk	Güvenlik katsayısı
Gs	Özgül ağırlık
H	Yükseklik
HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen (High Density Polyethylene)
I	Yağış şiddeti
I _c	Kıvam indeksi (Relatif Konsistans)
İDSDMP	İzmir Deprem Senaryosu Deprem Master Planı
İZBAŞ	İzmir Serbest Bölge A.Ş.
k	Permeabilite (Geçirimsizlik) katsayısı
KAMAG	Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme
kg	Kilogram
km	Kilometre
kN	Kilonewton
kPa	Kilopascal
LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen (Low Density Polyethylene)
LL	Likit Limit
M	Magnitüd
m	Metre

mm	Milimetre
Mpa	Mega pasgal
MTA	Maden Tetkik Arama
n	Sürtünme katsayısı
N	Standart penetrasyon deneyi (SPT) darbe sayısı
N_c, N_q, N_γ	Taşıma gücü katsayıları
P	Kütle
PGA	En büyük yer ivmesi
PGV	En büyük yer hızı
PI	Plastisite indisi
PL	Plastik Limit
r	Yarıçap
R	Hidrolik yarıçap
SK	Sondaj kuyusu
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi
t	Zaman
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
T	Doğal titreşim periyodu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
q_k	Temel taşıma gücü karakteristik dayanımı
USCS	Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi
USGS	Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (United States Geological Survey)
V_s	Kayma dalgası hızı
w	Su muhtevası
w_L	Likit limit
w_p	Plastik limit
w_s	Kuru numune ağırlığı
ρ	Birim hacim kütlesi
ϕ	İçsel sürtünme açısı

GİRİŞ

Dünya üzerinde gerçekleşmekte olan üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda farklı yapılarda atıklar ortaya çıkmaktadır. Oluşan bu atıkların insan, canlı yaşamına zarar vermemesi ve olumsuz çevresel etkiler yaratmaması için atık yönetim planları oluşturulmalıdır. Oluşturulması gereken bu yönetim planları, atıkların oluşumunun önlenmesi ve/veya kaynağında azaltılması, tekrar kullanılabilmesi, türlerine göre sınıflandırılması, ayrıştırılması ve biriktirilmesi ardından atıkların taşınması ve bir araya toplanarak uygun koşullara getirilerek bertarafı, bertarafının izlenmesi ve denetlenmesi de dahil olmak üzere atık yönetimi ile ilgili tüm faaliyet ve süreçleri içerir. Bertaraf edilmesi ile ilgili yakma, sıkıştırma, geri dönüştürme, uzaklaştırma, kompostlaşma ve düzenli depolama gibi yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en uygun olanı düzenli depolama alanlarının oluşturulmasıdır. Düzenli depolama alanlarında en öncelikli amaç, uygun depolama faaliyetlerinin oluşturulmasıdır. Bu depolama faaliyetleri öncesi; yasal mevzuat ve yönetmelikler çerçevesinde en uygun mühendislik tasarımın sağlanmış olması gerekmektedir.

Bu çalışmada, hali hazırda faaliyeti devam etmekte olan İzmir Serbest Bölge A.Ş. 'de üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda çıkan atıkların düzenli depolanması için projelendirilen atık depolama alanı; İzmir ili, Menemen ilçesi, Maltepe Köyü civarında, 1/25.000 ölçekli haritada K17-C3 paftasında yer almaktadır.

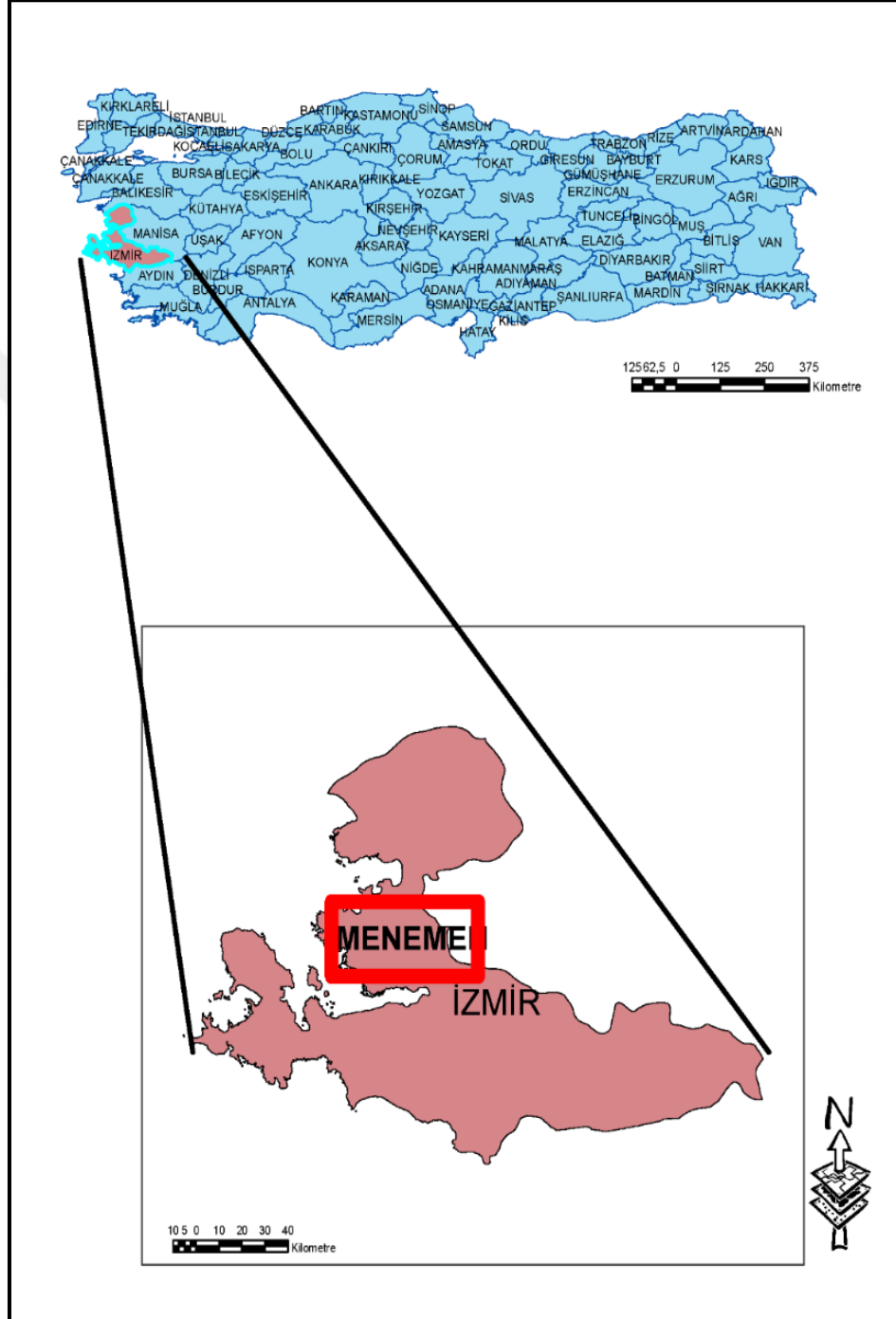
Depolama alanında Aliğa Formasyonuna ait uyumsuz dokanıklı kil-kum-kireçtaşı silttaşı, konglomera ardalımalı, Miyosen döneminde oluşmuş sediman çökeller bulunmakta ve bölgede karmaşık yapıda bulunan Kuvaterner alüvyonlar birimlerin örtüsü niteliğinde gözlenebilmekte tabana doğru Miyosen dönemlerine ait Yuntdağ volkanitlerine rastlanmaktadır.

İnceleme Alanı Konumu

İnceleme alanı, İzmir il merkezine 50 km, Menemen ilçesine 15 km, Maltepe Köyü'ne ise 3 km mesafededir (Şekil 1). İnceleme alanı ve komşu yerleşim yerlerine göre konumunu gösteren uydu görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir. Sahanın doğusunda Menemen ilçesi, kuzeydoğusunda Aliğa ilçesi, kuzeybatısında Foça ilçesi, batı kıyısının karşısında ise Karaburun yer almaktadır.

Menemen ilçesi, İzmir iline bağlı olup şehir merkezine 35 km uzaklıkta bulunmaktadır. Deniz seviyesinden 20 m yükseklikte, Anadolu yarımadasında İzmir-Afyon, İzmir-Bandırma

demiryolu, İzmir Bergama-Ayvalık-Çanakkale karayolu üzerinde transit merkezine yakın mesafede olup önemli bir konumdadır. Doğuda Manisa ili, batıda Foça ilçesi, kuzeyde Aliğa ilçesi, güneyde Çiğli ilçesi ile çevrili olup özellikle İzmir Körfezi'ne yakın bir mesafede bulunmakta olup yüzölçümü 665 km²'dir. İlçede; Asarlık, Emirâlem, Harmandalı, Koyundere, Maltepe, Seyrek, Türkeli ve Ulukent olmak üzere 8 belde, 38 mahalle ve 21 köy bulunmaktadır.



Şekil 1. Yer bulduru haritası

Şehir, Yamanlar ve Dumanlı Dağları arasındaki boğazdan başlayarak, denize yelpaze şeklinde uzanan ovada Değirmen Dağı ve Hıdırlık tepeleri üzerinde kurulmuş, Değirmen-tepe ve Hıdırlık Tepeleri'nin yamaç kısımlarından başlayıp kuzeye doğru yayılarak ilerlemektedir.

Menemen kentinde yüzey formlarının genel yönü doğu-batıdır. Batıdan doğuya gidildikçe yükseklik artarken, güneyden kuzeye gidildikçe yükseklik çok az artmaktadır. Gediz deltasının bulunduğu alan düz bir saha olma özelliğine sahiptir. Yamanlar Dağı, Menemen'in güney doğusunda yer almakta olup kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan bu dağın eteklerinde; andezit kütleleri, dağın doğu yamaçlarında ve eteklerinde ise geniş alanları kaplayan tüfler bulunmaktadır. Kompleks olarak yayılan tüfler kısmen lavları örtmektedir. Daha dar bir alanı kaplayan Kretase flişi Menemen Ovası'na gören yamaç kısımlarında, Kretase kalkerleri ise dik bir yapı oluşturarak Manisa Ovası'na doğru inen yamaçlarda belirlemektedir (Günel, 1986). İnceleme alanına yerin bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir.





Şekil 2. İnceleme alanının yerleşim yerlerine göre konumu ve yakın yerleşim yerlerine göre mesafelerini gösteren uydu görüntüsü (Google Earth Pro)

Jeomorfolojik Durum

Menemen'in kuzeyini ve kuzeydoğusunu çevreleyen Dumanlı Dağları 1091 metre yükseklikindedir. Dumanlı Dağı'nın güneyinde Gediz Nehri'nin yerleştiği bir çöküntü alanı bulunmakta ve Dumanlı-Yamanlar Dağları arasında 10 km uzunluğunda dar bir boğaz oluşturmaktadır. 'Menemen Boğazı' olarak adlandırılan dik yamaçlı bu derin vadinin doğusunda, Gediz Ovası Alaşehir'e ve hatta Sarıgöl'e kadar uzanır. Dağın zirvesinde konik bir görünüm gösteren bir çukur alanı vardır, bu çukur alanı batıya açılarak Helvacıköy buraya

kurulmuştur. Kentin güney doğusunda yer alan Yamanlar Dağı'na ait rakım 1075 m'dir. Yamanlar Dağı genç bir volkanik konidir. Fazla giyilmemiştir. Karagöl, Yamanlar Dağı'nda tektonik kayma sonucu oluşan çöküntüye yerleşmiştir. Manisa Dağları ve Yamanlar Dağı'nın oluşturduğu yüksekliğin güneyinde bir çöküntü alanı bulunmakta ve bu çöküntünün batı kısmı denizle kapatılmıştır. Sonucunda ise İzmir Körfezi oluşmuştur. Menemen ilçesinin bazı yerleşim yerleri (Bozalan, Telekler, Turgutlar, Çukur, Görece, Hasanlar, Çalıköy ve Göktepe), Dumanlıdağ ve Yamanlar dağları sırasında yer almaktadır (İzmir Valiliği, 2008).

Hidrolojik Durumu

Çalışma alanında; Gediz Nehri, Emiralem Boğazı'ndan Menemen Ovası'na girerek ova boyunca doğudan batıya doğru kıvrılarak İzmir Körfezi'ne dökülmektedir. Geçmiş zamanlarda; Gediz Nehri'nden gelen ve kontrol altına alınamayan taşkın suları, Kuş Cenneti olarak bilinen deltaya doğru taşınmıştır. Emiralem Boğazı'ndan batıya açılan Menemen Ovası, Gediz Nehri'nin deltasını oluşturur ve tamamen alüvyonlarla kaplıdır. Menemen Ovası'nda akifer özelliği gösteren formasyonlar, alüvyon malzemenin çakıl ve kum içeren düzeylerinden oluşmakta olup, düz kesimlerde Yer Altı Su Seviyesi 5-35 m arasında değişmektedir. Menemen Ovasının yer altı suyu beslenimi; yağışlardan, yüzey akışlarından, Gediz Nehri'nden ve bir miktar da deniz suyundan olmaktadır. Ovada; içme suyu temininde, İZSU tarafından kullanılan Menemen-Çavuşköy kuyuları başta olmak üzere toplam 32 adet derinkuyu bulunmaktadır. Bu derin kuyuların debileri 40-50 lt/sn arasında değişmekte olup, dönüşümlü olarak çalıştırılmaktadır. Ovasının kuzeyinden güneybatısına doğru gidildikçe, yeraltısuyunun kalitesi bozulmakta ve daha güneyde ise yeraltısuyunda tuz içeriği artmaktadır.

Tablo 1. İzmir Yeraltı Suyu Kuyularına Ait Bilgiler

Yeraltı Suyu Kuyuları	Hizmete Giriş Yılı	Kapasite (m ³ /yıl)	Aktif Kuyu Sayısı
Halkapınar Derin Kuyuları	1897	45.000.000	19
Göksu Derin Kuyuları	1988	63.000.000	22
Sarıköz Derin Kuyuları	1990	45.000.000	35
Menemen ve Çavuşköy Derin Kuyuları	1976	25.000.000	30
Pınarbaşı, Buca ve Sarnıç Derin kuyuları	1990	-	6

(Kaynak: İZSU, 2006)

İklim Özellikleri

Menemen'in kuzeyini ve Menemen şehri genel olarak Ege Bölgesi ikliminin belirli özelliklerini taşımaktadır. Burada bölgesel bir karakter olarak yaz aylarında sıcaklık yükselir ve tropikal bölgelerin sıcaklığına yaklaşır. Yaz ayları kuraktır. Yağış rejimi açısından Menemen'de Akdeniz yağış rejimine dâhil olan Ege Bölgesi'ndeki yağışlar gibi en çok kış aylarında yağış görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. İnceleme Alanının 1938-2021 Yılları Arasına Ait Sıcaklık Verileri

Değerler	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama sıcaklık (°C)	8,8	9,6	11,7	15,8	2,8	25,4	27,9	27,7	23,7	18,9	14,3	10,5	17,9
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	12,4	13,6	16,3	20,9	26,1	30,7	33,2	33	29,2	24	18,6	14,1	22,7
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	5,8	6,2	7,7	11,1	15,5	19,8	22,5	22,4	18,7	14,6	10,8	7,6	13,6
Ortalama güneşleme süresi	4,3	5,2	6,4	7,9	9,8	11,6	12,3	11,9	10,1	7,6	5,6	4,2	8,1
Ortalama yağışlı gün sayısı	12,82	11,47	10,47	7,47	6,82	4,06	0,29	0,71	2,76	5,59	8,82	12,88	84,2
Aylık toplam miktarı yağış ortalaması	136,9	102,9	75,8	46	31,5	12,3	4,1	5,6	15,3	44,6	92	146,8	713,8
En yüksek sıcaklık (°C)	22,5	27	30,5	32,5	37,6	41,3	42,6	43	40,1	36	30,3	25,2	43
En yüksek sıcaklık (°C)	-8,2	-5,2	-3,2	-0,6	4,3	9,5	15,4	11,5	10	3,6	-2,9	-4,7	8,2

(Kaynak: DMİ, 2021)

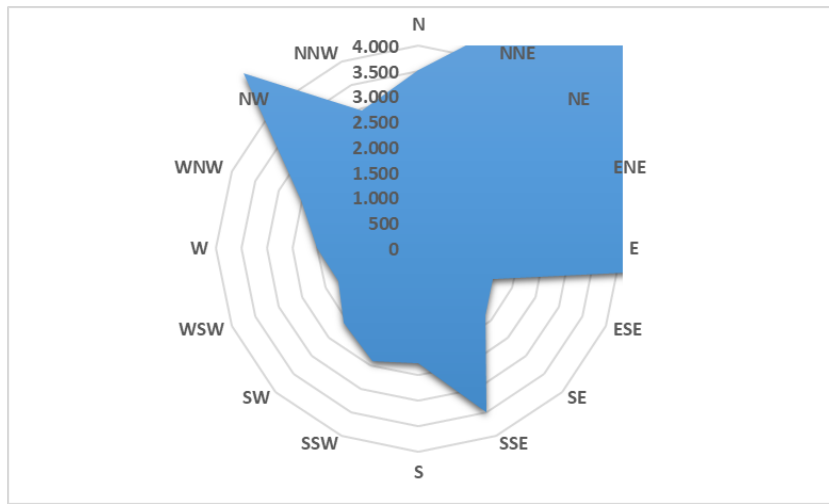
İnceleme alanına en yakın mesafedeki İzmir İstasyonu ölçümlerine göre; Yaz aylarında düşen yağış, toplam yağışın sadece %2,1'i kadardır. Yağışların %24,5'i ilkbaharda, %21,1'i sonbaharda düşmektedir. Ortalama sıcaklık 17.9 °C, en sıcak ay 33,2 °C ile Temmuz ayı ve en soğuk ay 5.8 °C ile Ocak ayıdır. Ortalama basıncın ve yüzey buharlaşmasının en yüksek olduğu ay ise Temmuz ayıdır. Ortalama nem; Aralık ve Ocak aylarında en yüksek seviyededir. 1938-2021 yılları arasına ait basınç, buharlaşma, nem ve rüzgâr verileri Tablo 3'te verilmiştir.

DMİ tarafından ulaşılan 1970-2021 yılları arasındaki rüzgâr hız ve hâkim yön haritasına göre İzmir Menemen civarının rüzgâr hızının ortalama 2,4-3,0 m/sec aralığında, hâkim rüzgâr yönünün kuzeybatı olduğu gözlenmektedir (Şekil 3).

Tablo 3. 1938-2021 yıllarına ait basınç, buharlaşma, nem ve rüzgâr verileri

Değerler	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama basınç (hPa)	1015	1013	1012	1010	1010	1008	1006	1007	1010	1013	1015	1014	1011
Maksimum basınç (hPa)	1034	1030	1030	1027	1019	1019	1015	1015	1021	1024	1029	1034	1024
Minimum basınç(hPa)	981	981	990	991	999	996	998	998	998	999	994	991	972
Ortalama nem (%)	74,9	72,4	69,4	65,6	59,5	53,3	49,1	50,4	60,1	67,6	72,3	74,9	64,125
Minimum nem (%)	30	26	23	22	11	15	13	14	17	22	28	26	15,5
Ortalama açık yüzey buharlaşması (mm)	19,4	20,5	41,2	124	179	239	285	262	188	121	69	36,6	132,058
Maksimum açık yüzey buharlaşması (mm)	19,4	11	13	18	15	22	17,5	98,5	14,2	18,8	12	8	22,283
Ortalama rüzgâr hızı (m-sec)	4,1	4	3,2	3,1	2,9	2,9	3	3	2,6	2,7	3,1	3,9	3,2
Maksimum rüzgâr hızı (m-sec)	23,8	27,2	26,1	20,2	20,6	17,1	16,7	16,1	17	21,4	20,9	22,3	20,8

(Kaynak: DMİ, 2021)



Şekil 3. Rüzgârın esme sayılarına göre yıllık rüzgâr diyagramı (DMİ, 2021)

Bitki Örtüsü

Akdeniz Bölgesi'nde yetişen geniş ve sert iğne yapraklı, her zaman yeşil, kuraklığa dayanıklı ağaç ve çalılar kentin ortak doğal bitki örtüsünü oluşturmaktadır. 800-1000 m seviyeleri aralığında kızılçam, karaçam ve fıstık çamı yetişmektedir. Kızılçam ormanlarının

yok olduğu yerlerde bitki örtüsü maki ve makilerden oluşmaktadır. Genellikle 500-800 m seviyeleri aralığında Bakırçay Vadisi'nin bazı kesimlerinde ve güney yükseltilerinde dağılmış ormanlara kadar yer yer makilikler gözlenmektedir (Dönmez, 1985; Kentsel Bölge Nazım İmar Planı, İ.B.B, 2009).

Rakımı 1000 m üzeri olan Dumanlı ve Yamanlar Dağı'nda kuru ormanlar geniş bir alanı kaplamaktadır. Alt rakımlarda kızılçam ve mazı meşeleriyle başlayan kuru ormanlar, üste doğru karaçam ve ardıçlarla yer değiştirmektedir. Kuzeydeki yamaçlarda görülen yarı nemli popülasyonlar kestane olarak tanımlanmaktadır. Düşük noktalarda ise karakteristik olarak Akdeniz iklimine ait olan makilik alanlar yayılım göstermektedir. Fakat yamaçların güneyinde daha geniş bir alan kaplayan maki oluşumu, kuzeyde daha az ve sınırlı olarak bulunmaktadır (Günel, 1986).



KURAMSAL TEMELLER

Atık Depolama Alanlarının Tasarımı

Sınıflandırma

Atık depolama tesisleri, Maden Atıkları Yönetmeliği'ne göre, 'tehlikeli', 'tehlikesiz' ve 'inert' atıklara göre 3 sınıfta toplanır. İnert atık, herhangi belirgin bir fiziksel, kimyasal veya biyolojik değişime uğramayan atıklardır.

Atıkların Düzenli Depolanmasına dair Yönetmelik'te düzenli depolama tesisleri üç grup altında toplanmaktadır.

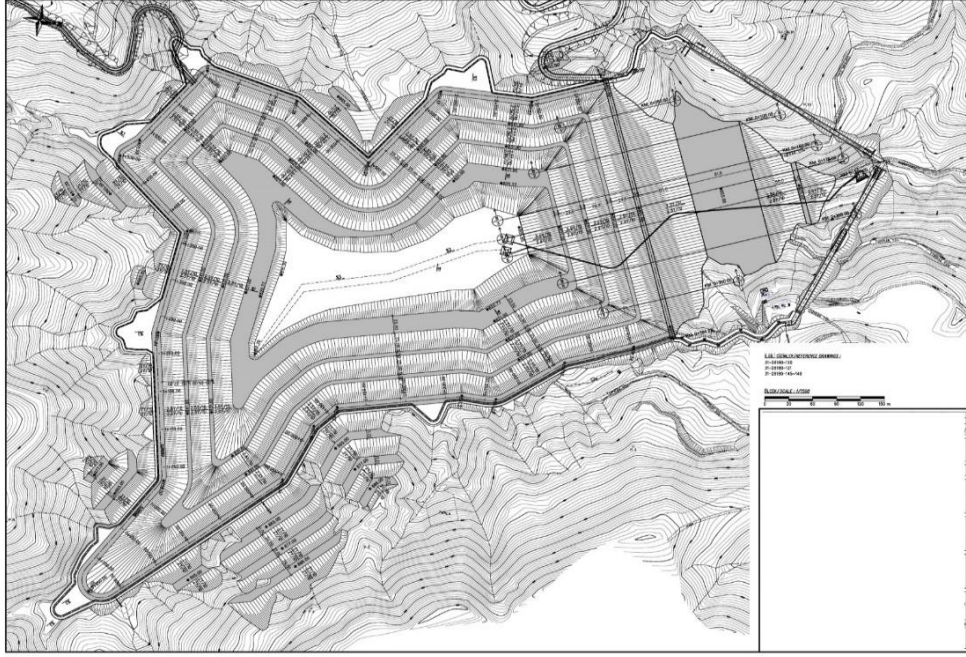
- a) I. Sınıf DDT: Tehlikeli atıkların depolanabileceği altyapıya sahip tesis.
- b) II. Sınıf DDT: Belediye atıkları ve tehlikesiz atıkların depolanabileceği altyapıya sahip tesis.
- c) III. Sınıf DDT: İnert atıkların depolanabileceği altyapıya sahip tesis.

Projelendirme çalışmaları

Projenin yapım aşamasına geçmeden önce öncelik olarak ÇED raporu alınması gerekmektedir. ÇED Raporu içerisinde ilgili bölümlerde atık depolama tesisiyle ilgili avam projeler, amaç, kotlar, rezervuar hacimleri, kazı-dolgu işleri, seddeler, kaplamalar vb. kısa bilgiler yer almalıdır. Gerekli onaylar alındıktan sonra proje hazırlanmaya başlanır. Uygulama projesinin hazırlanması için,

- Jeoteknik Etüt Raporu
- Doğal Yapı Malzemeleri Etüt Raporu
- Hidroloji Raporu
- Hidrojeoloji Raporu
- Kirlilik Taşınım Modellemesi
- YAS Modelleme
- Deprem Tehlike Analizi gibi çalışmaların öncelikle yapılması gerekmektedir.

Ardından 1/1000 ölçekli hali hazır haritalar kapsamında hazırlanmış proje raporları, atık depolama tesisinin atık alımına geçmeden inşaat çalışmalarının bitmiş olduğu hali, işletme aşamasında ve atık alımı tamamlandıktan sonraki halini statik, dinamik yükler altındaki stabilite analizleri raporları ve inşaat işlerinin yapım aşamasını kapsayan teknik şartnameler hazırlanır. Bir atık depolama tesisi genel yerleşim örnek planı Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Atık depolama tesisi genel yerleşim planı örneği (Manisa-Gördes/Meta/Nikel/Kobalt)

Yer seçimi

Depolama alanlarının belirlenmesinde öncelikli olarak üzerinde çalışılması gereken ana konular; ulaşım ve yerleşim alanına olan uzaklık durumu, meteorolojik veriler ve iklim özellikleri, topoğrafik ve jeomorfolojik durum, jeolojik-hidrojeolojik durum ve bu durumlara göre jeoteknik açıdan incelenmesi olarak sayılabilir.

Atık Depolama alanının yerleşim alanına olan uzaklığı, I. Sınıf Depolama alanlarında en az 1 km, II. ve III. Sınıf depolama alanlarında en az 250 m uzaklıkta olması gerekmektedir. Daha detaylı düşünürsek düzenli depolama sahasına taşınacak atıklar; uygun yol ve güzergâhlardan, çevreyi etkilemeyecek şekilde özel araçlar kullanılarak en uygun mesafeye taşınmalıdır. Bu durum ulaşım ekonomisi, görüntü kirliliği ve koku kirliliği açısından önemlidir. Düzenli depolama tesislerinin tasarımında sıcaklık, yıllık yağış, buharlaşma ve rüzgâr yönü ile ilgili bilgiler gereklidir. Rüzgâr yönü koku etkileri açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle rüzgâr yönü baskın olan yerlerde ve aynı paralelde yerleşim yerleri bulunan alanlarda depolama yerlerinin seçilmesi önerilmez. Deponun yapılacağı alan; su toplama havzalarından mümkün olduğunca kaçınılmalı, sürekli ve aralıklı yüzey akışından etkilenmeyen yerler seçilmeli, özellikle dere yataklarından uzak olmalıdır. Yüzeyin eğimi ve stabilitesi, heyelan, sel ve çığ riski için kritik öneme sahiptir. Depolama yeri seçimindeki asıl zorluk, yer altı ve yüzey sularını kirletmemesidir. Bu nedenle bölgedeki mevcut kayaçların petrografik, stratigrafik ve tektonik özellikleri belirlenmeli ve fay sistemleri, kırık-çatlak gibi fay yapıları değerlendirilerek riskli zonlardan kaçınılmalıdır. Karstik-kırık yapılarından dolayı kireçtaşı, kumtaşı konglomera, gevşek kum ve çakıllar, sık çatlaklı magmatik kayaçlar gibi

yüksek gözenekli yapıları ve yüksek geçirgenlik özellikleri bakımından, akifer nitelik gösterebilecek kayalar, depolama alanlarının dikey ve yataya yakın alanlarında yer almamalıdır.

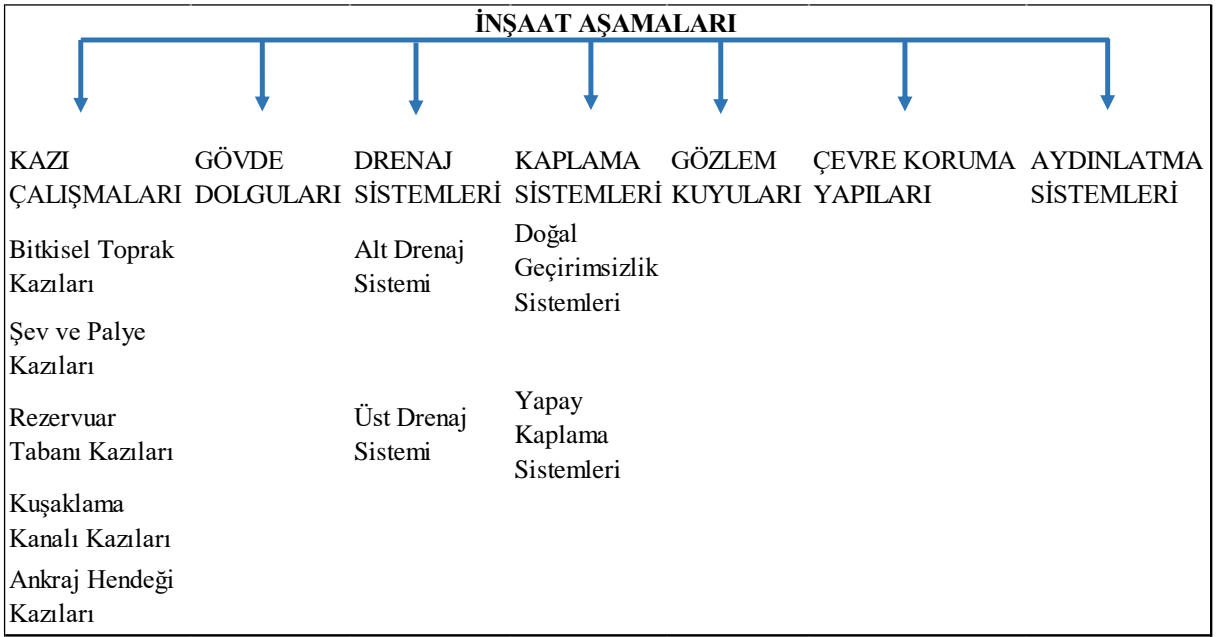
Yeri kesin olarak belirlenen atık depolama tesisinin depolama hacmi ve kapasitesi dikkate alınarak gereklive yeterli zemin sondajları yapılmalıdır. Kayalara ait mekanik özellikler ve mühendislik özellikleri ortaya konularak; zemin taşıma kapasitesine bağlı olarak sismik aktivite ve diğer durumlara bağlı olarak depolama sahası tasarımı ve inşaatı gerçekleştirilmelidir. Tüm bu çalışmalara ek olarak depolama sahası ve çevresinin su kimyası belirlenmelidir. Su kimyası drenaj çalışmalarında ve tesis işletme aşamasında iken yeraltı suyu kontrollerinin sağlanması açısından kolaylık sağlamaktadır.

İnşaat aşamaları

Atık depolama tesisleri aşağıdaki durumlar dikkate alınarak ve olumsuz etkiler asgari düzeyde tutularak inşa edilmektedirler. Bu durumlar:

1. Koku, toz gibi maddelerin çevreye yayılması,
2. Rüzgâr yönü ve etkisi,
3. İklim koşulları ve meteorolojik durum,
4. Gürültü ve trafik yoğunluğu,
5. Yangın oluşmaya meyilli alanlar,
6. Kuşlar, böcekler ve diğer hayvanların üreme alanları,
7. Havada depo gazından kaynaklı tabakalaşma ve oluşumlar,
8. Zemin ve şev stabilitesi ve
9. Drenaj sistemlerinin geçiş yerleri ve dere yataklarıdır.

Atık depolama alanının inşaat aşamaları Şekil 4'te ve inşaa aşaması tamamlanmış örnek bir atık depolama tesisi Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Atık depolama alanlarının inşaat aşamaları



Şekil 5. Atık depolama tesisi

Kazı çalışmaları

Bitkisel (Nebati) Toprak Kazıları: Bitkisel toprak, humus bakımından ve mikroorganizma bakımından zengin, bitkilerin yetişmesine uygun koşullara sahip, derinliği 5-30 cm arasında değişen üst tabaka ve kalınlığı 30-150 cm arasında değişen, anakayaya (temele) kadar olan mesafede bulunan humus bakımından fakir olan alt topraktan oluşmaktadır.

Sıyırma işlemi arazi yüzeyindeki bitkisel toprak tabakasının kazılıp, arazi kesit geometrisinin oluşturulması işlemidir. Bitkisel toprak malzeme, uzun yıllarda oluşan ve bitki yetiştirilebilecek kıymetli bir toprak olup dolguda üzerine gelebilecek malzemeyi taşımayacak ve kaymalara neden olacak zayıf bir malzemedir.

Şev ve Palye Kazıları: Şev, eğimli olarak oluşturulan yüzey; palye ise belirli yüksekliklerde şevlere yapılan basamaklardır. Şev yüzeylerinin hazırlanması, projede belirtilen eğim ve kotları, stabiliteyi, araç ve iş makinalarının güvenli bir şekilde manevra yapabilmelerini sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda Atıkların Düzenli Depolanmasına dair Yönetmelik'te alanın şev yüzeyi ve atık depolama eğiminin azami 1D/3Y olacak şekilde inşa edilmektedir.

Kuşaklama Kanalı Kazıları: Atık depolama tesislerinin, proje alanlarına; yağış sularının ve kontaminasyona açık alanların yağışlar sonrası doğaya karışmasını engellemek amacıyla drenaj kanalları tasarlanır. Bu tasarımlar projenin bulunduğu bölge baz alınarak; Q₁₀, Q₅₀, Q₁₀₀, Q₅₀₀ şeklinde debilere göre gerçekleştirilmektedir.

Rezervuar Taban Kazıları: Rezervuar tabanı genellikle sağ ve sol sahilden %1 (balıksırtı form) ve mabadan mansaba da %3 eğim şeklinde olmasını sağlatılması için yapılan kazı çalışmalarıdır.

Ankraj Hendeği Kazıları: Ankraj hendeği; depolama tesisinin tabanında ve şevlerinde serilen yapay geçirimsizlik sistemlerinin (jeosentetik kil örtü, jeomembran, jeokompozit, jeotekstil vb.) zemine sabitlenmesini sağlamak, gelen atık yüklerinden dolayı kaymasını önlemek ve stabiliteyi sağlamak amacıyla açılan kanallardır. Şevin başladığı nokta ile hendek kanalının başladığı nokta arasındaki mesafeye güvenlik mesafesi denir. Bu güvenlik mesafesinin atıktan gelen yük ve yapay geçirimsizlik sistemlerinin gerilmesiyle oluşan yükleri karşılaması için 50-100 cm arasında olması gerekmektedir.

Gövde dolguları

Atık Depolama Tesisleri bir su yapısı veya baraj olarak kabul edilmektedir. Gövde yapısına göre baraj tipleri; toprak barajlar, kaya dolgu barajlar, ağırlık barajları, payandalı barajlar, bentler, kemerli barajlar, çok kemerli barajlar ve diğerleridir.

Genellikle atık depolama tesisi projelerinde tercih edilen ön yüzü kaplamalı kaya dolgu barajlar için gerekli stabilite çalışmaları, projenin hazırlanması safhasında yapılmaktadır. Dolgu yapılırken en çok dikkat edilecek unsurlar, tane boyutuna bağlı olarak uygun sergi kalınlığı ve sıkıştırma işlemleridir.

Dolgu işlerine başlamadan önce gövde tipine bağlı olarak (Kaya Dolgu, Kil Dolgu, Yarı Geçirimli ve Tam Geçirimli Dolgu) DSİ şartnamelerinde istenen malzeme testleri yapılarak dolgu işlemine başlanır.

Drenaj sistemleri

Alt Drenaj Sistemi: Yeraltı sularının korunması ve atık depolama tesisine zarar vermemesi için uygulanan sistemlerdir (Şekil 6).



Şekil 6. Alt drenaj sistemi

Üst Drenaj Sistemi: Atık içerisindeki suyun ve yağmur, kar nedeniyle oluşan sızıntı sularının drenaj kuyuları, toplama havuzlarında toplanması veya prosese gönderilip işletilmesi amaçlanmaktadır.

Kaplama (geçirimsizlik-drenaj) sistemleri

Depolama tesisinin tabanında ve şev yüzeylerinde oluşabilecek sızıntı suyunun, yeraltı suyuna karışıp kirletmemesi amacıyla oluşturulur. Atık depolama tesislerinin en önemli ve dikkat edilmesi gereken inşaat aşamasıdır.

a. Doğal geçirimsizlik sistemleri

Doğal Kil Malzeme: Depolama tesisinin tabanında oluşturulacak izolasyon tabakasının; fiziksel, kimyasal, mekanik ve hidrolik özelliklerinin yeraltı ve üstü suları için oluşabilecek potansiyel riskleri önleyebilecek nitelikte olması gerekir. Düzenli depolama tesisinin inşaa edileceği alanda kil malzeme bulunuyor ise geçirimsizlik ve kalınlık özellikleri;

I. sınıf DDT'de $k \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/sn ve minimum 5 m kalınlık,

II. sınıf DDT'de $k \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/sn ve minimum 1 m kalınlık,

III. sınıf DDT'de $k \leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/sn ve minimum 1 m kalınlık olmalıdır. Eğer mevcut alanda doğal kil malzeme bulunmuyorsa ise oluşturulacak olan geçirimsizlik tabakasının geçirimsizlik ve kalınlık özellikleri;

I. sınıf tesisinde $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/sn ve minimum 4 tabaka halinde sıkıştırılmış toplam minimum 1 m kalınlık,

II. sınıf depolama tesisinde $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/sn ve minimum 2 tabaka halinde sıkıştırılmış toplamda en az 50 cm kalınlık,

III. sınıf depolama tesisinde $k \leq 1 \times 10^{-7}$ m/sn ve minimum 2 tabaka halinde sıkıştırılmış toplamda en az 50 cm kalınlık olmalıdır.

Tehlikeli ve tehlikesiz maden atığı depolama tesislerinde, yağın liçi tesislerinde, tabanında oluşturulan doğal izolasyon tabakası oluşturulmasında en az 2 tabaka halinde sıkıştırılmış ve optimum koşullarda nemlendirilmiş minimum 50 cm kalınlığa sahip ve geçirimsizliği $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/sn olan kil grubu mineral serilmelidir.

Doğal Drenaj Tabakası: Depolama tesisinin tabanında doğal kil malzeme serilip üzeri jeomembran ve koruma amaçlı jeotekstil ile kaplandıktan sonra sızıntı suyu için oluşturulan boruların döşenmesiyle drenaj tabakası oluşturulmaktadır. Drenaj tabakası için seçilen malzemenin kimyasal, fiziksel ve mekanik stabilitesi, sızıntı suyunun fiziksel ve kimyasal karakteristiklerini ve depolama sahası üzerine mekanik yükleme nedeniyle drenaj verimini olumsuz şekilde etkilememelidir. Bu nedenle drenaj malzemesi için elek analizi, geçirimsizlik ve kalsiyum karbonat yüzdesi testleri yapılmalıdır. Kullanılacak olan drenaj malzemesinin 16-32 mm tane boyutunda, $k \geq 1 \times 10^{-4}$ m/sn geçirimsizliğe sahip ve kalsiyum karbonat yüzdesi $\leq 20\%$ olacak şekilde en az 50 cm kalınlık olacak şekilde serilmelidir.

b. Yapay kaplama sistemleri

Jeotekstil: Tıkanmaya ve yüksek bölgesel yüklere dayanıklı yapıdadır. Örgülü ve örgüsüz olarak üretilebilmekte olup, gramajı ve örgü tipine bağlı olarak drenaj ve jeomembranı koruma amacıyla kullanılmaktadır. Drenaj amaçlı kullanılırsa, gözenekli yapısı suyun geçişine izin verirken silt/kum v.b. ince taneli malzemeleri tutmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Jeotekstil

Jeokompozit: Jeotekstil ve jeogrid tabakasından oluşur. İki jeotekstil arasında grid veya tek jeotekstil arasında grid olabilir. Koruma amaçlı örgüsüz jeotekstil keçe ve drenaj amaçlı üç boyutlu örgü jeotekstil arasında yüksek yoğunluklu polietilen mamulden üretilmiş boşluklu yapıdaki jeogrid tabakası şeklindedir (Şekil 8). Alt drenaj ve üst drenajı sağlamak amacıyla kullanılır. Alt drenaj jeokompoziti, rezervuar alanında şev ve palyelerden gelen sızıntı sularının eğim yönünde alt drenaj sistemine iletilmesini sağlar. Üst drenaj jeokompoziti, rezervuara gelen atık ve üst katmanda bulunan keçe yardımı ile süzülecek ve atık sızıntı suyu alt katmandaki geogrid yardımıyla eğim yönünde üst drenaj sistemine ulaşmasını sağlar.



Şekil 8. Jeokompozit

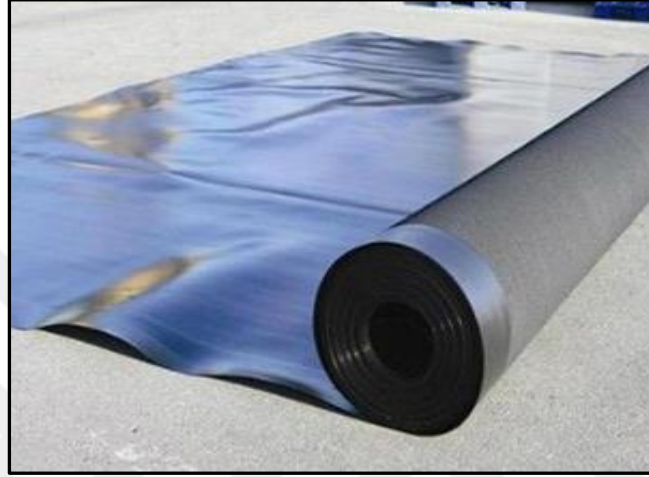
Jeosentetik Kil Örtü: Örgülü ve/veya örgüsüz iki jeotekstil tabakası arasındaki montmorillonit bentonit bileşimidir. Sızıntıya karşı güçlü bir önlem olarak kullanılır. Jeomembran serimi için uygun bir zemin sağlamaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Geosentetik kil örtü

Jeomembran: En önemli geçirimsizlik sistemidir. HDPE-LDPE-LLDPE-PVC-EPDM gibi türleri mevcut olup, kullanım yerlerine göre pürüzlü veya pürüzsüz olarak üretilmektedir (Şekil 10). Atık depolama tesislerinde minimum 2 mm kalınlığında ve 0,941-0,946 gr/m³

yoğunluğunda HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) jeomembran kullanılmaktadır. Kullanılacak olan malzemelerden sahaya geldiğinde akredite laboratuvarların belirlemiş olduğu ebat ve sayıda numuneler alınarak laboratuvara gönderilir. Çıkan sonuçların uygunluğu karşılaştırılarak imalatına başlanır. Jeomembran panelleri birleştirilirken sıcak füzyon kaynağı, yama, onarım ve tadilatlar da ise ekstrüzyon kaynağı yapılmaktadır. Bu kaynakların sağlamlığını kontrol etmek amacıyla; tecrübe kaynağı testi, vakum testi, hava basıncı testi, destructive test, spark test ve integrity (bütünlük) testi gibi saha testleri uygulanmaktadır.



Şekil 10. Jeomembran

Gözlem kuyuları

Depolama tesisinin yapılacağı alanın, jeolojik özelliklerine, hidrojeolojik yani yeraltı su seviyelerinin derinlikleri, akış yönü, jeolojik birimleri özelliklerine bağlı olarak DSİ görüşü alınarak en az 3 adet gözlem kuyusu açılmalıdır. Tesisin inşaatı bittikten sonra işletmeye almadan yer altı suyunun kimyasal ve hidrojeolojik parametreleri belirlenir. İşletmeye geçildikten sonra da belirli zaman aralıklarıyla yeraltı suyunun verileri takip edilip şahit numune sonuçları ile karşılaştırılır.

Gaz toplama bacaları

Atık depolama esnasında gaz çıkışı beklenen alanlarda hesaplamalar yapılarak en az 50 m çaptaki gazı toplayacak şekilde bacalar tasarlanmalı ve atık alındıkça yükseltilmelidir.

Çevre koruma yapıları

Çevrede bulunan canlıların tesise girmesi sonucu oluşacak olumsuzluklar ve olası izinsiz girişlerden doğabilecek problemleri engelleyecek şekilde çevre çiti ile donatılmalıdır.

Atık depolama alanının rehabilitasyonu (kapatılması)

Atık depolama alanlarının atık dolumu tamamlandıktan sonra rehabilitasyon işlemlerine gerçekleştirilir. Buna rehabilitasyon işlemlerine ilişkin ADDDY'nin 17. Maddesi şartlarına ve 22.11.2018 tarihli 2018/15 sayılı “Düzenli Depolama Tesisleri Uygulama Projesi Hazırlanması'na ilişkin genelge” hükümlerine uyularak yapılmalıdır. Bu izolasyon öncesi atık ve/veya alanın kayma ve çökme riski göz önünde bulundurularak depolanmakta olan atığın yeterince oturduğu tespit edilir ve sonrasında sırasıyla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir. Bu işlemler;

- Depolama işlemi tamamlandıktan sonra üst örtü izolasyonu sağlanmadan yüzeye kazı malzemesi ile tesviye işlemi gerçekleştirilmelidir.
- Düzenli depolama tesisinin sınıfına göre; bölgenin yağış özellikleri düşünülerek rehabilitasyon sonrası süreçte sızıntı suyu oluşumunun engellenmesi ve oluşabilmesi muhtemel gazların oluşumunun engellenmesi şartları düşünülmelidir ve buna göre üst örtü izolasyonu tasarlanmalıdır.
- Atık depolama alanının sınıfına göre geçirimsiz mineral malzeme veya sentetik kil örtü tabakası oluşturulmalıdır.
- Geçirimsizlik sağlandıktan sonra drenajı sağlamak amacıyla $K \geq 1.0 \times 10^{-4}$ m/s geçirgenliğe sahip doğal/yapay tabakası oluşturulmalıdır.
- Tüm geçirimsizlik ve drenaj işlemleri tamamlandıktan sonra bitkilendirme sağlayabilmek amacıyla kullanılacak bitki cinsine bağlı olarak bitkisel toprak serilip rehabilitasyon işlemleri tamamlanmalıdır.

Bu rehabilitasyon aşamaları tamamlandıktan sonra atık depolama alanının cinsine göre bakanlık tarafından izleme süreci oluşturulur. Bu izleme sürecine bağlı olarak belirlenen parametrelerin rutin ölçümleri yapılmalıdır.

Önceki Çalışmalar

Tchobanoglous vd. (1993), katı atık depolama sahalarının yer seçimi, planlanması, inşası ve işletilmesi hakkında güncel bilgiler sunmuş olup uygun ve güvenli depolama koşulları hakkında ayrıntılı bilgi vermiştir.

Kutay (1994), katı atıkların depolanması sırasında karşılaşılan jeoteknik problemler hakkında bir yüksek lisans tez çalışması hazırlamıştır. Yapılan çalışmada, katı atıkların düzenli depolanmasına dair yöntemler, atık depolama sahalarının jeoteknik değerlendirme adımları ve proje esnasındaki problemlerin türleri değerlendirmiştir.

Akbulut (2002), “Katı Atık Depolama Alanlarının Geoteknik Tasarımı” adlı

çalışmasında atık depolama alanlarının değerlendirilmesini yaparak sırasıyla deponi alanlarının yer tespiti, doğal/yapay malzemelerin yapısı ve bu sistemlerin tasarım özellikleri detaylı olarak değerlendirilmiş ve incelenmiştir. Ayrıca, sızıntı suyu toplama ve uzaklaştırma tesisleri, depo gazı toplama üniteleri ve örtü tabakasına ait birimler de incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda, jeoteknik tasarımda doğal ve yapay kaplama malzemelerinin tasarımının, depolanan atık içerisindeki suyun drenajının sağlanmasının, atık içerisinde oluşabilecek gazın tahliyesinin önemi vurgulanmıştır.

Kalkan (2003) yapmış olduğu “Oltu (Erzurum) killerin bariyer olarak kullanımında jeoteknik özelliklerinin iyileştirilmesi” isimli çalışmasında killi zeminlerin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesini amaçlamıştır. Erzurum ili, Oltu ilçesi sınırları içerisinde geniş bir yayılım gösteren Oligosen yaşlı killi malzemelerin özellikle geçirimsiz bariyer olarak kullanıma uygunlukları araştırılmış ve bu amaçla kullanımları durumunda mühendislik özelliklerinin daha da uygun hale getirilebilmesi için katkı malzemesi olarak silis dumanı kullanılarak iyileştirme yapılmıştır. Bu amaçla bir dizi laboratuvar ölçekli deneysel çalışma yürütülmüş ve elde edilen veriler ışığında doğal killi malzeme örneklerine ait sonuçlarla silis dumanı katkı maddesi kullanılarak iyileştirilmiş killi malzeme örnekleri karşılaştırılmıştır. Çalışmadan varılan sonuçlar, silis dumanının killi zemin örneklerinin mukavemet değerlerini artırdığı, buna karşılık geçirimsizlik ve şişme potansiyeli değerlerini düşürdüğünü göstermiştir. Çalışmada, özellikle silis dumanı atık malzemesinin depolanmasından kaynaklı çevresel problemlerin çözümüne de katkı sağlayacağı gibi jeoteknik amaçlı kullanımlarda zemin iyileştirme maliyetlerini de önemli ölçüde düşüreceğine vurgu yapılmıştır.

Şimşek ve Filiz (2005) yürüttükleri çalışmada, İzmir ili, Torbalı ilçesinin 12 km kuzeyinde yer alan Neojen yaşlı kiltaşlarının temel yapısını oluşturduğu, eski kil ocaklarının atık depolama alanı olarak kullanılabilme potansiyelini incelemişlerdir. Sahanın jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini belirlemişler ve elde ettikleri veriler ışığında bu kil ocaklarının katı atık depolama alanı olarak kullanıma uygun bir bölge olduğunu belirlemişlerdir.

Kalkan (2006) "Kırmızı çamurun kil şiltesi hazırlanmasında stabilizasyon malzemesi olarak kullanılması" isimli bir çalışma yapmıştır. Killi zemin malzemelerinin iyileştirmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada, alüminyum üretiminde ortaya çıkan atık malzemesi olarak ortaya çıkan kırmızı çamuru katkı maddesi olarak kullanmıştır. Çalışma sonuçları kırmızı çamurun killi zemin örneklerinin bazı mühendislik özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. Çalışmada, kırmızı çamurun killi zeminlerin dayanım, şişme ve geçirimsizlik özelliklerinin iyileştirilmesinde başarılı bir şekilde kullanılacağı vurgulanmıştır.

Kanbur (2006) tarafından yapılan “Isparta (Şarkikaraağaç) Havzasında Katı Atık

Düzenli Depolama Yer Seçimine Yönelik Jeolojik-Jeoteknik İnceleme” adlı yüksek lisans tezi kapsamında Şarkikaraağaç içerisinde katı atık düzenli depolamanın en uygun alan tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında inceleme alanının jeolojik, hidrojeolojik, hidrolojik durumları, koruma alanları ve arazi kullanım durumu detaylı olarak incelenmiştir. Arazi gözlemleri ve hazırlanan haritalara göre üç alternatif alan belirlenmiştir. İkinci aşamada üç alternatif alan katı atık düzenli depolama yer seçimi için hazırlanan kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede; Köprüköy ve Aslandoğmuş arasında kalan alan en yüksek puanı almıştır. Son aşamada ise seçilen depolama alanına ait 1/ 5000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmış ve bu alan için ön mühendislik jeolojisi çalışmaları yapılmıştır. İncelemeye göre zeminin geçirimsizlik katsayısını azaltmak amacıyla darbe yöntemiyle pekleştirme yapılarak yüzeyden itibaren 1-1,5 m’lik derinliğe kadar sıkıştırma yapılması gerekmektedir. Bu aşamalar sonucunda; yapılan ön mühendislik çalışmalarına göre seçilen alanın depolamaya uygun olduğu tespit etmiştir.

Barış (2008), İzmir’deki Tahtalı Barajı’nın Havzasına ait hidrojeolojik açıdan incelenmesi ve yeraltı suyu kirlenebilirliğinin değerlendirilmesi amacıyla Drastic yöntemi ve CBS yöntemleri kullanılarak haritalandırmıştır. Yeraltı suyu kirlenme potansiyelinin; DRASTIC model yardımıyla yeraltı suyu arasındaki ilişkinin ortaya konulabilmesi için bütünleşik su kalitesi oluşturulmuş olup su kalitesi parametreleri ulusal ve uluslararası içme suyu kalite değerlerini baz alarak AHS ile elde etmiştir. Yapılmış olan bu DRASTIC model ile yeraltı suyu kalitesi arasında doğrusal ilişki bulmuştur.

Karaca (2008), “Mersin Kenti İçin Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Araştırılması” isimli bir doktora tezi hazırlamıştır. Bu tez çalışmasında; yer seçiminin öneminin üstünde durarak, üzerinde bir çimento fabrikasının da ocak olarak işlettiği sahayı değerlendirerek katı atık depolanması için elverişliliğini incelemiştir. Depolama alanı Handere Formasyonu üzerinde yer almakta olup, CH, CL türü ince taneli birimlerden oluştuğunu belirtmiştir. Birimin kısmen geçirimsiz olması da olumlu özelliklerinden biri olarak değerlendirilerek sahanın katı atık depolama için uygun olduğunu belirtmiştir.

Tüzel (2009) tarafından doktora tezi kapsamında “Yüzey Dalgasının Ters Çözümü Yöntemiyle İzmir Menemen İlçesi Yerleşim Alanlarının Kayma Dalgası (Vs30) Haritalaması” isimli bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, yüzey dalgası analiz yöntemlerinden Yüzey Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (MASW) ve Uzaysal Özilişki (SPAC) methodları kullanılarak; Menemen ilçesi’nin mevcut ve yeni yerleşime açılacak alanlarının kayma dalgası hızları (Vs=30) haritalanmıştır. Bölgedeki sismik ve jeoteknik sonuçlar ilerleyen süreçte; zemine bağlı jeoteknik tepki ve tasarım spektrumlarının; kısa ve uzun periyot köşe frekansları,

en büyük yer hareketi ivmesinin derinlikle değişimi, sıvılaşma riski ve yer hareketlerine ait tahmin denklemlerinin belirlenmesinde önemli bilgiler oluşturacağını anlatılmıştır.

Bozkurt ve Kurtuluş (2010) tarafından “Gebze sınırları dâhilinde yer alan deponi alanının jeolojik, jeofizik ve jeoteknik yöntemlerle araştırılması” adlı bir çalışma yapılmıştır. Yürütülen çalışma kapsamında, zeminin dikey yöndeki değişimini ve mühendislik jeolojisi özelliklerini belirlemek için 15 adet temel sondajı açılarak incelemeler yapılmıştır. Yapılan şev stabilize analizine göre inceleme alanı heyelan tehlikesi açısından risk altında olduğu tespit edilmiştir.

Savaş ve Korkanç (2010) tarafından hazırlanan “Kırıkkale katı atık deponi alanı'nın jeolojik-jeoteknik incelemesi” isimli çalışmada seçenekler arasında alternatif olan Kırıkkale ili, Bedesten civarında, eski kil ocakları bulunan alanın düzenli depolama sahası olarak değerlendirilebilmesine yönelik incelemeler yapılmıştır. Yapılan ayrıntılı jeolojik ve hidrojeolojik incelemeler, sahanın katı atık düzenli deponi alanı olarak kullanıma uygun olduğu belirtilmiştir. Katı atık düzenli depolama alanı olarak seçilen bölgenin eski bir kil ocağı olması, ekstra bir kazı maliyeti oluşturmaması, temel zemininin oldukça geçirimsiz olması ve alanda sızıntı suyu drenajının kolay bir şekilde sağlanabilmesi, yer seçimi için belirleyici bir rol oynadığı vurgulanmıştır.

Uzun, Aksoy ve Karagül (2010) tarafından “Düzce ili Olası Katı Atık Bertaraf Tesisi Sahalarının Yer Seçimi Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi” adlı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın yöntemi; 28 hususta sıralanan çevresel kriterler; planlama kriterleri; doğal ve peyzaj kriterleri; politik ve yasal kriterler; finansal ve ekonomik kriterlerin dört alternatif alan için uzman bir ekibin görüşüne göre değerlendirilmesi ile oluşmaktadır. Bu değerlendirme esnasında, Coğrafi Bilgi Sistemlerinden de yararlanılmış olup sonucunda; alternatif alanlar Kurtsuyu 91, Esençam 80, Yeşilyayla 79 ve Deredibi 71 puan almıştır. Bu çalışma kapsamında; Düzce ili için yapılması planlanan katı atık bertaraf tesisi sahalarının seçimi için bir ön araştırma oluşturulmuştur.

Tekin (2013), Menemen ve Foça ilçelerinin arasında kalan Ilıpınar Köyü çevresinin, jeolojisini araştırmak amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak volkanik kayalar ve bu kayalar ile dokanak oluşturan karasal (akarsu, göl vb.) tortullar arasındaki yapısal ve stratigrafik ilişkileri incelemiştir. Sahadan alınan çeşitli kayalar örneklerinin; petrografik/petrolojik incelemeleri yapılmış olup bölgenin yerel jeoloji haritasını düzenleyerek güncel bir veri ortaya koymuştur. Sonuç olarak, bölgede Erken-Orta Miyosen dönemde püskürmeli volkanik etkinliğin de yoğun olduğu, karasal/gölsel bir çökelimin olduğu ve bu gölsel tortullaşmanın Orta Miyosen döneminde volkanoklastik katkının sona erdiğini ve son

evrelerini görsel kireçtaşları ile tamamlandığı sonucuna varılmıştır.

Benli (2015), Gediz Deltası'nın denizel çökellerinin foraminifer içeriği ve çökelim ortamlarını incelemiştir. Bu amaçla sondajların karotlarına göre araştırma yapmış ve bu verilere göre deltanın B-GB kenarı ile D-KD kenarı istiflerini karşılaştırdığında, batı bölgesinde bulunan denizel çökellerle doğu bölgesindeki egemen karasal çökellerin birbirine girmiş olduğunu, doğu bölgesindeki karasal koşulların 20000 yıldan daha yaşlı olabileceği sonucuna varmıştır.

Ersoy, Karahan ve Sünnetçi (2017) tarafından "Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon, Rize Artvin, Gümüşhane ve Bayburt illeri için Önerilen Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Jeoteknik ve Jeolojik Açısından İncelenmesi" adlı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, Karadeniz Bölümü'nde yapılmakta olan düzensiz depolamanın önemini ve aciliyetini vurgulamak amacıyla her alanda 15 metre olacak şekilde 2 adet sondaj yapılmıştır. Sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş numunelere deneyler gerçekleştirilmiş, sondaj sırasında uygulanan arazi deneyleri (SPT) ile zeminlerin mühendislik özellikleri de belirlenmiştir. Elde edilen tüm veriler birlikte yorumlanarak önerilen depolama alanları; Litolojik (Jeolojik) Özellik, Taşıma Gücü, Oturma Miktarı, Geçirimsizlik, Topografik Durum, Ulaşım Durumu, Yerleşim Durumu açısından değerlendirilmiş ve bu esasta farklı depolama alanlarının uygunluğu araştırılırken puanlama ölçütleri yapılmıştır.

Özel (2018), ülkemizde bulunan deponi alanlarının sürdürülebilir çevre koruma ve çevresel etkilerine ilişkin bir değerlendirme yapmıştır. Bu değerlendirmeye göre; yer seçimi, atık yönetimi, çevresel etkiler ve bunların izlenmesi ile ilgili çalışmalar, sadece mühendislik çalışmaları ile değil diğer disiplinler ile de ortak araştırmaları sürdürmenin gerektirdiğini ve çevre koruma yasalarının geliştirilmesinin önemini vurgulamıştır. Yapılan bu çalışmaların; sadece yeraltı ve üstü çalışmalarla kısıtlandırılmaması, yüzeysel ve derin araştırmalara da gereken titizliğin gösterilmesinin önemli ve faydalı olacağını anlatmıştır. Diğer bir bakımdan çevre koruma çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre; çabaların başarılı olduğu ve çevrenin bozulmadan ya da daha az etkilenecek yaşam ortamları yaratılmasının da olası olduğunu kanıtlandığını anlatmıştır. Bu kapsamda çevre korumanın sadece yüzeysel görünür sorunlardan ibaret olmadığı, yeraltında da mutlaka devam etmekte olan sorunlar olabileceğini ve bu sorunların dikkate alınması gerektiği de söylenmiştir.

Kınçal ve Koca (2019), İzmir Harmandalı Katı Atık Depolama Sahası'nda Şubat 2013 'te gerçekleşmiş olan heyelanın mühendislik jeolojisi açısından incelemek amacıyla inklinometre ölçümleri yapmışlardır. Yapılan ölçümlerle heyelen hareketliliği belirlenerek heyelanın gerçekleşmesinde etkili olan parametreler tartışılmıştır.

Kızılay (2019) Bartın ili, Kaman köyü katı atık bertaraf alanının; jeolojik/jeoteknik açıdan incelenmesi ile taşıma gücü, jeoteknik parametrelerini belirleme, geçirimsizlik durumu, kazı güvenliği ve zeminin jeolojik/jeoteknik özelliklerinin ve çevre koşullarının, tesise etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, Bartın İli'nde Katı Atık Depolama Alanı olarak seçilen, Kaman Köyü sınırlarında yer alan jeolojik birimlerin; özellikleri açısından planlama ve yapım aşamasında karşılaşılabilecek zemin problemlerini, olumlu yönde karşılayacağını göstermekte olduğunu vurgulamıştır.

Kezer (2019), model bir katı atık sahası üzerinde atığın özelliklerini tanımlayarak şev stabilitesi analizleri gerçekleştirmiştir. Bu araştırmayı iki aşama ile yapmıştır. Bu aşamalardan ilkinde sonlu eleman yöntemi ile atık depolama sahalarında şev stabilitesini etkileyebilecek parametreleri, ikincisinde ise limit denge yöntemi ile şev stabilitesini etkileyebilecek parametreleri araştırmıştır. Bu araştırmaların sonucunda, içsel sürtünme açısı, kohezyon, birim hacim ağırlık ve şev eğiminin, atık dolgu şevinin stabilitesi üzerinde etkili olduğu, detaylı analizlerde geogrid kullanılması durumunda stabilitenin önemli miktarda artırılabilceğini görmüştür. Ek olarak; limit denge yöntemi ile elde edilen güvenlik sayılarının daha yüksek olduğunu da tespit etmiştir.

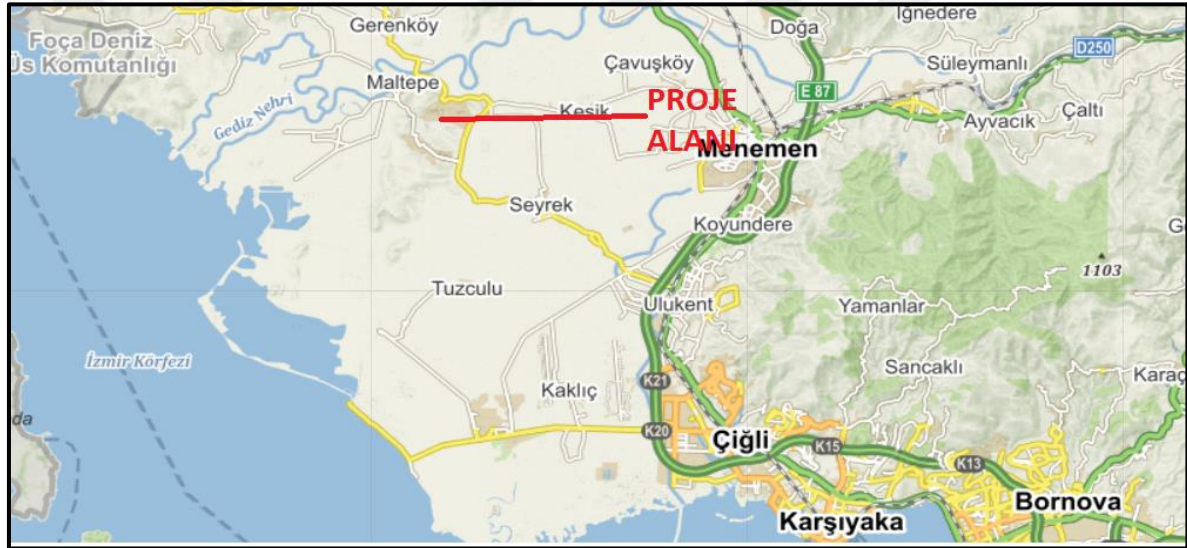
Leblebici (2019) Göynük Aksa Termik Santrali işletilmesi sonucu çıkan atıkların depolanacağı, Bolu ili, Göynük ilçesi, Himmetoğlu köyü civarında yer alan Güney Kül Depolama Alanı'nın jeoteknik özelliklerini incelemiştir. İnceleme sonuçlarına göre; sahanın düzenli depolama alanı olarak belirlenip işletildiği, santralden çıkan atıkların bertarafının tekniğe uygun olarak yapıldığı, yüksek ekolojik standartlara ulaşarak sürdürülebilir bir başarının elde edildiği gösterilmiştir.

MATERYAL VE METOD

Materyal

Atık depolama alanı

Atık Depolama Alanı, İzmir ili, Menemen ilçesine bağlı Maltepe Köyü civarında yer almaktadır. İzmir'e yaklaşık 35 km uzaklıktaki Atık Depolama Alanı, deniz seviyesinden 20 m yükseklikte yer almaktadır (Şekil 11). Anadolu yarımadasının İzmir-Afyon ve Bandırma demiryolu, Bergama-Ayvalık-Çanakkale karayolu üzerinde önemli bir geçiş merkezinde bulunmaktadır. Proje alanı; doğuda Manisa ili, batıda Foça ilçesi, kuzeyde Aliğa ilçesi ve güneyde Çiğli ilçesi ile çevrili olup yüzölçümü 665 km²'dir.



Şekil 11. Atık depolama alanının konumu (Yandex Maps, 2022)

İnceleme alanında inşa edilmiş olan atık depolama alanları için; İzmir Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü tarafından 17 Temmuz 2008 tarih ve 26939 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan ÇED Yönetmeliği'ne göre, 14.09.2009 tarihinde 'ÇED Gerekli Değildir' kararı verilmiştir. Ardından Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İzmir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından, 25 Kasım 2014 tarih ve 29186 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren ÇED Yönetmeliği uyarınca yapılan incelemede 2 Temmuz 2016 tarihinde 'ÇED Gerekli Değildir' kararı verilmiştir.

Depolanacak atıklar

Proje kapsamında atık depolama tesisi yapılması planlanan alanda; İZBAŞ sınırları içerisinde çıkan evsel ve endüstriyel atıkların atık su arıtma tesisinde işlenmesi sonucu oluşan atık çamurları ve bölge içerisinde faaliyet gösteren firmaların üretim ve tüketimden kaynaklı oluşmakta olan atıklarının

depolanması düşünülmektedir. ADDDY’de listelenmiş olan atık kodlarına göre depolanması planlanan atıkların içerikleri lot numaralarına göre Tablo 4’te verilmiştir.

Tabloda verilen atık plastik, plastik yongalar ve çapaklar atık içerikleri bölgede faaliyette olan kompozit kanat üretimi yapmakta olan tesise aittir. Kompozit kanat üretimi sırasında oluşan tüm atıklar proses atığı olarak değerlendirilmektedir. Bu atıklar çok hacimli atıklar olup içerisinde çok sert malzemeler bulundurmaktadır. Niteliğine göre kırılması zor olduğu için bertarafında da fazla alan kaplamakta ve İzmir çevresinde çimento fabrikalarında da yakıt olarak kullanılamamaktadır. Bu nedenle hem ekonomik açıdan, hem de teknik olarak yakılması ekonomik olmaması nedeni ile düzenli depolama sahasında bertaraf edilmesi planlanmaktadır.

Prosesi ve işlentisi gereği deri endüstrisi atıkları karışık olarak üretim ve tüketim tesislerinden toplanmaktadır. Etleme, tıraşlama, deri kırpıntısı, deri endüstrisi atıkları firmalardan atık taşıma aracı ile alınarak düzenli depolama sahasında bertaraf edilecektir.

Tablo 4. Lot Numaralarına Göre Atıkların İçeriği

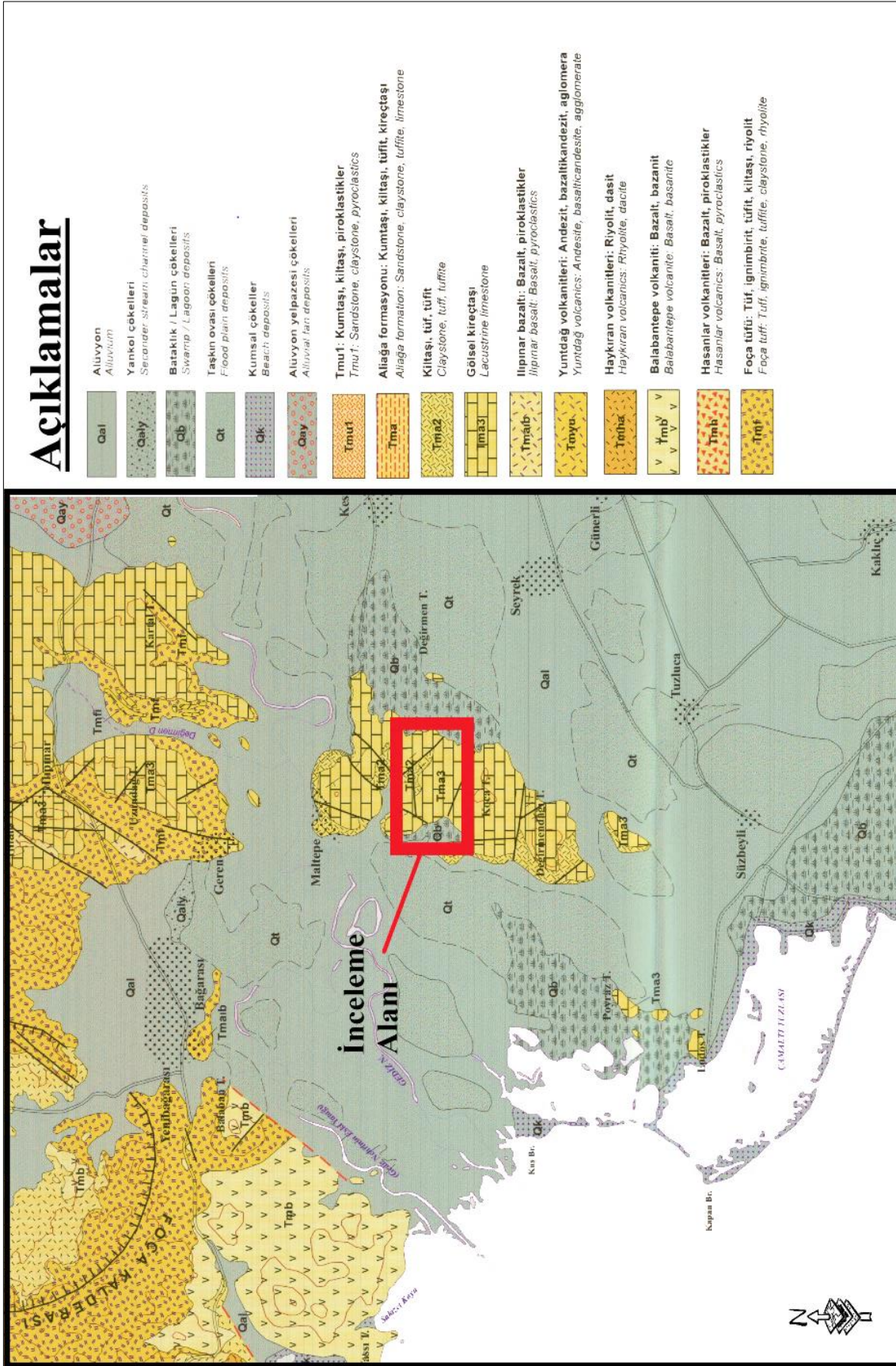
Lotlar	Atıkların İçeriği
LOT-1	-Karışık Endüstriyel Atıklar
LOT-2	-Alan içindeki atık su arıtmasından kaynaklanan krom içeren çamurlar -Endüstriyel atık su arıtılmasından kaynaklanan çamurlar -Kanalizasyon temizliğinden kaynaklanan atıklar -Atık plastik -Plastik yongalar ve çapaklar
LOT-3	-Biyolojik olarak bozunabilir atıklar -Biyolojik olarak bozunamayan atıklar -Sıyırma/kireçleme ile deriden et sıyırma işleminden kaynaklanan atıklar -Kireçlemeden kaynaklı atıklar -Sıyırma/kireçleme ile deriden et sıyırma işleminden kaynaklanan atıklar -Kireçlemeden kaynaklı atıklar
LOT-4	-Sıyırma/kireçleme ile deriden et sıyırma işleminden kaynaklanan atıklar -Kireçlemeden kaynaklı atıklar -Kullanılmış aktif karbon -Doymuş/kullanılmış iyon reçinesi -Sıyırma/kireçleme ile deriden et sıyırma işleminden kaynaklanan atıklar
LOT-5	-Kireçlemeden kaynaklı atıklar -Sıyırma/kireçleme ile deriden et sıyırma işleminden kaynaklanan atıklar -Kireçlemeden kaynaklı atıklar

(Kaynak: ADDDY)

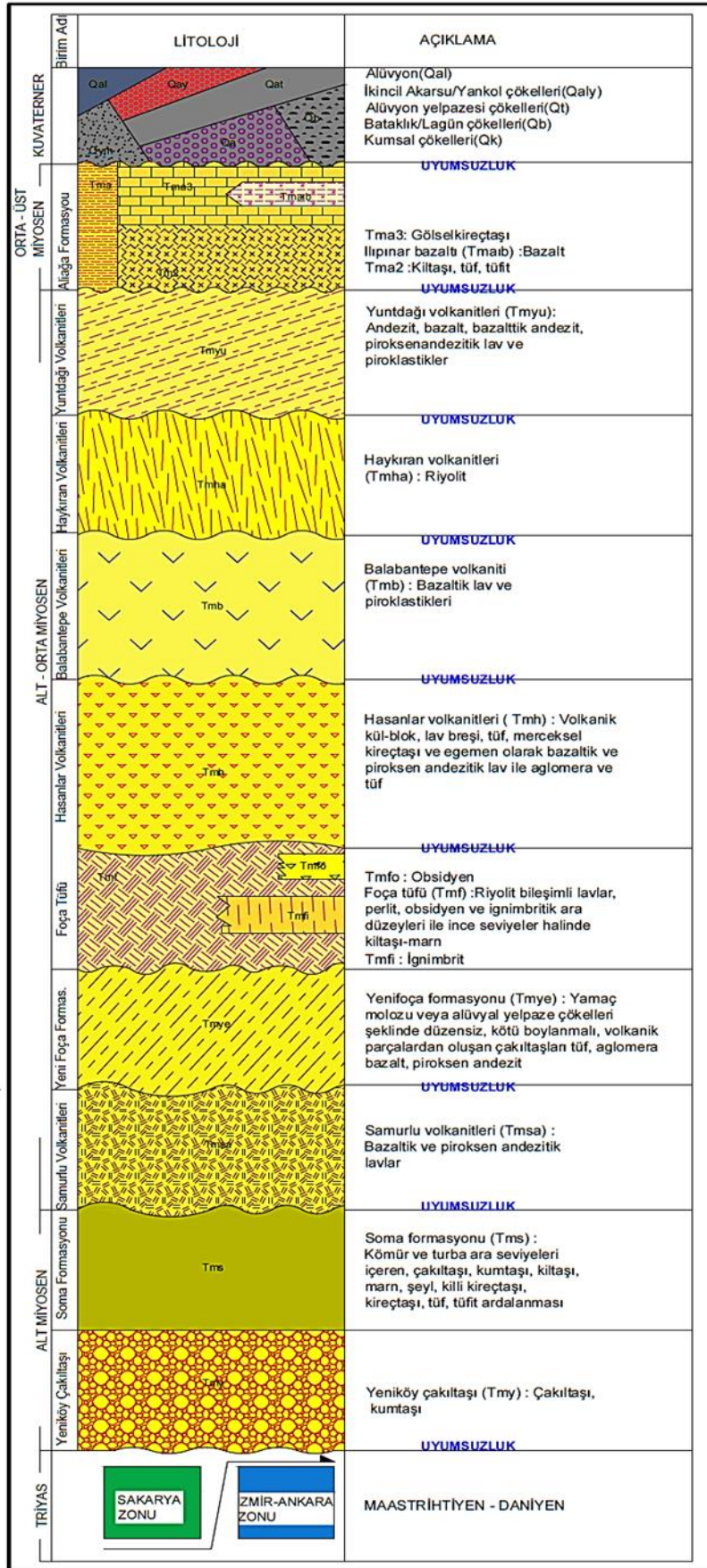
Bölgesel jeoloji

İzmir ve çevresindeki Neojen ve Kuvaterner yaşlı birimler, Menderes Masifi metamorfik birimlerinin örtü kayaçlarını ve İzmir Ankara Kenet Kuşağı'nın temel birimlerini meydana getirmektedir. Neojen yaşlı birimler, genellikle nehir-göl fasiyesinde gelişmiş tortul kayaçlar ve türlü volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Tortul ve volkanik kayaçlardan oluşan Alt Miyosen, yıllık

kayaçlarla temsil edilmektedir (Akyürek ve Soysal, 1983; Kaya, 1979, 1981; Akdeniz vd. 1986; Yılmaz, 1997; Yılmaz vd., 2000; Koçyiğit vd., 1999; Genç vd., 2001).



Şekil 12. İnceleme alanına ve çevresine ait 1/100.000 ölçekli jeolojik haritası (MTA, 2014)



Şekil 13. İnceleme alanının stratigrafik kesiti (MTA, 2014)

İzmir'in kuzeyinde yer alan Menemen, Foça ve Aliğa çevresindeki Miyosen birimler; büyük ölçüde kompleks stratigrafi göstermekte olup bu birimler nehir-göl fasiyesinin karasal birimlerinden ve bu birimlerle iç içe geçmiş olup son derece yaygın volkanizmalardan oluşur. Kaya (1981); volkanizmaların, ilkinin geçişli ve ikincisinin silisli karakterde olmak üzere iki ayrı dönemi kapsadığını, geçişli lavlar, aglomeralar ve Neojen çökelleriyle tüflerden oluşan volkanlar, volkanizma içinde yükselmeler olarak gözlenen volkanik komplekslerden oluştuğunu ifade etmektedir. İzmir'in kuzeyindeki Yamanlar Dağları, Menemen bölgesindeki Dumanlı Dağ bu birimlerden oluşmakta ve stratovulkanik komplekslere karşılık gelmektedir (Öğdüm, 1983; Eşder vd., 1991).

a. Menderes masif metamorfikleri

Menderes masifi, Batı Anadolu'nun en önemli metamorfik birimi olup İzmir-Ankara Kenet Kuşağı-Likya napları arasında yer almaktadır. Diğer tektonik birimler gibi Menderes Masifi de kabaca kuzeydoğu-güneybatı doğrultuludur. Menderes Masifinin en üst düzeyleri Alt Eosen'e kadar çıkan metamorfik kuşaklardan oluşmuştur. Okay (1989), masifin genel stratigrafik diziliminin Prekambriyen gnayslarla başladığını ve yukarıya doğru Alt Paleozoik mika şistler, Permo-Karbonifer meta kuvarsit, siyah fillit ve koyu rekrystalize kireçtaşları ile devam ettiğini belirtmiştir. Bunların üst kısmında Mesozoyik kalın tabakalı, rekrystalize neritik kireçtaşları bulunmaktadır. Paleosen ve Alt Eosen; rekrystalize pelajik kireçtaşları ve şist ile temsil edilmişlerdir. Yılmaz (1997), masifin yaşı ile ilgili birçok radyometrik ve paleontolojik yaşlandırma yapıldığını ancak masifin oluşumu ve gelişmesinin hala tartışıldığını ifade etmiştir. Alttaki gnaysların radyometrik yaşının 1.2 milyar yıldan 5-10 milyon yıla kadar değiştiği ortaya koyulmuştur (Şengör vd., 1984). Bununla birlikte esas metamorfik dönemin, Geç Kretase-Erken Miyosen arasında gerçekleştiği tahmin edilmektedir (Yılmaz, 1997).

b. Karaburun kuşağı

Erdoğan (1990) tarafından Karaburun Kuşağı olarak adlandırılan bölüm Siluriyen-Karbonifer zamanda yaşlı Dikendağı, uyumsuzlukla geç Skitiyen ve Erken Ladiniyen zamanda yaşlı Gerence, Ladiniyen-Karniyen zamanda yaşlı Camiboğazı, Karniyen-Resiyen zamanda yaşlı Güvercinlik, Liyas-Malm zamanda yaşlı Nohutalan ve uyumsuzlukla Kampaniyen-Maastrihtiyen zamanda yaşlı Balıklıova Formasyonları yüzeyler.

Karaburun kuşağının stratigrafik kesitinde en yaşlı birim, baskın şekilde gözlemlenen fosil içerikli kireçtaşlarından oluşan Alt-Orta Karbonifer'e ait Alandere formasyonu (Erdoğan vd., 1990) olup Dikendağı formasyonuna karşılık gelmektedir. Çakmakoğlu ve Bilgin (2006) tarafından tanımlanan bu formasyon, kumtaşı, siltaşı, çamurtaşı ve genellikle çört

ardalanmasından oluşan istif şeklindedir. Karareis formasyonu ile birlikte Denizgiren grubu altında toplanan Gerence formasyonu kırıntılı ve çörtlü karbonatlardan oluşmaktadır (Erdoğan vd., 1990). Camiboğazı Formasyonu, diğer birimlere oranla sarp morfoloji sunmasıyla belirgin, beyaz ve açık gri renklerde masif kireçtaşlarından oluşmaktadır (Gümüş, 1971). Bu birimin yaşı, Noriyen'den Resiyen'e kadar gitmektedir. Güvercinlik formasyonu uyumlu olarak Camiboğazı formasyonu üzerinde oturmakta ve algi stromatolitler, megalodonlu kireçtaşları ve kuvarsitik kumtaşlarından oluşmuştur (Erdoğan vd., 1990). Nohutalan Formasyonu, düzgün orta-kalın tabakalı ve gri renkte kireçtaşları ile dolomitik kireçtaşlarından oluşmakta ve alt kesimleri Güvercinlik formasyonuna benzer şekilde gelgit düzlüğü ve sahil açığı karbonat tortullaşma ürünüdür (Erdoğan vd., 1990). Karbonat ve kırıntılı kaya birimlerinden oluşan Balıklıova Formasyonu Güngör (1989) tarafından tanımlanmıştır.

c. Bornova karmaşığı

Bölgede görülen en yaşlı birim, İzmir-Ankara Zonu'na ait Bornova Karmaşığı'dır (Erdoğan, 1990). Bu birim, Maestrihtiyen-Daniyen aralığında oluşmuştur. Temel oluşturan Bornova Karmaşığı, İzmir-Ankara Zonu'nun ileri seviyede deformasyona geçirmesi sonucunda kıvrımlı bir yapı göstermektedir. Oldukça kompleks bir iç yapı sunan birimde çamurtaşı, şeyl ve çakıltaşı yapıları karmaşık şekilde görülmektedir. Çoğunlukla alterasyona uğramış olan Bornova Karmaşığı, sarımsı kahverengi renklerde bulunur. Bazı geçişlerinde ise grimsi siyah, turuncu ve kahverengi renkleri de gözlenmektedir. Yoğun bir şekilde deformasyona uğramış olan birim, kıvrımlı, kırık, ezilmiş ve parçalanmış yapısıyla karakterize olmaktadır.

d. Tortul kayalar

Aliğa-Foça-Menemen ve Urla çevresinde son derece karmaşık bir stratigrafi oluşturan tortul kayalar Gediz Deltası'nı çevrelemekte ve Körfez kıyılarını oluşturmaktadır. Stratigrafik kesitin öncelik olarak Orta-Üst Miyosen kısmını uyumsuzluk ile kapsayan Aliğa Formasyonu, gölsel kireçtaşı, bazalt, kumtaşı, kıltaşı, tuf ve tüfit yapıları ile istiflenmekte ve iç içe geçmektedir (Kaya, 1978; Dönmez vd., 1998).

Alt ve Orta Miyosen'i kapsayan volkanitlerle uyumsuzlukla ilerlemekte olan obsidyen, foça tufu ve ignimbirit yapıları ile karmaşık bir yapı oluşturmaktadır.

Ardından yine aynı dönemi oluşturan yamaç molozu, alüvyal yelpaze çökelleri şeklinde düzensiz yapıda, kötü boylanmalı, volkanik parçalardan oluşan çakıltaşları, tuf, aglomera, bazalt, piroksen andezit yapıları Yenifoça Formasyonunu oluşturmaktadır (Kaya, 1978). Bu Formasyonlar arasına volkanitlerde uyumsuzlukta geçmektedir. Alt Miyosen'i kapsayan ve tekrardan uyumsuzlukla ilerleyen Soma Formasyonu, kömür ve turba ara seviyerleri içermekte

olan çakıl/kum/kiltaşları, marn, şeyl, killi kireçtaşı, tuf-tüfit sıralanması içermektedir (Akyürek ve Soysal, 1978).

Bu Formasyonun alt kısmında ise karasal ortamda çökelmiş olan kırmızı renkli çakıltaşları ve kumtaşlarını kapsayan Yeniköy Çakıltaşı Formasyonu bulunmaktadır. Bu birim üzerine çökelediği İzmir filişine ait kumtaşı, kiltası ve kireçtaşlarına ait çakıllar da içermektedir (Kaya, 1978).

Karaburun kuşağı'nı kapsayan kısmında ise Alt ve Orta Miyosen'de Urla kireçtaşı, kiltası, kumtaşı ve piroklastikler iç içe geçmiş halde bulunmaktadır. Yer yer foça tüfleri ve ignimbiritlerde bu kuşakta gözlenmektedir (Kaya, 1978).

e. Volkanik kayalar

Üst Miyosen'den Orta Miyosen'e geçişte tortul kayaları uyumsuzlukla izleyen Yuntdağı volkanitleri, andezit, bazalt, bazaltik andezit, piroksen andezitik lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır (Akyürek ve Soysal, 1978). Ardından Üst-Orta Miyosen'i kapsayan riyolit birimleri Haykıran volkanitlerini temsil etmektedir (Kaya, 1978). Bir alt kısmında ise bazaltik lavlar ve piroklastikleri içermekte olan Balabantepe volkanitleri bulunmakta ve tekrardan uyumsuzlukla volkanitlere geçiş yapmaktadır (Kaya, 1978). Bu geçiş; volkanik kül, lav breşi, tuf, merceksel kireçtaşı ve baskın olarak bazaltik-piroksen andezitik lav ile aglomera ve tuf içeren Hasanlar volkanitleri ile sağlamaktadır (Kaya, 1978). Tortul kayaları uyumsuzlukla ilerledikten sonra Alt Miyosen'e geçişte bazaltik ve piroksen andezitik lavları temsil eden Samurlu volkanitleri ile karşılaşmaktadır (Dönmez vd., 1998).

f. Alüvyon

Kuvaterner olarak, nehir-dere yatakları yüzeylerinde gözlemlenen boz ve kırmızımsı renkte toprak, silt ve kil karışımından oluşan birimlerdir. Tüm eski birimlerin malzemesini içeren alüvyonlar tutulmamış olup birim, körfez ve kıyı şeritlerinde yer yer plaj kumlarını da içermektedir. İnceleme alanına ait en bereketli ve verimli tarım toprağını oluşturmaktadır.

Yapısal jeoloji

Çalışma alanı Menderes Masifi, Sakarya zonu, İzmir-Ankara kenet kuşağı ve Karaburun kuşakları tarafından çevrelenir. Proje alanı ve çevresinde, Neojen yaşlı Killi kireçtaşı birimi gözlenmektedir. Birim, açık sarı renkli, orta kalın tabakalı, kil taşı, killi kireçtaşı ardalanması şeklindedir. Genelde kısmen orta derecede ayrılmış, geçişli sertliklerde, orta derecede çatlaklı olup, çatlak boşlukları okside olmuştur ve bazı bölümlerde silis dolgulara rastlanmaktadır.

İzmir ili, Menemen ilçesi, Maltepe Köyü civarı Türkiye ana tektonik birliklerinden

Sakarya Zonu ve İzmir-Ankara Kenet Kuşığı'nın kesiştiği alanda bulunmaktadır. Bu kesişim kuzeyde Sakarya Kıtası-Menderes Masifi arasında bir tektonik birliktelik oluşturmaktadır (Okay vd., 1996; Yılmaz, 1997). Bornova karmaşığı veya Bornova fliş zonu olarak da adlandırılan bu tektonik grup Üst Kretase ve Paleosen yaşlı kaya topluluklarından meydana gelmektedir.

Fliş fasiyesinde bulunan kırıntılı kayalar ile içinde irili ufaklı bloklar oluşturan serpantin, çört, diyabaz ve kireçtaşları bu tektonik birliğin litolojileridir. Birimin bazı kesimleri metamorfizma geçirmiştir (Erdoğan, 1990).

a. Faylar

Bölgenin ana tektonik hatlarını kuzeydoğu-güneybatı ve kuzeybatı-güneydoğu yönlü faylar oluşturur. Bunlardan en önemlileri, Çandarlı Mahallesi ve Foça ilçesi civarında gözlenen kuzeybatı-güneydoğu yönlü faylar, Menemen Ovası'nın bir kenarını sınırlayarak Aliğa ilçesi güneyindeki Ilıca Burnu'na doğru uzanan aktif fay ve Yenifoça Mahallesi güneyindeki aktif faylardır.

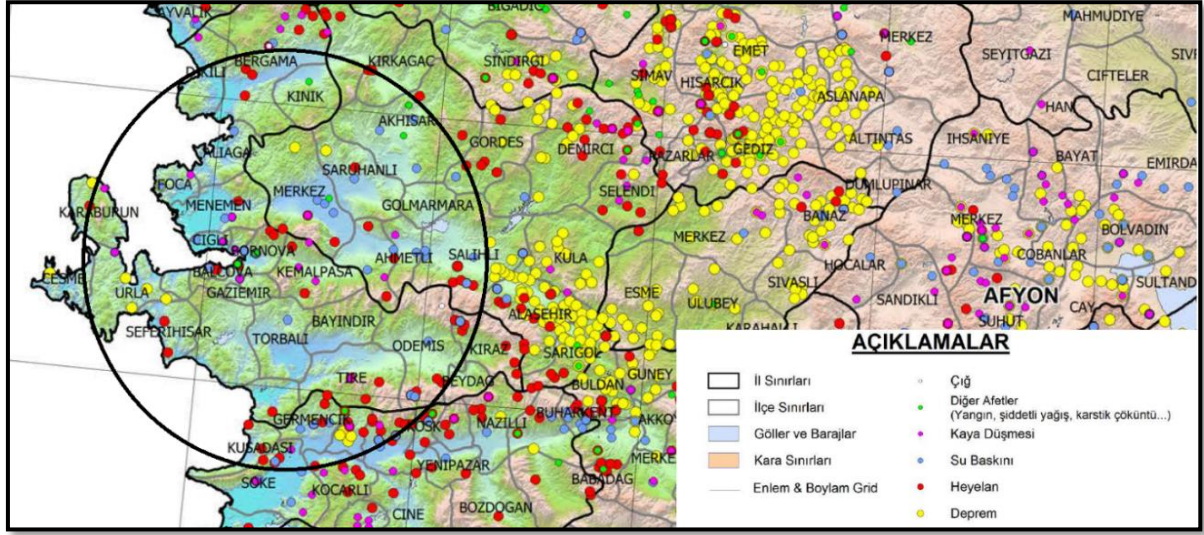
Özellikle Aliğa Formasyonu ve Urla kireçtaşının çökelişi öncesinde bölgede kuzeydoğu-güneybatı yönlü büyük çöküntüler oluşmuş ve ilgili birimler yeni oluşan çukurluklarda çökelmiştir.

b. Bindirmeler

Çalışma alanı çevresindeki en önemli bindirmeleri Karaburun Yarımadası'ndaki Triyas birimleri içerisinde gerçekleşen yaklaşık kuzey-güney doğrultulu bindirmeler oluşturur.

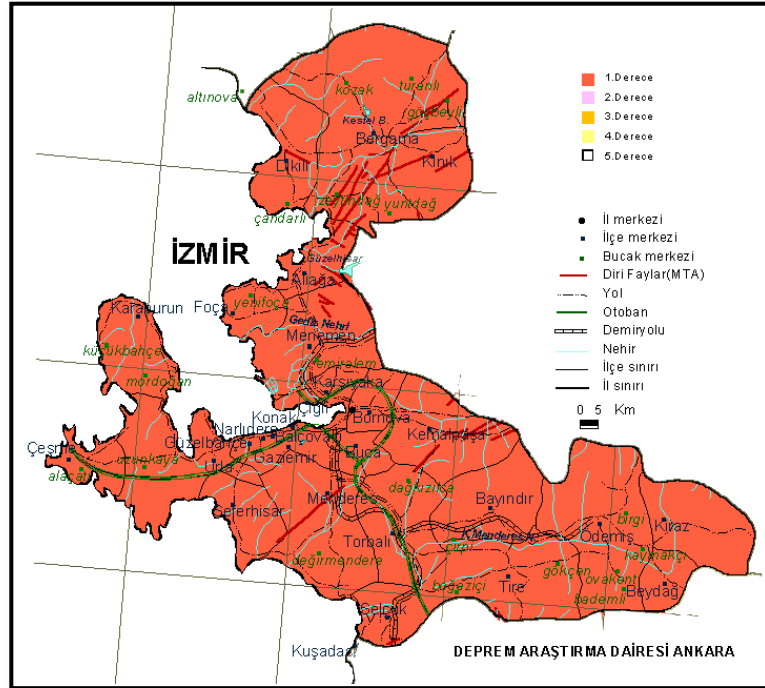
Doğal afet riski

Proje alanının ve çevresinin Gediz Nehri'ne yakın olması ve bölgesel olarak alüvyon zemin olması sebebiyle tesis üzerinde su birikme ve biriken suların atıklarla birleşerek koku oluşturma ihtimalleri yüksektir. Bu nedenle tesis çevresinde kuşaklama kanalları oluşturulmuştur. Oluşturulmuş olan bu betonarme trapez yağmur suyu kanalları saha üzerine düşecek suyun drenajını sağlamada önemli rol oynamaktadır. Biriken sular menhollerde toplanmaktadır. AFAD'ın 1950-2008 yılları arasını temel alarak hazırlanmış olduğu Afete uğraşmış Yerleşim Birimleri Haritasına göre proje alanı ve çevresini incelediğimizde Menemen ve Foça'da gerçekleşmiş olan heyelan, su baskını ve kaya düşmesi olayları görülmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. 1950-2008 arası Afete Uğraşmış Yerleşim Birimleri Haritası (AFAD)

Gerçekleşmiş olan bu afetler bölgelerdeki iklim faktörleri göz önüne alınarak; çevre üzerinde Gediz Nehri etrafındaki ani yağış farklılıkları ve yazın gerçekleşmiş olan ani sıcaklık farklılıklarından kaynaklanabileceğini göstermektedir. Fakat proje alanının zemin yapısının killi kireçtaşı olması, yeterli su yönetiminin yapılması ve eğim farklılıklarının yüksek olmamasından kaynaklı olarak proje alanında sel ve su baskını, kaya düşmesi ve heyelan riskleri bulunmamaktadır. Çığ riskini göz önüne aldığımızda İzmir’de gerçekleşen yağış niteliği ve hava sıcaklıklarına göre herhangi bir risk oluşturmamaktadır.



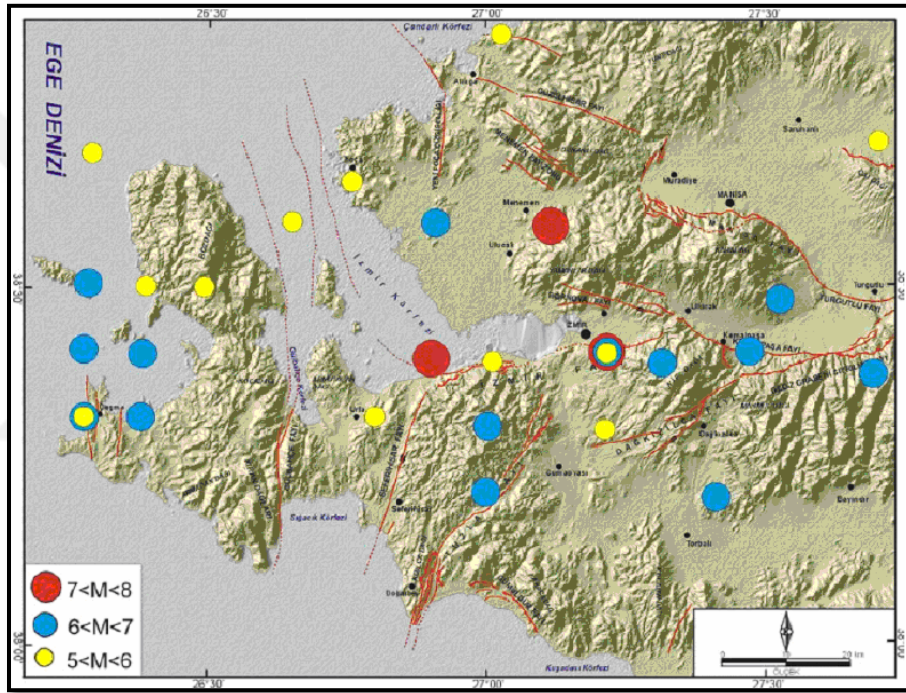
Şekil 15. Bölgeye ait Deprem Haritası (Deprem Araştırmaları Dairesi)

Proje alanı; Bakanlar Kurulunun 18 Nisan 1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı uyarınca yürürlüğe giren “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’na” göre I. derece deprem bölgesinde yer

almaktadır (Şekil 15).

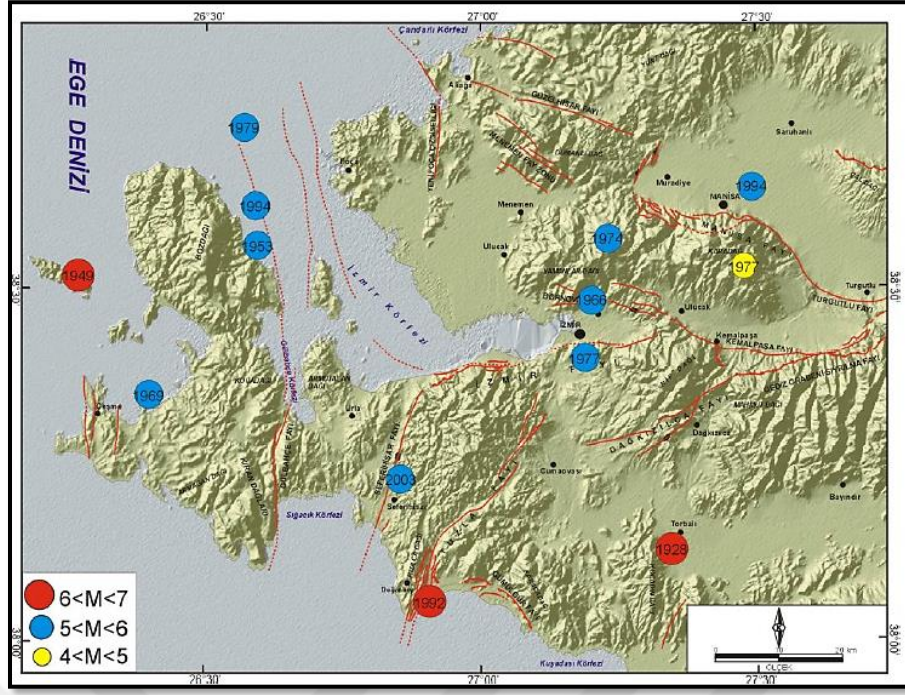
İzmir ve çevresi tarih boyunca birçok uygarlığın bulunduğu bir alanda olmasından kaynaklı deprem kayıtları hakkında veriler fazladır. Bu deprem kayıtları, kentin merkez ve çevresindeki birçok bölgenin tarihsel dönem boyunca depremlerden yoğun olarak etkilendiğini ortaya koymaktadır (Şekil 16).

1900'lü yıllardan itibaren "Alemlsel Dönem" olarak ifade edilen ve günümüze kadarki periyot, bu zaman dilimi içerisinde İzmir ve çevresini etkileyen çok sayıda deprem olmuştur (Şekil 17). İzmir ili, merkez olmak üzere yaklaşık 50 km yarıçapa sahip alanda son yüzyılda meydana gelen 13 depremin büyüklüğü (magnitüdü) 4'ten büyüktür.



Şekil 16. İzmir ve çevresinde tarihsel dönemdeki depremlerin diri fay haritasındaki yayılımı (Depremlere ait lokasyon ve büyüklükler İDSDMP'den alınmıştır).

Bu depremlerden bazıları bölgede ciddi şekilde can kayıpları ve maddi hasarlara sebep olmuştur. Son yüzyıl içerisinde meydana gelen depremlerden en büyüğü 31 Mart 1928 tarihinde gerçekleşen Torbalı depremidir (M_w : 6.5). Bu deprem, çok geniş bir alanda etki göstermiş olup iki binden fazla ev yıkılmış ya da hasar görmüştür. İzmir'in güneyinde 6 Kasım 1992 tarihinde meydana gelmiş depremin büyüklüğü ise M_w :6.0 olarak kaydedilmiştir. İzmir ve yakın çevresi orta büyüklükte bir depremde olsa, farklı alanlarda oluşan bu depremlerden yoğun bir şekilde etkilenen coğrafik bir konumda bulunmaktadır.



Şekil 17. İzmir çevresinde son yüzyılda gerçekleşen depremlere ait ($M > 5$) diri fay haritasındaki dış merkez dağılımları. (Lokasyonlardan 1992 depremi Türkelli vd., (1995), 2003 depremi, USGS, diğer depremler ise İDSDMP’den alınmıştır).

2002-2003 yılları arasında “İzmir Çevresinin Güncel Tektoniği ve Diri Fayları” projesi kapsamında bölgede deprem üretme potansiyeli fazla olan diri faylar araştırılmıştır. Bu araştırmaya göre; on üç tane diri fay haritalanmış olup bölgedeki etken tektonik yapılar istikamet atımlı ve düzgüsel faylardan meydana gelmektedir. Diri faylar, D-B, KD-GB, K-G ve KB-GD doğrultusunda, düzgüsel faylar ise D-B genel gidiş doğrultudadır. Doğrultu atımlı fayların çoğunluğu sağ yönde olup K-G, KD-GB ve KB-GD şeklinde genel doğrultuludurlar. İzmir doğusunda bulunan faylar, Gediz grabeni içinde yer alırken bu grabenin batı tarafında İzmir fayı hariç haritalanan fayların neredeyse tamamı istikamet atımlı ya da baskın oblik faylardır. Oblik fay, ana hareket yönüne ayrıca bir tali harekete haiz olan faylara denir. Faylara ait nitelikler ve yöresel dağılımları Gediz grabeni batısında istikamet atımlı deformasyonun başat bulunduğunu göstermektedir. Doğrultu atımlı fayların bir bölümü ise Gediz grabeni batı ucundaki hareketi sönmülenmeyi elde eden aktarma yapıda bulunmaktadır.

1900 yılları ve günümüz zaman aralığında yüzey kırılmasıyla sonuçlanan büyüklükte deprem üretmiş faylar, deprem yüzey kırığı olarak tanımlanmaktadır. Holosen fayı, son 11 bin yılda üstünde yüzey yırtılması gelişmiş olan ve büyük deprem üretmiş faylar olarak tanımlanmaktadır. Kuvaterner fayı ise son 260 bin yılda yüzey kırılmasıyla sonuçlanan büyüklükte deprem üretmiş fakat Holosen aktivitesi ve deprenselliği şüphe içeren faylardır. Bu Kuvaterner faylar, proje alanı ve çevresinde deprem potansiyeli en yüksek kaynaklardır. İkinci derecede aktif rol oynayan Holosen fayı da bu alanda etkindir. Kuvaterner’de faal olmuş, sadece Holosen olarak aktivitesi katı biçimde

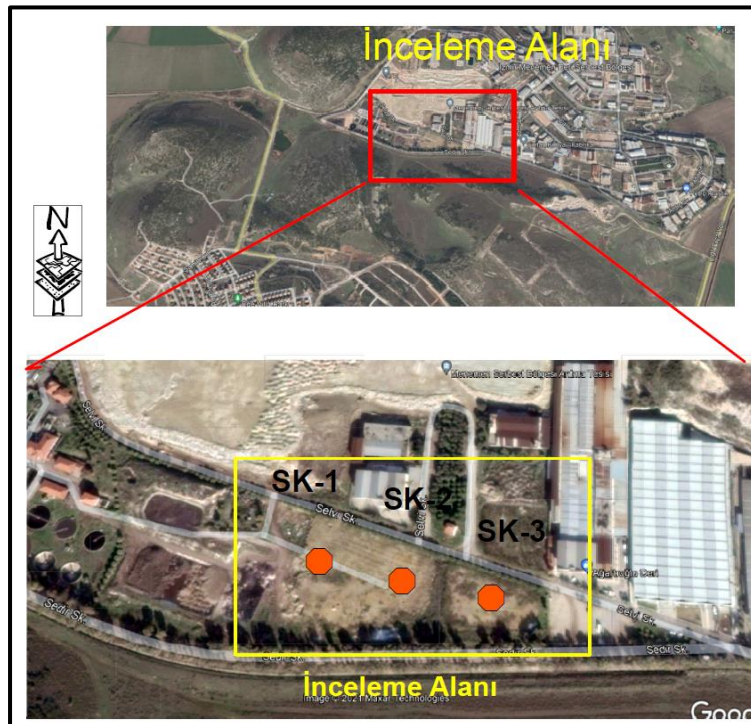
belgelenememiş faylar, olası diri fay olarak tanımlanmıştır. Çizgisellikler, günümüz morfolojisi içinde bariz olarak yalnızca Kuvaterner aktivitesi hakkındaki ayrıntı ve jeolojik veri toplanamamış neotektonik devre yapılarıdır. İzmir çevresini incelediğimizde ise muhtemel kuvaterner fayı ya da çizgisellik yapıları da deprem üretme potansiyeli açısından etken tektonik yapılarıdır.

Batı Anadolu'nun orta bölümündeki ana graben sistemleri Gediz ve Büyük Menderes grabenleridir. Bölgede ana graben sistemlerine paralel olarak normal faylar gelişmiştir. İzmir civarına en yakın sismik aktivite alanı Gediz graben sisteminin batı tarafında bulunmaktadır. Bu graben sistemindeki genel tektonik yapılar normal faylardır. Gediz graben sistemi dışındaki neotektonik dönem yapılan doğrultu atımlı fay karakteristikleri taşımaktadırlar. İzmir Körfezi'nin güneyi ve doğusunda normal faylar yer almaktadırlar. Bu fayların başlıca olanları İzmir Fayı, Manisa Fayı ve Bornova Fayı'dır. İzmir Körfezi'nin batı ucundaki KKD-GGB doğrultulu Karaburun Fayı güncel çalışmalar sonucunda doğrultu atımlı fay olarak değerlendirilmektedir (Sözbilir vd., 2010).

Metod

Depolama sahasına ait jeolojik-jeoteknik özelliklerini, yeraltı su seviyesini saptamak amacıyla sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiş olup sahanın mühendislik jeolojisi haritaları hazırlanmıştır. Proje alanında yapılmış olan sondajlardan alınan numunelere arazi ve laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

Sondajlar



Şekil 18. İnceleme alanına ait sondaj lokasyon haritası (Google Earth uyarlanmıştır)

Atık depolama sahası yapılması planlanan inceleme alanlarındaki temel zemininin jeolojik/jeoteknik özelliklerini belirlemek amacı ile derinlikleri 15 m olan 3 adet jeoteknik sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondaj çalışmaları kamyon üzerine monte edilmiş Aker tipi rotary sistem ile çalışan sondaj makinesi ile yapılmıştır (Şekil 18 ve 19).



Şekil 19. Sondaj yapılırken görseller

Depolama alanının yapılacağı arazinin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla yerleri Şekil-33'te gösterilen, derinlikleri 15 m olan 3 adet sondaj açılmıştır. Sondaj çalışmaları sırasında; ilerlemeye paralel olarak her 1,50 m'de, iri daneli zeminlerde sıklık, ince daneli zeminlerde ise kıvam özelliklerini kontrol etmeye yönelik SPT (Standart Penetrasyon Testi) yapılarak örselenmiş örnekler alınmıştır. Ayrıca 3 eksenli basınç deneyi yapılmak üzere karot numuneleri de alınmıştır.

Arazi deneyleri

1. Standart penetrasyon deneyi

Zeminin mukavemet ve yoğunluğunu değerlendirmek amacıyla sondaj kuyusu içerisinden örselenmiş numune olarak yapılan dinamik bir kesme deneyidir. Normalde; kumlu zeminler için yapılan bu deney, yumuşak kil yapısından zayıf kayalara kadar farklılık gösteren birimlerde çeşitli amaçlar için uygulanabilmektedir. Numune alma haznesinin veya kazıkların zemine 30 cm çakılabilmesi için, 76 cm yükseklikten düşürülen ve 63,5 kg olan şahmendar tarafından zemine uygulanan darbelerin sayısının (N) belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. İlk 15 cm'lik bölümü çakmak için uygulanan darbe sayıları, boru zemini harekete geçirdiği için dikkate alınmamakta olup deney 45 cm zonda yapılır. Son iki zondaki ilerleme için vurulan darbelere ait sayılar, ayrı şekilde kaydedilmekte ve toplamları N şeklinde belirtilmektedir. SPT

uygulamaları, genel ilkeler doğrultusunda, 1.5 m aralıklarda ve zemin türünün değiştiği düzeylerde, muhafaza borusunun alt noktasından itibaren yapılır. 50 darbe sayısında 15 cm'lik ilerleme sağlanamadığı durumlarda deney sonlandırılarak R şeklinde kaydedilir. SPT-N değerleri ve zemin durumuna göre Tablo 5'te verildiği gibi yorum yapılabilir.

Tablo 5. Zeminlerin SPT-N Değerine Göre Tanımlanması

İnce Taneli Zeminler (Kil, Silt-Kohezyonlu Zeminler)		Kaba Taneli Zeminler (Kum, Çakıl, Kohezyonsuz Zeminler)	
SPT-N değeri (30 cm için darbe sayısı)	Tanımlama	SPT-N değeri (30 cm için darbe sayısı)	Tanımlama
0-2	Çok Yumuşak	0-4	Çok Gevşek
3-4	Yumuşak	5-10	Gevşek
5-8	Orta Katı	11-30	Orta Sıkı
9-15	Katı	31-50	Sıkı
16-30	Çok Katı	>50	Çok Sıkı
>30	Sert		

Bu çalışma kapsamında kaydedilmiş darbe sayısına göre bir SPT-N değeri belirlenmektedir. Belirlenmekte olan bu değerlere ve oluşturulan sondaj loglarına göre zemin ile ilgili bilgilere ve yorumlara ulaşılmaktadır.

2. Permeabilite Deneyi

Zeminin geçirimsizlik özelliklerini belirlemek amacıyla farklı yöntemlerle yapılır. Sondaj kuyularında sabit seviyeli permeabilite deneyi yapılmıştır. Bu deney süresince hidrolik eğim ve su düzeyi devamlı olarak sabit tutulup borular ile numuneden geçen su miktarı belli bir süre içerisinde dereceli kapta toplanarak ölçülür. Bu nedenle sondaj kuyularına 20 dk içinde verilen su miktarı belirlenerek, permeabilite değeri hesaplanmaktadır (Şekil 20).

Sondaj kuyularında basınçsız su deney düzeneği kurularak sabit seviyeli permeabilite deneyi yapılmıştır. Kuyuya 20 dk süre ile verilen su miktarı belirlenerek, permeabilite katsayısı Denlem 1'de verilen bağlantı ile hesaplanmıştır (Şekercioğlu, 1998; Özyayın, 1989).

$$k = \frac{Q}{(5.5).r.h.t} \quad (1)$$

Denkleme göre; k(cm/sn): permeabilite katsayısı, Q (cm³): debi (su miktarı), t (sn): süre, r (cm): kuyu yarıçapı, h (cm): deney yapılan bölgenin derinliği.

Laboratuvar deneyleri

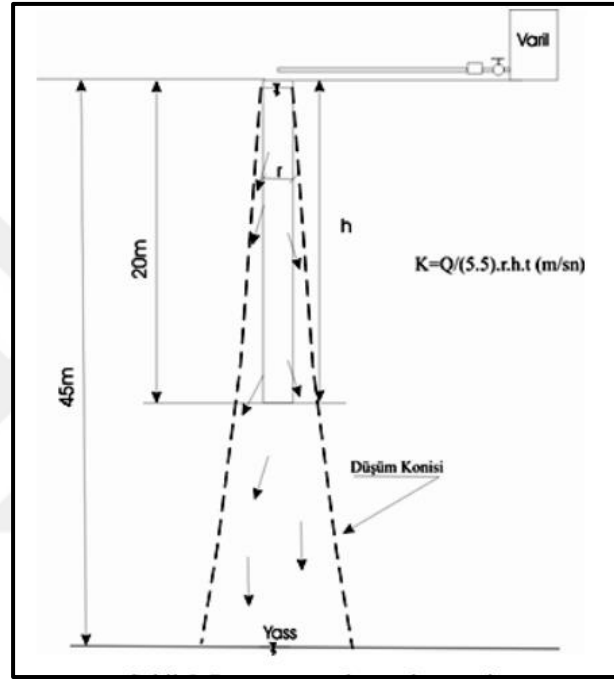
1. Su İçeriği

Deney, zemin bünyesindeki su içeriğini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Su içeriği

ıslak zeminin danelerinin arasındaki boşluklarda içerdiği su durumunu gösteren, su miktarının kuru numune miktarına oranı olarak tanımlanmaktadır.

2. Birim Hacim Ağırlık

Birim hacim ağırlık deneyi ile alandan alınan karot örneklerinin kütleli biriminde hacimsel ağırlığını hesaplamayı sağlar. Bu durum zeminin doğal birim hacim ağırlığını vermektedir. Kuru yoğunluk ve kuru birim hacim ağırlık tayininde ise numune etüvde kurutulduktan sonra ağırlık ölçümü yapılmaktadır.



Şekil 20. Basınçsız permeabilite deney düzeneği

3. Elek analizi

TS 1900-1 (2006) veya ASTM D 422 (2007) de belirtilen esaslar doğrultusunda, zeminin dane boyutunu belirlemek ve ardından zemini sınıflandırabilmek amacıyla yapılmaktadır.

4. Kıvam (Attenberg) limitleri

Zeminin kıvam özelliklerini tayini, ince zemin taneleri ve su arasındaki temaslarının değişen su oranına göre zemin durumunun tanımlanmasıdır. Bu tanımlamada; zeminin plastik bir yapıdan akıcı yapıya dönüşmesindeki su muhtevası likit limiti ifade etmektedir. Likit limit tayini, Casagrande likit limit aleti ile gerçekleştirilir. Zeminin yarı katı halden plastik hale geçişindeki su muhtevası ise plastik limiti ifade etmektedir. Deney ise 40 nolu elekten geçirilmiş likit limit deneyi için kullanılan numuneden bir miktar alınarak buzlu cam üzerinde

avuç ile yuvarlanmasıyla gerçekleştirilir. Ardından etüvde kurutularak bu plastik hale geçişte elde edilen su muhtevası değerine ulaşılmaktadır. Bu değerlere göre plastisite indisi de hesaplanmaktadır.

Zemine dair elek analizi ve kıvam limitleri sonuçlarına göre USCS'ye göre Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırılması gerçekleştirilmektedir (Tablo 6).

5. Üç eksenli basınç deneyi

Deney, örselenmemiş numunelerin üç eksenli olacak şekilde sıkışmaya maruz bırakılarak makaslama dayanımı parametrelerinin belirlenmesi hedeflenir. Zeminin sıkışabilirliği arazideki efektif gerilme eşdeğeri düzeyden başlayarak artan gerilmeler altında ölçülebilir. Ölçümler sonucunda Mohr daireleri oluşturularak kohezyon ve içsel sürtünme açısı parametreleri bulunur. Bu deney, konsolidasyonsuz-drenajsız (UU), konsolidasyonlu-drenajsız (CU) ve konsolidasyonlu drenajlı (CD) olarak üç farklı tipte yapılabilmektedir.

Sondajdan alınan örselenmemiş numuneler üzerinde; kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerini elde etmek amacıyla konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) üç eksenli basınç deneyi yapılmaktadır.

Tablo 6. Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırılması

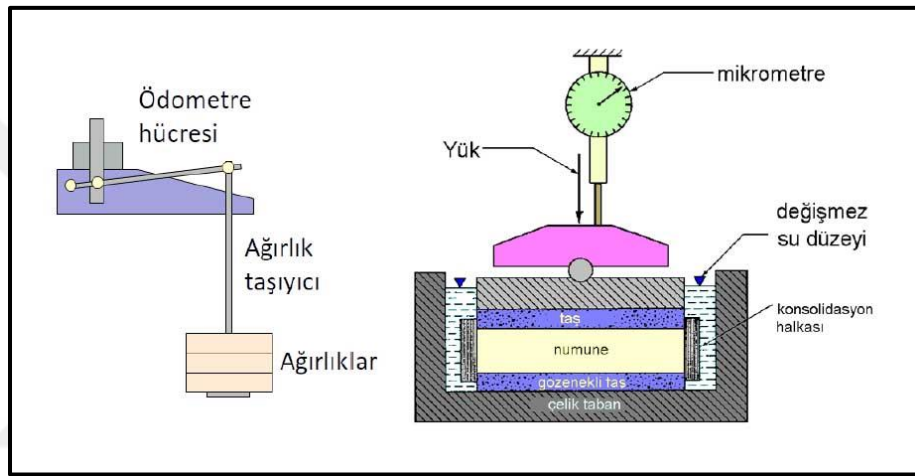
İnce Daneli Zeminler (No. 200 Elekten Geçen ≤ %50)	Çakıllar	Temiz çakıllar (No. 200 Elek altı < %5)	GW	İyi derecelenmiş temiz çakıllar ve çakıl-kum karışımları	No.200 Elekten Geçen Kısım ≤ % 5 GW, GP, SW, SP > % 12 GM, GC, SM, SC % 5 - % 12 Çiğle Sembol Kullanılır	C _u = $\frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ C _c = $\frac{D_{30}^2}{(D_{10})(D_{60})} > 1-3$		
						D ₁₀ ve (D ₁₀)(D ₆₀)		
İnce Daneli Zeminler (No. 200 Elekten Geçen > %50)	Kumular	Siltli ve killi çakıllar (No.200 elek altı > %12)	GM	Siltli çakıllar, çakıl-kum-silt Karışımları	C _u ≤ 4 veya C _c ≠ 1-3	A hattının altında veya I _p < 4	A hattının Üstünde ve 4 < I _p < 7	
			GC	Killi çakıllar, çakıl-kum-silt Karışımları		A hattının üzerinde ve I _p > 7	çift sembol	
		Temiz kumlar (No. 200 Elek altı < %5)	SW	İyi derecelenmiş temiz kumlar, çakıllı kumlar		C _u = $\frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ C _c = $\frac{D_{30}^2}{(D_{10})(D_{60})} = 1-3$	D ₁₀ ve (D ₁₀)(D ₆₀)	
			SP	Kötü derecelenmiş temiz kumlar Ve çakıllı kumlar		C _u ≤ 6 veya C _c ≠ 1-3		
	Siltler ve Killiler	Düşük plastisiteli siltler ve killiler (W _L < %50)	SM	Siltli Kumlar	A hattının altında veya I _p < 4	A hattının Üstünde ve 4 < I _p < 7	çift sembol	
			SC	Killi Kumlar				
			Yüksek plastisiteli siltler ve killiler (W _L > %50)	MH				Yüksek plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler
		CH		Yüksek plastisiteli inorganik killiler ve siltli killiler				
		OH		Yüksek plastisiteli organik killiler ve siltler				
		Organik zeminler	Pt	Turba zeminler ve diğer organik zeminler				

(Kaynak: USCS)

6. Konsolidasyon deneyi (ödometre)

Bir zeminin su ile teması sonrasındaki şişme/oturma özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerdir. Arazideki zemin katmanlarının dikeydeki yüklemeleri altında sıkışması temeline dayanarak laboratuvardaki doygun numunelerin yatay yöndeki etkilerinin engellenmesi hedeflenmekte olup ödometre aleti ile deney gerçekleştirilir (Şekil 21). Deney esnasında belirli zaman aralıklarında şişme-oturma miktarı, boşluk oranı ve kuru birim ağırlığı ölçümlerine göre şişme yüzdeleri belirlenir ve eğriler oluşturulur.

Sondaj sırasında alınan örselenmemiş numuneler üzerinde basınç altında suya boğularak yapılan deneylerin sonucunda şişme basıncı ve yüzdelerine ulaşılmaktadır.



Şekil 21. Ödometre deney düzeneği

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde; ilk olarak önceki bölümde verilmiş olan inceleme alanının haritası ve stratigrafik kesiti göz önünde bulundurularak iki aşamada incelemeler gerçekleştirilmektedir. Bu aşamalardan birincisi alanda açılmış olan sondajlara ait bilgileri, arazi ve laboratuvarında yapılmış olan deneylere ait sonuçları, hidrolojik-hidrojeolojik özelliklerini ve deprem özelliklerini içermektedir.

İkinci aşama ise farklı mekanik özelliklere sahip atıklara göre, alanın depolama sahası olabilmesi için yapılan stabilite ve duraylılık analizlerinin detaylarını içermektedir.

Sondaj Çalışmaları

Menemen (İzmir) ve çevresi jeolojik olarak volkanik birimlerin yaygın bir şekilde yüzelediği bir alandır. Bu alanda tabandan tavana doğru; Miyosen dönemlerine ait Yuntdağ Volkanitleri, bunlar üzerinde uyumsuz dokanaklı kil-kum-kireçtaşı-silttaşı-konglomera ardalanmalı Miyosen döneminde oluşmuş sedimanter oluşuklar ve tüm birimleri örten alüvyonlar yer almaktadır.

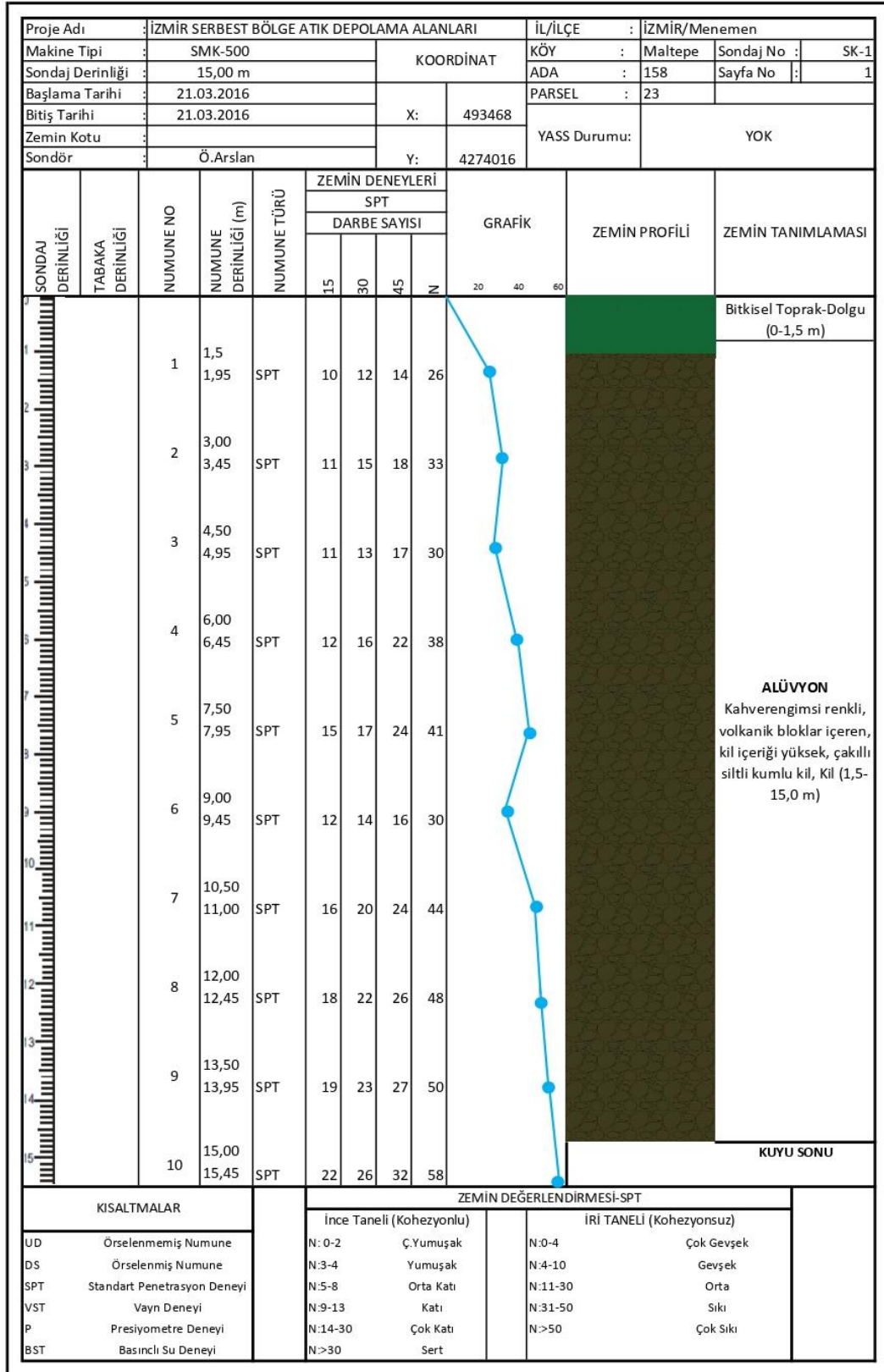
Jeolojik birimler; oluşumları ve daha sonra maruz kaldıkları tektonik etkiler nedeni yatay ve düşey doğrultuda kısa mesafelerde dahi farklılıklar gösterebilmekte olup karmaşık stratigrafi göstermektedir. Jeolojik birimlerin özellikle düşey doğrultuda değişim göstermesi kontrolü zor olabilen olumsuzluklar barındırabilmektedirler. Yüzey ve yüzeye yakın seviyelerde yer alan sağlam zeminlerin altında daha derinlerde üzerlerine yapı inşa edildiğinde problem çıkarabilecek jeolojik birimler yer alabilir. Bu tür zeminlerin bulunabilirliği, yüzeyden itibaren derinliği, geometrik boyutları, su içeriği ve mühendislik özellikleri ancak sahada yapılacak sondajlarla tespit edilebilmektedir. Bu bakımdan; sahada yapılan sondajların çalışılan sahayı temsil edebilir sayıda ve yeterli derinlikte olması gerekir.

İnceleme alanında; SK-1, SK-2 ve SK-3 olmak üzere üç adet sondaj kuyusu açılmıştır.

Açılmış olan sondaj kuyularından SK-1 'de ilk 1,5 m'de bitkisel toprak ve dolgu gözlenmiş olup 1,5 m-15,00 m aralığında kahverengimsi, volkanik bloklar içeren kil içeriği yüksek, çakıllı siltli kumlu kil diye tanımlanan alüvyon malzemedir (Şekil 22).

SK-2'de ilk 2,00 m'de bitkisel toprak ve dolgu gözlenmiş olup 2,00 m-15,00 m aralığında kahverengimsi, volkanik bloklar içeren kil içeriği yüksek, çakıllı siltli kumlu kil diye tanımlanan alüvyon malzemedir (Şekil 23).

SK-3'te ilk 1,50 m'de bitkisel toprak ve dolgu gözlenmiş olup 1,50 m-15,00 m aralığında kahverengimsi, volkanik bloklar içeren kil içeriği yüksek, çakıllı siltli kumlu kil diye tanımlanan alüvyon malzemedir (Şekil 24).



Şekil 22. SK-1 kuyusu sondaj logu

SONDAJ DERİNLİĞİ		TABAKA DERİNLİĞİ	NUMUNE NO	NUMUNE DERİNLİĞİ (m)	NUMUNE TÜRÜ	ZEMİN DENEYLERİ				GRAFİK	ZEMİN PROFİLİ	ZEMİN TANIMLAMASI
					SPT							
					DARBE SAYISI							
					15	30	45	N	20	40	60	
0												
1			1	1,5 1,95	SPT	14	18	22	40			Bitkisel Toprak-Dolgu (0-1,5 m)
2			2	3,00 3,45	SPT	12	16	23	39			ALÜVYON Kahverengimsi renkli, volkanik bloklar içeren, kil içeriği yüksek, çakıllı siltli kumlu kil, Kil (2,0- 15,0 m)
3			3	4,50 4,95	SPT	13	18	24	42			
4			4	6,00 6,45	SPT	15	24	28	52			
5			5	7,50 7,95	SPT	14	22	26	48			
6			6	9,00 9,45	SPT	18	23	25	48			
7			7	10,50 11,00	SPT	20	26	32	58			
8			8	12,00 12,45	SPT	50+						
9			9	13,50 13,95	SPT	50+						
10			10	15,00 15,45	SPT	50+						
11												
KISALTMALAR					ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT							
UD	Örselenmemiş Numune				İnce Taneli (Kohezyonlu)				İRİ TANELİ (Kohezyonsuz)			
DS	Örselenmiş Numune				N: 0-2 Ç.Yumuşak				N:0-4 Çok Gevşek			
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi				N:3-4 Yumuşak				N:4-10 Gevşek			
VST	Vayn Deneyi				N:5-8 Orta Katı				N:11-30 Orta			
P	Presiyometre Deneyi				N:9-13 Katı				N:31-50 Sıkı			
BST	Basıncılı Su Deneyi				N:14-30 Çok Katı				N:>50 Çok Sıkı			
					N:>30 Sert							

Şekil 23. SK-2 kuyusu sondaj logu

Proje Adı : İZMİR SERBEST BÖLGE ATIK DEPOLAMA ALANLARI		İL/İLÇE : İZMİR/Menemen									
Makine Tipi : SMK-500	KOORDİNAT		KÖY : Maltepe Sondaj No : SK-3								
Sondaj Derinliği : 15,00 m	X 493369		ADA : 158 Sayfa No : 3								
Başlama Tarihi : 21.03.2016	Y 4274033		PARSEL : 23								
Bitiş Tarihi : 21.03.2016	YASS Durumu: YOK										
Zemin Kotu :											
Sondör : Ö.Arslan											
SONDAJ DERİNLİĞİ	TABAKA DERİNLİĞİ	NUMUNE NO	NUMUNE DERİNLİĞİ (m)	NUMUNE TÜRÜ	ZEMİN DENEYLERİ				GRAFİK	ZEMİN PROFİLİ	ZEMİN TANIMLAMASI
					SPT						
					15	30	45	N			
0										Bitkisel Toprak-Dolgu (0-1,5 m)	
1		1	1,5 1,95	SPT	12	15	17	32			ALÜVYON Kahverengimsi renkli, volkanik bloklar içeren, kil içeriği yüksek, çakıllı siltli kumlu kil, Kil (1,5-15,0 m)
2		2	3,00 3,45	SPT	14	16	21	37			
3		3	4,50 4,95	SPT	15	18	23	41			
4		4	6,00 6,45	SPT	14	17	22	39			
5		5	7,50 7,95	SPT	19	22	26	48			
6		6	9,00 9,45	SPT	15	17	19	36			
7		7	10,50 11,00	SPT	16	18	22	40			
8		8	12,00 12,45	SPT	18	20	24	44			
9		9	13,50 13,95	SPT	19	23	25	48			
10		10	15,00 15,45	SPT	20	24	26	50		KUYU SONU	
KISALTMALAR				ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT							
UD	Örselenmemiş Numune			İnce Taneli (Kohezyonlu)			İRİ TANELİ (Kohezyonsuz)				
DS	Örselenmiş Numune			N: 0-2	Ç.Yumuşak	N: 0-4	Çok Gevşek				
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi			N: 3-4	Yumuşak	N: 4-10	Gevşek				
VST	Vayn Deneyi			N: 5-8	Orta Katı	N: 11-30	Orta				
P	Presiyometre Deneyi			N: 9-13	Katı	N: 31-50	Sıkı				
BST	Basıncı Su Deneyi			N: 14-30	Çok Katı	N: >50	Çok Sıkı				
				N: >30	Sert						

Şekil 24. SK-3 kuyusu sondaj logu

İnceleme alanının düzenli depolama alanı için uygunluğunun araştırılmasına yönelik olarak alanda, her üç sondaj kuyusunda da uygun seviyelerde Standart Penetrasyon Deneyleri ve Permeabilite Deneyleri yapılmıştır.

Arazi Çalışmaları

a. SPT

İnceleme alanındaki zeminin yerinde dayanım parametrelerinin saptanabilmesi amacıyla, sondaj çalışmalarına paralel olarak ilerlenen her 1,5 m aralıklarda SPT yapılmıştır. SPT çalışmaları; SK-1, SK-2 ve SK-3 kuyusunda 10 seviyede tekrarlanmış olup elde edilen veriler Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7. Standart Penetrasyon Deneyi Sonuçları

Numune Derinliği (m)	SK-1				SK-2				SK-3			
	Darbe Sayısı				Darbe Sayısı				Darbe Sayısı			
	15	30	45	SPT-N	15	30	45	SPT-N	15	30	45	SPT-N
1,50-1,95	10	12	14	26	14	18	22	40	12	15	17	32
3,00-3,45	11	15	18	33	12	16	23	39	14	16	21	37
4,50-4,95	11	13	17	30	13	18	24	42	15	18	23	41
6,00-6,45	12	16	22	38	15	24	28	52	14	17	22	39
7,50-7,95	15	17	24	41	14	22	26	48	19	22	26	48
9,00-9,45	12	14	16	30	18	23	25	48	15	17	19	36
10,50-11,00	16	20	24	44	20	26	32	58	16	18	22	40
12,00-12,45	18	22	26	48	50+			R	18	20	24	44
13,50-13,95	19	23	27	50	50+			R	19	23	25	48
15,00-15,45	22	26	32	58	50+			R	20	24	26	50

1 ve 3 numaralı sondaj kuyularındaki zemin yapısı birbirine paralel şekilde gözlenmektedir. Fakat 2 numaralı kuyuda 12,00 m derinlikten sonra darbe sayısının fazla çıkması, zemin yapısının bloklu bir yapıya denk gelmesinden kaynaklanmaktadır. İnceleme alanı çevresinde volkanik kaya birimlerinin yüzeylenmesi de bu durumu doğrulamaktadır.

Karışık tane yapısına sahip olan zeminde tane yapısı farklılık gösterse de sert ve çok sıkı olarak tanımlanmaktadır.

b. Permeabilite

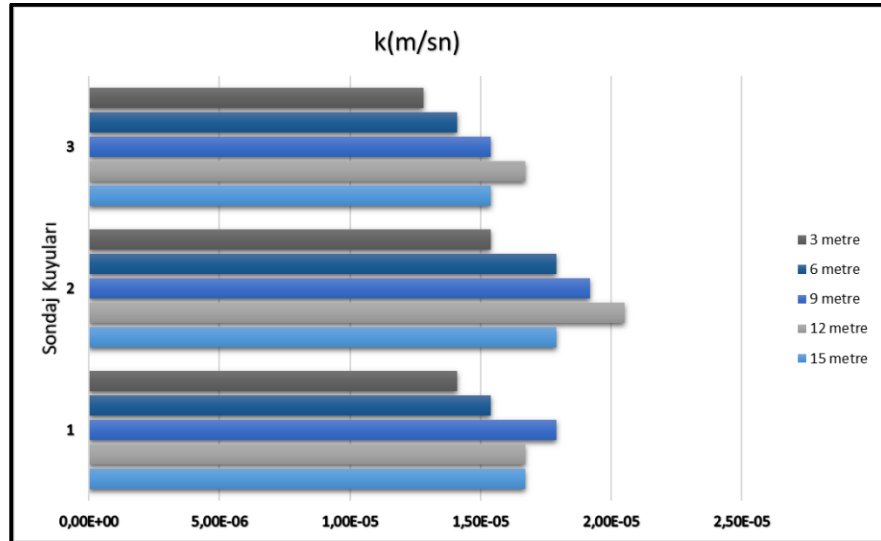
SK-1, SK-2, SK-3 sondaj kuyularında 0,00-2,00 m arasında dolgu malzemesi, 2,00-15,00 m arasında volkanik kaya blokları içeren silt kil-kil birimi olduğu gözlenmiştir. Arazide yapılan basınçsız su deneyinde 20 dk süre boyunca gözlem yapılmış olup 3 adet sondaja ait permeabilite deney sonuçları Tablo-8’de verilmektedir.

Tablo 8. Permeabilite Deneyi Sonuçları

Sondaj kuyusu	Deney zonu (m)	Zaman (dk)	Su debisi (lt)	Kuyu yarıçapı (m)	Basıncsız permeabilite deneyi (cm/s)	K (m/s)
SK-1	0,00-3,00	20	5,00	0,065	1,28E-03	1,28E-05
	3,00-6,00	20	5,50	0,065	1,41E-03	1,41E-05
	6,00-9,00	20	6,00	0,065	1,54E-03	1,54E-05
	9,00-12,00	20	6,50	0,065	1,67E-03	1,67E-05
	12,00-15,00	20	6,00	0,065	1,54E-03	1,54E-05
SK-2	0,00-3,00	20	6,00	0,065	1,54E-03	1,54E-05
	3,00-6,00	20	7,00	0,065	1,79E-03	1,79E-05
	6,00-9,00	20	7,50	0,065	1,92E-03	1,92E-05
	9,00-12,00	20	8,00	0,065	2,05E-03	2,05E-05
	12,00-15,00	20	7,00	0,065	1,79E-03	1,79E-05
SK-3	0,00-3,00	20	5,50	0,065	1,41E-03	1,41E-05
	3,00-6,00	20	6,00	0,065	1,54E-03	1,54E-05
	6,00-9,00	20	7,00	0,065	1,79E-03	1,79E-05
	9,00-12,00	20	6,50	0,065	1,67E-03	1,67E-05
	12,00-15,00	20	6,50	0,065	1,67E-03	1,67E-05

SK-1 kuyusunun permeabilite değerlerinin ortalaması $1,49 \times 10^{-5}$ m/sn, SK-2 kuyusunun permeabilite değerlerinin ortalaması $1,82 \times 10^{-5}$ m/sn, SK-3 kuyusunun permeabilite değerlerinin ortalaması $1,62 \times 10^{-5}$ m/sn olarak hesaplanmıştır. Sondaj kuyularına ait permeabilite değerlerinin ortalaması ise $1,64 \times 10^{-5}$ m/sn olduğu görülmektedir.

Sondaj kuyularının 3 m aralıklar ile ölçülen permeabilite değerlerinin değişim grafiği aşağıda verilmektedir (Şekil 25). Grafiğe göre 3 sondaj kuyusunun da yaklaşık olarak aynı seviyelerde ölçülen permeabilite değerleri birbirine yakındır. Bu durum geçirimsizliğin zeminde uniform bir biçimde ilerlediğini göstermektedir.

**Şekil 25.** Sondaj kuyularına ait derinliğe göre permeabilite değeri değişimi

Kahverengimsi, volkanik bloklar içeren kil içeriği yüksek, çakıllı siltli kumlu kil diye tanımladığımız zemin malzemesinin geçirgenlik sınıflamasına göre “**Orta Derecede**

Geçirimli” olduğu belirlenmektedir (Tablo 9). İnceleme alanındaki birimin yüksek miktarda kil içerdiği bilinse de içerisinde bulunan volkanik bloklar ve sediman çökeller geçirimliliği yüksek oranda etkilemektedir.

Tablo 9. Kayaçların Tahmini Permeabilite Değerleri

Geçirgenlik derecesi	Permeabilite katsayısı (m/s)
Oldukça geçirimli	$1-10^{-2}$
Orta derecede geçirimli	$10^{-2}-10^{-5}$
Düşük geçirimli	$10^{-5}-10^{-9}$
Geçirimsiz	$<10^{-9}$

(Kaynak: Ulusay, 1994)

Laboratuvar Çalışmaları

İnceleme alanındaki zeminin yerinde dayanım parametrelerinin saptanabilmesi amacıyla, bu sondajda; 1,5 m aralıklarla Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmıştır. İnceleme alanında yapılan sondajlardan alınan örselenmiş (SPT) örnekler üzerinde, TS-1900 ile ASTM standartlarına uygun olarak zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla, Su İçeriği ve Birim Hacim Ağırlığı, Elek Analizi, Kıvam (Atterberg) Limitleri, deneyleri uygulanmış olup zemin sınıflandırmaları yapılmıştır.

Ayrıca taşıma gücü hesaplarını yapmaya yönelik olarak karot numuneleri üzerinde Üç Eksenli Basınç Deneyi yapılmış olup zemin ile ilgili şişme parametrelerini belirlemek amacıyla Ödometre Deneyi yapılmıştır. İZBAŞ'ın talebi doğrultusunda inceleme alanından alınan karot ve zemin numuneleri üzerinde, METAJEOLJİ İNSAAT SAN. LTD. ŞTİ. Laboratuvarı tarafından deneyler gerçekleştirilmiş olup zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Derinliği 15 m olarak açılan 3 adet sondaj kuyusundan 9 adet numune alınmış olup bunlardan 5 tanesi örselenmiş, 4 tanesi örselenmemiş numunedir. Bu kapsamda deney standartlarına uygun numunelere göre deneyler gerçekleştirilmiştir.

a. Su İçeriği ve Birim Hacim Ağırlığı

Sondaj çalışmaları esnasında, sondaj ilerlemesine paralel olarak belirlenen seviyelerde örnekler alınmıştır. Örnekler laboratuvar ortamında deneylere tabi tutularak yüzeyden itibaren derinlikle zemin malzemelerinin su içeriği, doğal birim hacim ağırlığı ve kuru birim hacim ağırlığı değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Su içeriği ve birim hacim ağırlık deney sonuçları

Kuyu No	Örnek No	Derinlik aralığı (m)	Su İçeriği (Ws)	Doğal birim hacim ağırlığı (gr/cm ³)	Kuru birim hacim ağırlığı (gr/cm ³)
SK-1	SPT	1,50-1,95 m	23,5		
SK-1	UD	2,00-2,50 m	21,3	1,94	1,6
SK-1	UD	3,50-4,00 m	20,3	1,89	1,57
SK-1	SPT	6,00-6,45 m	19,6		
SK-2	SPT	3,00-3,45 m	18,7		
SK-2	UD	3,50-4,00 m	25,3	1,92	1,53
SK-2	UD	5,00-5,50 m	18,2	1,9	1,61
SK-3	SPT	4,50-4,95 m	16,7		
SK-3	UD	5,00-5,50 m	19,2	1,93	1,62
SK-3	SPT	9,00-9,45 m	22,3		

Alınmış olan örnekler örselenmiş ve örselenmemiş olarak ayrılmaktadır. Zeminin örselenmemiş olduğu UD ile belirlenmektedir. Bu nedenle zemine ait birim hacim ağırlığı hesaplamaları örselenmemiş numuneler üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bu üç sondaj kuyusundaki su içeriği değerleri, doğal birim hacim ağırlık değerleri ve kuru birim hacim ağırlık değerler birbirine yakındır (Tablo 10).

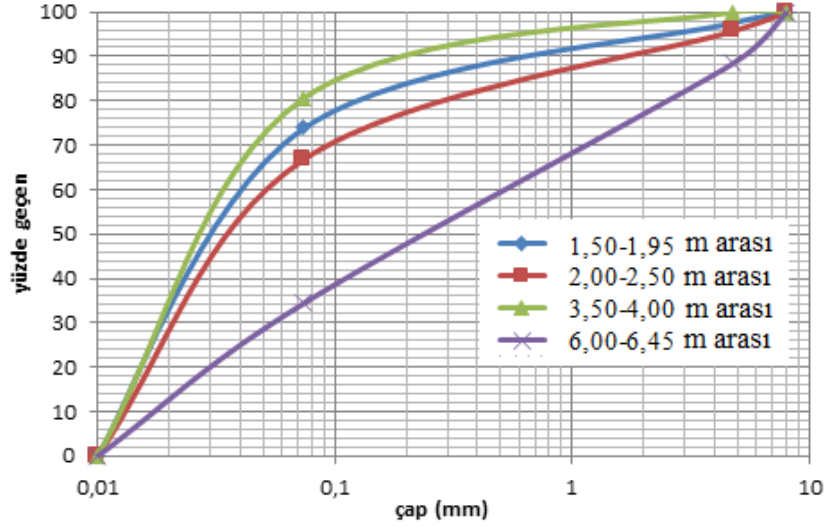
b. Tane Boyu Dağılımı

Zemin malzemesinin en öncelikli fiziksel özelliği elek analizi deneyi ile belirlenmektedir. Bu nedenle 3 sondaj kuyusundan farklı derinliklerde alınan örnekler yardımıyla malzemenin tane boyutu öğrenilmektedir. Sondajların farklı derinliklerinden alınan numunelerde zemin yapısının genellikle ince taneli olduğu fakat bölgesel olarak kaba taneli malzemeye rastlandığı da gözlemlenebilmektedir. Bu durumu SK-1'in 6,00-6,45 m ve SK-3'in 9,00-9,45 m derinlik aralığındaki seviye için 200 nolu elekten geçen yüzdelerindeki değişimden anlaşılmış ve elde edilen veriler Tablo 11'de sunulmuştur.

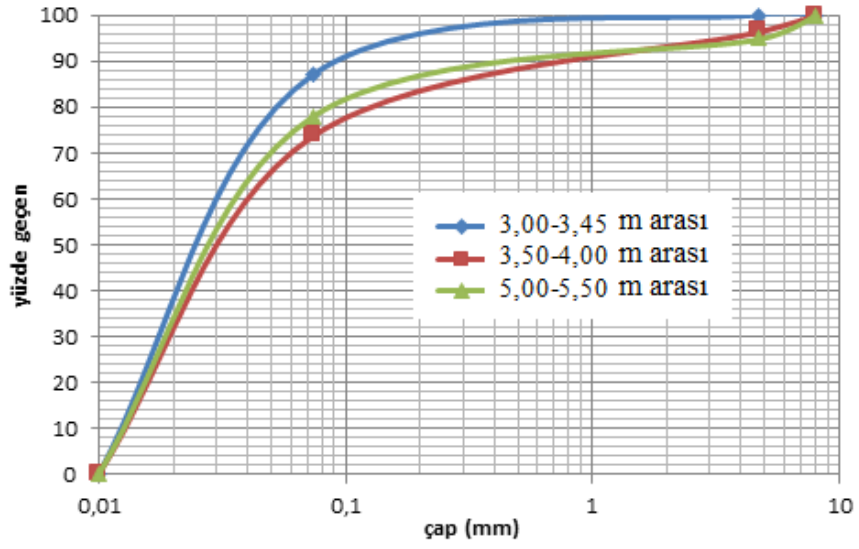
Tablo 11. Elek analizi deney sonuçları

Kuyu No	Örnek No	Derinlik aralığı (m)	No:4 Kalan (%)	No:200 Geçen (%)
SK-1	SPT	1,50-1,95	2,3	73,9
SK-1	UD	2,00-2,50	4,2	66,9
SK-1	UD	3,50-4,00	0	80,6
SK-1	SPT	6,00-6,45	11,5	34,5
SK-2	SPT	3,00-3,45	0	87
SK-2	UD	3,50-4,00	3,5	73,8
SK-2	UD	5,00-5,50	5,1	78,1
SK-3	SPT	4,50-4,95	2,4	57,5
SK-3	UD	5,00-5,50	7,6	63,7
SK-3	SPT	9,00-9,45	17,5	25,6

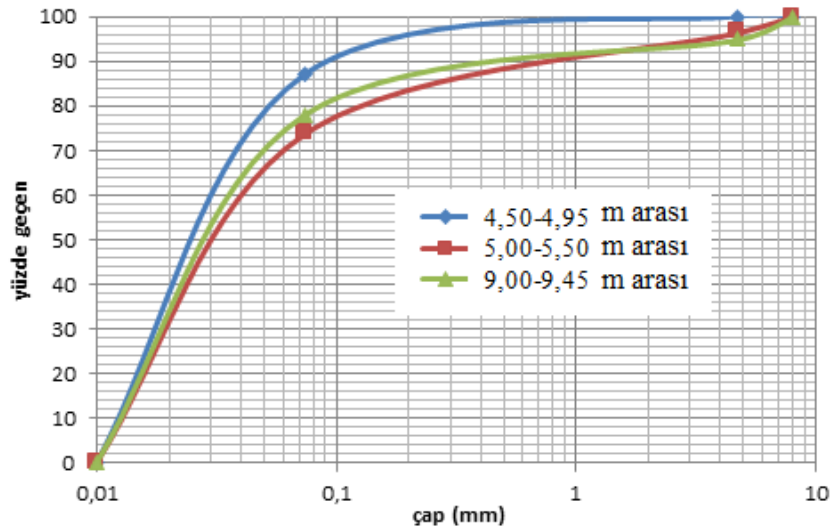
SK-1 kuyusundan alınan zemin örneklerinin granülometri eğrileri Şekil 26'da, SK-2 kuyusundan alınan zemin örneklerinin granülometri eğrileri Şekil 27'de ve SK-3 kuyusundan alınan zemin örneklerinin granülometri eğrileri Şekil 28'de verilmiştir.



Şekil 26. SK-1 kuyusu için granülometri eğrileri



Şekil 27. SK-2 kuyusu için granülometri eğrileri



Şekil 28. SK-3 kuyusu için granülometri eğrileri

c. Kıvam Limitleri

Kıvam limitleri, ince daneli zeminlerin farklı su muhtevalarındaki dayanımlarının bir göstergesidir. Kıvam limitleri ile doğal su muhtevasının karşılaştırılması zeminin mukavemeti hakkında bilgi vermektedir. Bu karşılaştırmalar yapılırken birtakım boyutsuz katsayılar kullanılmaktadır. Bu katsayılar; Likitlik İndeksi ve Kıvam İndeksi (Relatif Konsistans) dir.

Likitlik indeksi; zeminin taşıyabileceği yükü belirlemek amacıyla kıvam limitlerinin kullanıldığı indeks likitlik indeksidir.

Kıvam indeksi (Relatif Konsistans); zemin taneleri arasındaki suya bağlı olarak, suyun gösterdiği davranıştır.

Kıvam limitleri, zeminlerin plastisitetlerine göre sınıflandırılması, yük altında sıkıştırma potansiyelinin belirlenmesi, geçirgenlik, şişme potansiyeli, zemin sıkışması ve çalışma koşulları hakkında bilgi verir. Genel olarak, zeminlerin plastisitesi arttıkça sıkışma ve genleşme olasılığı artar ve su geçirgenliği azalır, bu da araziye kazmayı ve doldurmayı zorlaştırır. Sondajlardan alınan örselenmiş numunelerle yapılan deneylerde kullanılan denklemler aşağıda sunulmuştur;

$$PI = LL - PL \quad (2)$$

$$IL = \frac{(W_n - W_p)}{PI} \quad (3)$$

$$Cc = 0,007 \times (LL - 10) \quad (4)$$

$$Ic = \frac{(LL - W_n)}{PI} \quad (5)$$

Burada; LL (W_L): likit limit, PL (W_P): plastik limit, PI: plastisite indisi, W (W_N): su içeriği, I_L : likitlik indeksi, I_C : kıvam indeksi ve Cc: sıkışma indisi. Kıvam limitlerine ait değerler Tablo 12’de verilmiştir.

Elek analizi ve kıvam limitlerine ait parametrelerin hesaplanmasıyla birlikte USCS’ye göre zemin sınıfı belirlenmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Sondaj Kuyularından Alınan Örneklerin Kıvam Limit Değerleri

Kuyu No	Örnek No	Derinlik aralığı (m)	LL	PL	PI	W	I _L	I _c	C _c	Zemin Sınıfı
SK-1	SPT	1,50-1,95	34,8	17,5	17,3	23,5	0,347	0,653	0,174	CL
SK-1	UD	2,00-2,50	37,3	15,9	21,4	21,3	0,252	0,748	0,191	CL
SK-1	UD	3,50-4,00	33,1	16,3	16,8	20,3	0,238	0,762	0,162	CL
SK-1	SPT	6,00-6,45	30,5	14,9	15,6	19,6	0,301	0,699	0,144	SC
SK-2	SPT	3,00-3,45	32,2	16,1	16,1	18,7	0,161	0,839	0,155	CL
SK-2	UD	3,50-4,00	38,8	17,6	21,2	25,3	0,363	0,637	0,202	CL
SK-2	UD	5,00-5,50	40,4	20,3	20,1	18,2	-0,104	1,104	0,213	CL
SK-3	SPT	4,50-4,95	36,3	16,9	19,4	16,7	-0,010	1,010	0,184	CL
SK-3	UD	5,00-5,50	35,9	18,1	17,8	19,2	0,062	0,938	0,181	CL
SK-3	SPT	9,00-9,45	30,9	14,6	16,2	22,3	0,475	0,531	0,146	SC
Ortalama			35,020	16,820	18,190	20,510	0,209	0,792	0,175	

Bu kapsamda zemin sınıfının genellikle CL: düşük plastisiteli, inorganik killer ve siltli killer ve yer yer SC: killi kumlar olduğu belirlenmektedir.

Bu ölçütü baz alarak zeminin kıvamı ile ilgili Leonards (1962) tanımlama ölçütüne göre zeminin plastisite derecesi “**Orta**” (Şekil 12 ve 13), IAEG (1979) tanımlama ölçütüne göre zeminin plastisite derecesi “**Plastik**” kuru dayanımının “**Orta**”, (Şekil 12 ve 14) olduğu gözlenmektedir.

Tablo 13. Plastisite Derecesi Tanımlama Ölçütleri

Kıvamlilik indeksi, I _c (%)	Plastisite derecesi
<0	Akışkan
0-0,25	Çok Yumuşak
0,25-0,50	Yumuşak
0,50-0,75	Orta
0,75-1,00	Katı
>1,00	Çok Katı

(Kaynak: Leonards, 1962)

Tablo 14. Plastisite Derecesi Tanımlama Ölçütleri

Plastisite indeksi, PI (%)	Plastisite derecesi	Kuru dayanım
0-5	Plastik değil	Çok düşük
5-15	Az plastik	Düşük
15-40	Plastik	Orta
>40	Çok plastik	Yüksek

(Kaynak: IAEG,1979)

Kıvamlilik indeksine göre değerlendirecek olursak Ulusay (2001)’ın tanımlama ölçütüne göre plastisite derecesinin “**Yüksek plastisiteli**” olduğu gözlenmektedir (Tablo 12 ve 15).

Tablo 15. Kohezyonlu Zeminlerin Kıvamlılık İndeksi Tanımlama Ölçütleri

Plastisite indeksi, PI (%)	Plastisite derecesi
>1	Plastik değil
1-7	Düşük plastisiteli
7-17	Orta plastisiteli
17-35	Yüksek plastisiteli
>35	Çok yüksek plastisiteli

(Kaynak: Ulusay, 2001)

Sıkışma indisi ve likit limit değerlerine bakarak Sowers' in tanımlama ölçütüne göre “Düşük Sıkışabilirlik” özelliğine sahiptir (Tablo 12 ve 16).

Tablo 16. Zeminlerin Sıkışabilirliği

Tanım	Sıkışma indisi, Cc	Likit limit, LL
Düşük sıkışabilirlik	0-0,19	0-30
Orta sıkışabilirlik	0,20-0,39	31-50
Yüksek sıkışabilirlik	>0,40	>51

(Kaynak: Sowers, 1979)

CL olarak tanımlanan zemin grubunun kuru dayanımı “orta-yüksek” arasında değişmekte, sağlamlığı “orta derecede” ve genişmesi ise “yok deneyecek kadar az”dır (Tablo 12 ve 17).

Tablo 17. İnce Daneli Zeminlerin Kuru Dayanım, Genleşme ve Sağlamlık Ölçütleri

Zemin grubu	Kuru dayanım (Ezilme özelliği)	Genleşme (Sallamaya karşı reaksiyon)	Sağlamlık (Katılık, Plastik Limit)
ML	Yok-Çok az	Hızlı-Yavaş	Yok
CL	Orta-Yüksek	Yok-Çok az	Orta
OL	Çok az-Orta	Yavaş	Çok az
MH	Yüksek-Çok yüksek	Yavaş-Yok	Çok az-Orta
CH	Orta-Yüksek	Yavaş-Yok	Çok az-Yüksek
OH	Orta-Yüksek	Yok-Çok yavaş	Çok az-Orta

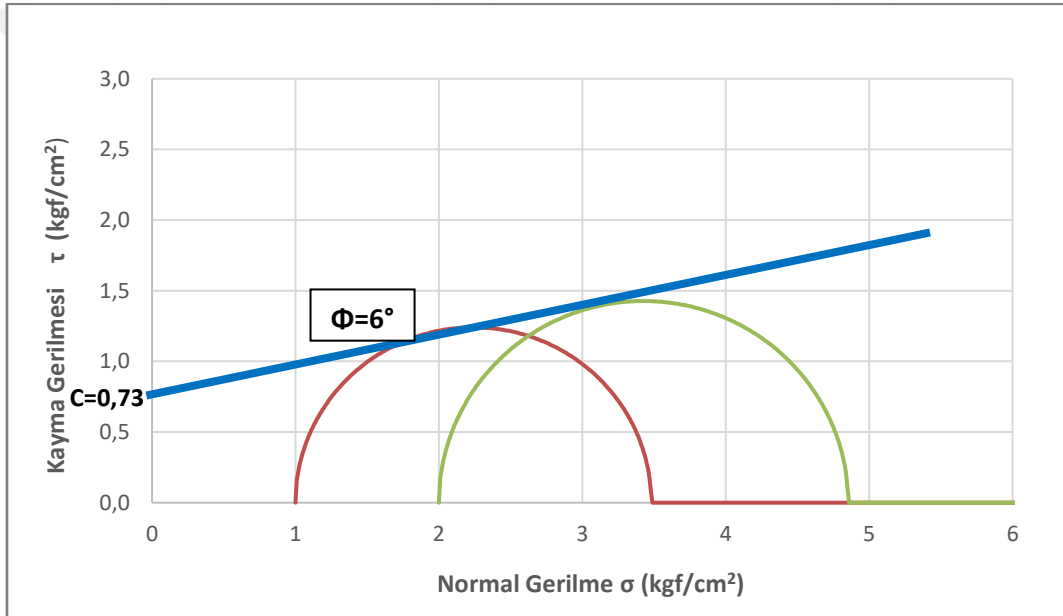
(Kaynak: Ulusay, 2001)

d. Basınç dayanımı parametreleri

Konsolidasyonsuz-drenajsız üç eksenli basınç deneyinde (UU), numunelere belirli hücre basınçları verilerek deviatör ve normal gerilmeler bulunmaktadır. Bu gerilmeler yardımıyla Mohr dairesi çizilerek kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerine ulaşılmakta olup buna göre zeminin taşıma gücü hesaplamaları yapılmaktadır. Üç eksenli basınç deneyine ait sonuçlar Tablo18’de, verilerin işlenmesiyle oluşturulan Şekil 29’da verilmiştir.

Tablo 18. Üç Eksenli Basınç Deneyi Verileri

Sondaj No Derinlik	SK-1 (2,0-2,5 m)		SK-1 (3,0-3,5 m)		SK-2 (3,5-4,0 m)		SK-2 (5,0-5,5 m)		SK-3 (5,0-5,5 m)	
	Hücre Basıncı σ_3 (kg/cm ²)	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Birim Deformasyon ϵ (%)	9,47	0	9,08	10,7	7,89	0	11,5	9,87	11,1	11,8
Deviatör Gerilme $\sigma_1 - \sigma_3$ (kg/cm ²)	1,87	2,15	1,94	2,18	1,88	2,07	1,84	2,06	1,85	2,09
Aksiyal Gerilme σ_1 (kg/cm ²)	2,85	4,15	2,93	4,16	2,87	4,07	2,82	4,04	2,83	4,07
Doğal Birim Hacim Ağırlık γ (g/cm ³)		1,94		1,89		1,92		1,9		1,93
Kuru Birim Hacim Ağırlık γ (g/cm ³)		1,6		1,57		1,53		1,61		1,62
Kohezyon c (kg/cm ²)		0,68		0,76		0,77		0,73		0,71
İçsel Sürtünme Açısı Φ (°)		7		6		5		6		6

**Şekil 29.** Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)

Killi içeriği yüksek kohezyonlu zeminlerde taşıma gücü ve SPT darbe sayısı ile bağlantılıdır. Kohezyon, içsel sürtünme açısı yardımıyla Terzaghi taşıma gücü katsayılarını kullanarak ve yapının temelini dairesel temel olarak kabul edersek taşıma gücü hesabı denklem 6'ya göre yapılmaktadır.

$$q_d = 1,3 \cdot c \cdot N_c + \rho_1 \cdot D_f \cdot N_q + K_2 \cdot N_\gamma \cdot \rho_2 \quad (6)$$

Yapının risk durumuna göre güvenlik katsayısı 3 alınmış olup yapılan hesaplamaların sonucu Tablo 19'da verilmektedir.

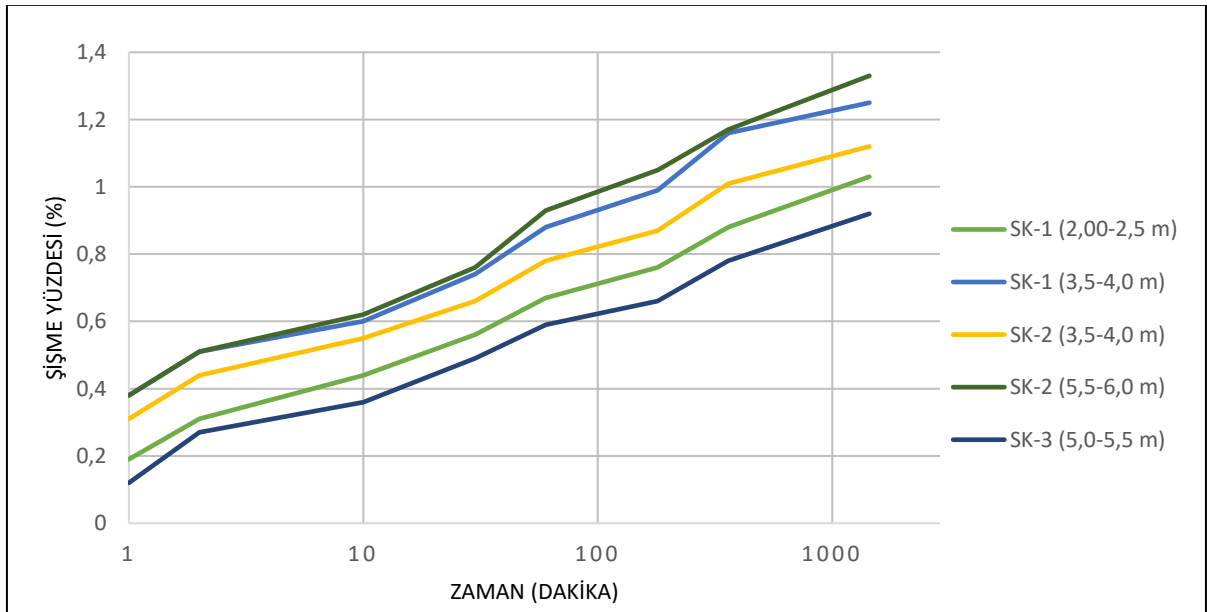
Tablo 19. Sondaj Kuyularına Ait Zemin Örneklerinin Zeminin Taşıma Gücü Değerleri

Kuyu No	Derinlik aralığı (m)	Üç Eksenli Basınç Deneyi		Taşıma Gücü qd (kN/m ²)	Emniyetli Taşıma Gücü Q _{em} (kN/m ²)
		Kohezyon (c) (kPa)	İçsel sürtünme açısı (φ)		
SK-1	2,00-2,50 m	66,69	7	803,46	267,82
SK-1	3,50-4,00 m	74,53	6	883,19	294,4
SK-2	3,50-4,00 m	75,51	5	845,82	281,94
SK-2	5,00-5,50 m	71,59	6	904,94	301,65
SK-3	5,00-5,50 m	69,63	6	888,16	296,05
	Ortalama	71,59	6	865,12	288,37

Likitlik indisi ve kıvam indisi değerlerinin 0 ve 1 arasında olmasından kaynaklı olarak zeminin kıvamı “**Katı**” ve taşıma gücü “**plastik durum, taşıma gücü orta ve plastik malzeme deformasyonu**” olarak tanımlanmaktadır.

e. Şişme kabarma durumu

Sondajlardan alınan örselenmemiş numuneler üzerinde şişme yüzdesi ve basıncı deneyleri yapılmakta olup sonucunda zemine ait şişme parametreleri değerleri elde edilmektedir. Alınan numunelerin şişme değerlerinin zamana göre yüzdelerinin gösterildiği grafik Şekil 30’da verilmektedir. Şişme yüzdesi verilerinin düşük olduğu ve uniform şekilde olduğu gözlemlenmektedir. Bu yüzdelerin düşük olması geçirimsizlik durumunun düşük olduğunu da ispat etmektedir.

**Şekil 30.** Şişme Potansiyeli

Şişmenin durduğu andan sonra numuneye uygulanan kuvvetin kesit alanına

bölünmesiyle basınç verilerine ulaşılır (Tablo 20).

Holtz ve Gibbs (1956) tarafından oluşturulan indeks özelliklere göre yorumlama ölçütleri, deneylerden ulaştığımız sonuçlar baz alınarak şişme derecesi “**orta hatta düşük olarak**” tanımlanabilir (Tablo 21).

Tablo 20. Şişme Parametrelerine Ait Deney Sonuçları

Kuyu No	Derinlik Aralığı (m)	Numune Ağırlığı (g)	Kol Oranı	Ring Kesit Alanı	Şişme Basıncı (kg/cm ²)	Şişme Basıncı (kPa)
SK-1	2,00-2,50 m	563,0	10	19,792	0,284	27,9
SK-1	3,50-4,00 m	618,0	10	19,714	0,313	30,8
SK-2	3,50-4,00 m	589,6	10	19,714	0,299	29,3
SK-2	5,00-5,50 m	685,0	10	19,792	0,348	34,0
SK-3	5,00-5,50 m	550,0	10	20,109	0,274	26,8
Ortalama					0,3036	29,76

Tablo 21. İndeks Özelliklerine Göre Zeminlerin Şişme Yüzdesi ve Derecesi

İndeks özellikleri			Şişme yüzdesi	Şişme derecesi
Kolloid % (>0,001 mm)	Plastisite indisi	Büzülme limiti		
>28	>35	<11	>30	Çok yüksek
20-31	25-41	7-12	20-30	Yüksek
13-23	13-28	10-16	10-20	Orta
<15	<10	>15	<10	Düşük

(Kaynak: Holtz ve Gibbs, 1956)

Yeraltı Suyu Durumu

Yapılmış olan sondajlara göre yeraltı suyuna rastlanmamış olup ölgeye yakın noktalarda önceki yıllarda (Temmuz 2009) yapılmış olan sondajlarda yeraltı suyu seviyesinin -11,5 m civarında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu su seviyesinin, bölgenin iklim verileri dikkate alındığında kış aylarında değişkenlik gösterebileceğini bilinmektedir.

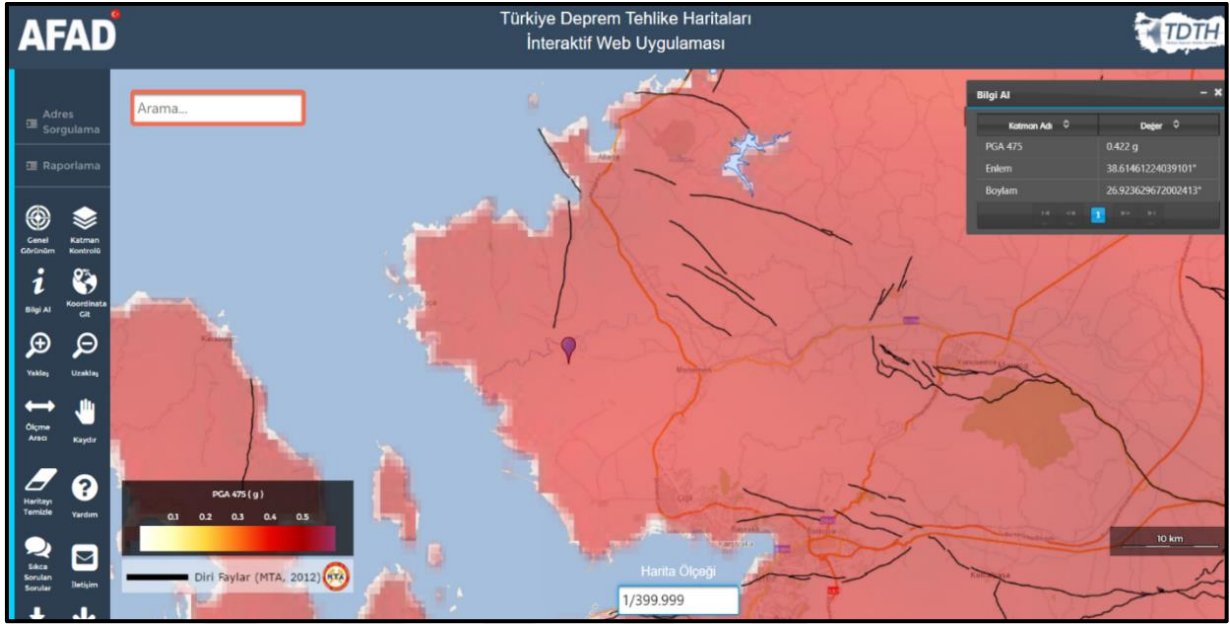
Çevrede yoğun tarım faaliyetleri yapılmakta olup oluşmakta olan yüzeysel sular ve derinde bulunan sular bu arazilerde kullanılmakta ve sulama kanalları aracılığıyla aktarılmaktadır. Saha çevresindeki ovalarda, mevsim geçişlerinde yüzeysel su oluşumları gözlenmektedir. İzmir’e ait hidrojeolojik haritaya göre su akış yönünün genellikle Karşıyaka ve İzmir Körfezi’ne doğru olduğu gözlemlenmektedir.

Deprem Durumu

AFAD tarafından hazırlanmış olan inceleme alanına ait Türkiye Deprem Tehlike Haritası Şekil 29’da görülmektedir. TBY (2018)’e kullanım amacına göre bina kullanım sınıfı 3 olan yapının bina önem katsayısı (I) 1,5 olarak belirlenmektedir.

İnceleme alanında yapılmış olan 3 adet sondajın SPT-N değerlerinin ortalaması 44,55

olduğu gözlenmekte olup, üç eksenli basınç deneyine göre kohezyon değerlerinin ortalaması $0,73 \text{ kg/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. ($0,73 \cdot 98,0665 = 71,588 \text{ kPa}$). Bu bilgilere dayanarak Yerel Zemin Sınıfı ZD olarak belirlenmiştir.



Şekil 31. İnceleme alanına ait Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD)

AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması'nda (<https://tdth.afad.gov.tr/>) 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi DD-2 'ye göre yapılmış olan analiz doğrultusunda inceleme alanına ait özet veriler Tablo 22'de verilmektedir.

Tablo 22. Sismik Tehlike Haritasına ait bilgilerin özet verileri

Parametre	Birim	İnceleme alanı
Z	Yerel zemin sınıfı	ZD-Orta sıkı, sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Ss	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı	Boyutsuz 1,032
S1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı	Boyutsuz 0,247
PGA	En büyük yer ivmesi	g 0,422
PGV	En büyük yer hızı	cm/sn 24,477
Fs	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı	1,087
F1	1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı	2,106
S _{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	Boyutsuz 1,122
S _{D1}	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı	Boyutsuz 0,52
TA	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları	sn 0,093
TB		sn 0,464
TL	Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu	sn 6
TAD	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları	sn 0,031
TBD		sn 0,155
TLD	Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu	sn 3

(Kaynak: AFAD)

Bu veriler doğrultusunda ZD zemin sınıfına göre kısa periyot bölgesi için yerel zemin

etki katsayısı (F_s) doğru orantı yapıldığında 1,086 olarak, 1 sn periyot için yerel zemin etki katsayısı (F_1) ise 2,106 olarak belirlenmiştir.

Birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen harita spektral ivme katsayıları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu [$(V_s)_{30}=760$ m/s] esas alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivmelerinin yer çekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır.

Sıvılaşma Durumu

Sıvılaşma; suya doygun kumlu, siltli tabakaların deprem titreşimleri etkisiyle boşluk suyu basıncının artması ile birlikte efektif yanal gerilmenin azalarak tabakanın sıfıra ulaşması sonucu tabakanın sıvı gibi davranması olarak tanımlanır. Yapılan sondajlara göre TBY 2018'te göre DTS=4 olan ve ZD zemin sınıfında bulunan zeminin sıvılaşma riskinin hesaplanmasına dair bilgiler Tablo 23'te verilmektedir. Zemin sıvılaşması, yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olmasıyla kohezyonsuz ve düşük kohezyonlu zeminlerin deprem hareketleriyle boşluk suyu basıncındaki artış etkisiyle kayma mukavemeti ve rijitliğindeki önemli ölçüdeki azalış olarak da tanımlanabilir. Tabloda SPT-N, ince dane içeriği ve deprem büyüklüğüne göre düzeltmeler yapılarak zemindeki sıvılaşma direnci ve deprem esnasında zeminde oluşan kayma gerilmesi verilmektedir. Sıvılaşma direncine dair hesaplama esnasında zeminin tasarım deprem büyüklüğü 7.0 olarak hesaplanmaktadır.

$$\tau_R = CRR_{M7.5} * C_M * \sigma_{v0} \quad (7)$$

$$\tau_{deprem} = 0.65 * \sigma_{v0} * 0.4 * S_{DS} * r_d \quad (8)$$

Sondajlarda yeraltı suyuna rastlanmasa da zemine ait katmanların büyük ölçüde kilden oluşması ve plastisite indisinin 10'dan büyük olması, yeraltı suyu seviyesi yükselmesi durumunda dahi sıvılaşma riskini oluşturmamaktadır. Bununla birlikte güvenlik katsayılarının 1.1'den büyük çıkması ve ince dane içeriğine göre düzeltilmiş olan SPT-N verilerinin 30'dan büyük olması sıvılaşma riskinin bulunmadığını netleştirmektedir.

Tablo 23. Sıvılaşma riskinin hesaplanmasına dair veriler

Kuyu No	Derinlik aralığı (m)	Zemin sınıfı	Plastisite indisi (PI)	Düzeltilmiş SPT-N ($N_{1,60}$)	IDI'ya göre düzeltme ($N_{1,60}$)	Deprem büyüklüğü düzeltmesi (C_M)	Çevrimsel dayanım oranı ($CRR_{M7,5}$)	Efektif gerilme (σ_{p0} kPa)	Gerilme azaltma katsayısı (r_u)	Sıvılaşma direnci (C_R (kPa))	Zeminde oluşan kayma gerilmesi (τ_{deprem})	Güvenlik katsayısı (C_R/τ_{deprem})	Sıvılaşma riski
SK-1	1,50-1,95	CL	17,3	22,4	31,9	1,4	0,71	19	0,98	16	5,46	2,9>1.1	-
SK-1	2,00-2,50	CL	21,4	22,4	31,9	1,4	0,71	28,5	0,98	24	8,16	2,9>1.1	-
SK-1	3,50-4,00	CL	16,8	22,4	31,9	1,4	0,71	47,5	0,97	40	13,43	2,9>1.1	-
SK-1	6,00-6,45	SC	15,6	22,4	48,2	1,4	0,28	95	0,97	31	26,87	1,2>1.1	-
SK-2	3,00-3,45	CL	16,1	28,7	39,4	1,4	0,11	28,5	0,97	3,7	8,09	0,46 $N_{1,60} > 30$	-
SK-2	3,50-4,00	CL	21,2	28,7	39,4	1,4	0,11	38	0,97	6,2	10,75	0,57 $N_{1,60} > 30$	-
SK-2	5,00-5,50	CL	20,1	28,7	39,4	1,4	0,11	66,5	0,96	8,6	18,58	0,46 $N_{1,60} > 30$	-
SK-3	4,50-4,95	CL	19,4	28,7	39,4	1,4	0,11	66,5	0,96	8,6	18,66	0,46 $N_{1,60} > 30$	-
SK-3	5,00-5,50	CL	17,8	28,7	39,4	1,4	0,11	76	0,96	9,9	21,24	0,46 $N_{1,60} > 30$	-
SK-3	9,00-9,45	SC	16,2	28,7	36	1,4	-0,244	152	0,92	-44	40,81	-1,07 $N_{1,60} > 30$	-

İnceleme Alanının Atık Depolama Alanı Olarak Kullanıma Uygunluk Durumu

İnceleme alanında yapılmış olan sondajlara ait verilere göre zeminin depolama alanı olarak kullanılabilmesi için yeraltı su seviyesinin yüksek olmaması ve sondajlarda su gözlenmemesi büyük önem arz etmektedir. Ödometre deney sonuçlarından elde edilen verilere göre zeminin şişme, oturma ve kabarma durumları açısından düşük risk oluşturması sahanın atık depolama alanı olarak kullanılabilmesi açısından uygunluğunu göstermektedir. Fakat bu parametrelerinin uygun olmasının yanı sıra geçirimsizlik deney sonuçlarına göre zeminin orta derecede geçirimli olması atıkların depolanması esnasında riskli bir durum oluşturmaktadır. Bir atık depolama alanındaki en önemli durum atık malzemenin yeraltı suyuna karışmaması ve bu sebeple çevresindeki canlılara ve doğaya zarar vermemesidir.

Bu etkenler göz önünde bulundurularak zemine ait geçirimsizlik değerinin düşük ve orta seviyelerde olması olası bir su seviyesi yükselmesi, sel, heyelan gibi durumlarında; atığın içerisindeki suyun veya tehlikeli diğer maddelerin yeraltı suyuna karışmasına sebep olabilir. Bu nedenle atık ile zemin arasındaki etkileşimi engellemek adına doğal ya da yapay yollarla bir geçirimsizlik tabakası gerekliliğini oluşturmaktadır. Bir geçirimsizlik tabakasıyla etkileşimin engellenmesiyle birlikte atık içerisinde olan suyun uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle geçirimsizlik tabakası sağlandıktan sonra atık ile arasında drenajı sağlayacak bir tabakası ve suyu iletimi sağlayacak tasarımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu esnada doğal veya yapay malzemeler ile gerekli geçirimsizlik ve drenaj sistemleri oluşturulabilmektedir.

Zemin ile ilgili durumlarla birlikte bir diğer önemli durum depolanacak atığın cinsi, oluşturulacak taban ve şevlerin stabilitesi, çevresinde bulunabilmesi muhtemel hareketli yükler ve bu durumlarla birlikte oluşabilecek statik ve dinamik etkilerdir. Bu etkileri

gözlemleyebilmek maksadıyla koşullara ve zamana göre analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu analizler sonlu eleman yöntemine göre PLAXİS 2D programı yardımıyla yapılmaktadır. Bu program, diferansiyel denklemlerle ifade edilen mühendislik problemlerinin analizi için geliştirilen nümerik bir çözüm yöntemidir. Çözümü gerçekleştirebilmek için, incelenmek istenen yapının geometrisi oluşturulup zemin tabakaları tanımlanır. Bu tanımlamalardan sonra eğer varsa yapıya ait diğer elemanlar, yükler vb. durumlar oluşturulur. Yapıyı ifade eden koşullar tamamlandıktan sonra sonlu elemanlara ayırma işlemi gerçekleştirilir. İşlem gerçekleştirmek istenilen duruma göre inşaa fazları oluşturulur ve analiz işlemi gerçekleştirilir. Analiz sonrasında ise deformasyon durumlarına dair sonuçlar incelenir. Kullanılmakta olan bu yazılım programının kesin sonuçlar oluşturmadığı da bilinmesi gerekmektedir.

Atık Depolama Alanları

Bu bölümde, zemin koşulları bir önceki bölümde deney sonuçları verilmiş olan inceleme alanına ait üç farklı atık depolama alanınının sonlu elemanlar yöntemiyle analizleri gerçekleştirilerek incelenmiştir. Atık depolama alanlarına ait bilgiler Tablo 24'te ve atık depolama alanlarına ait enkesitler Şekil 32'de verilmiştir.

Tablo 24: Atık depolama alanlarına ait bilgiler

No	Kapasite		Atık cinsi
	Alan (m ²)	Hacim (m ³)	
1	4.187	26.875	Aritma Çamurları
2	9.581	62.241	Kompozit Atıklar
3	3.528	21.000	Deri Atık

Aynı projeler kapsamında arıtma çamurlarına ait atık kütlesi stabilitesinin incelenmesi için parametreler; kohezyon 5 kPa, içsel sürtünme açısı 20°, birim hacim ağırlık 10 kN/m³ olarak belirlenmiştir.

Kompozit atıklar; çözülmüş katı madde miktarının düşük olmasından kaynaklı olarak deney standartlarına uygun yapıda olmadığı için kompozit malzemelere ait yaklaşık durumlar göz önünde bulundurulmuştur. Bu kapsamda birim hacim ağırlığı 15 kN/m³, kohezyon değeri 1 kPa ve içsel sürtünme açısı 35° olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanı taban kayası ve zemin malzemesi özellikleri

Genellikle Menemen ve çevresi, volkanitlerin yaygın olduğu alan üzerinde tabandan tavana doğru Miyosen önemlerine ait Yuntdağı volkanitleri bulunan üzerinde uyumsuz dokanaklı kil-kum kireçtaşı silttaşı konglomera ardalanmalı Miyosen döneminde oluşmuş sediman çökeller bulunmaktadır. İnceleme alanına yakın bölgelerde ise Neojen yaşlı killi kireçtaşı birimi gözlenmekte olup birim genelde az-orta derecede ayrılmış, orta sert-zayıf sertlikte ve orta derecede çatlaklı olup, çatlak boşlukları okside olmuş ve yer yer silis dolguludur. Bu bilgilere göre sonlu eleman analizinde kullanılacak olan parametreler oluşturulmaktadır.

TÜBİTAK tarafından finansa edilen KAMAG 150G159 projesi kapsamında Menemen ve civarında sondajlar ile desteklenen araştırmalar yapılmış ve bu araştırmalar sonucunda Menemen'de ovanın orta kısmına doğru taban kayası derinliğinin arttığı, yamaç kısımlara doğru ise taban kayası derinliğinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu araştırmaya göre taban kayası derinliği en fazla 70 m civarında olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle inceleme alanına ait 65 m derinliğinde üç adet taban kayası modeli baz alınmakta ve belirlenmektedir.

İnceleme alanına yakın noktalarda yapılmış olan sondajlı zemin etüt çalışmalarında 15 m derinliğe kadar kum, silt ve bloklar içeren düşük plastisiteli kil zemin tabakası tespit edilmiştir. 1-2 ve 3 numaralı atık depolama alanlarının zemin malzemesine ait parametreler, inceleme esnasında yapılmış olan sondajlara ait deney verilerinden ulaşılan değerlere göre belirlenmektedir (Tablo 25).

Tablo 25. İnceleme Sahası Taban Kayası Mekanik Özellikleri

Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m³)	Elastisite Modülü (Gpa)	Kayma Modülü (Gpa)	Poisson Oranı	İçsel Sürtünme Açısı (φ)	Kohezyon (C)
23,7	46,81	18,34	0,28		
24,4	57,36	23,36	0,23	68,7	9,1
24,1	47,53	18,57	0,28		

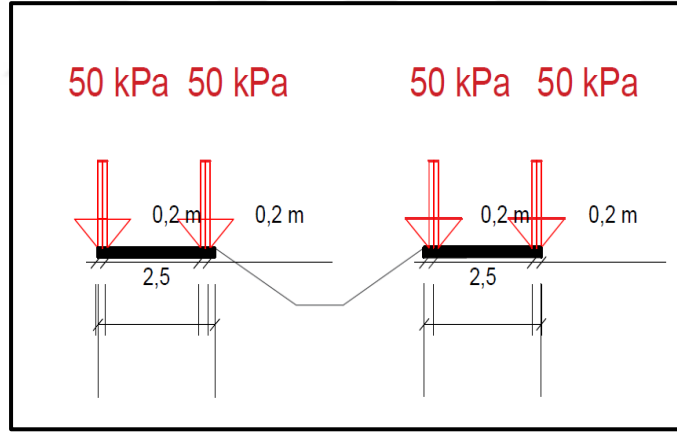
(Kaynak: TÜBİTAK)

Sonlu elemanlar ile sedde ve atık malzemelere ait stabilite-duraylılık analizleri

Şev eğimleri 1D/3Y olan sedde ve depolanan atık malzemeleri sonlu elemanlar ile hem statik koşullarda ve hem de dinamik koşullarda analiz edilmektedir.

Bu kapsamda atık depolama alanlarına ait enkesitlerde her iki tarafında yol kaplaması tanımlanmış olup en güvensiz koşulu temsil edebilmek için kamyon yükü her iki tarafa da aynı anda uygulanmaktadır. Kamyonlar için yüklü ağırlığı 20 ton (200 kN) olarak dikkate alınmakta, atık depolama alanlarına atık taşıyan kamyonların iki dingil ve dört teker vasıtası ile yüklerini zemine aktardığı kabul edilmektedir. Dolayısı ile her tekerlekten zemine aktarılan yük 50 kN olmaktadır.

Atıkları taşıyan kamyon tekerlek sayısının, dörtten fazla olması halinde her tekerlekten zemine aktarılan yükü 50 kN'dan daha az ve hesaplanan durumdan daha güvenli bir durum oluşacaktır. Kamyonların yüklerini mühendislik kurallarına göre imal edilmiş yol kaplamaları vasıtası ile yüklerini zemine aktardığı kabul edilmekte olup yüklerin zemine aktarılmasına dair detay Şekil 33'te verilmektedir. Tanımlanmış olan yol kaplamasına ait bir takım parametreler; elastisite modülü $8 \cdot 10^6$ kN/m, eğilme rijitliği $41,67 \cdot 10^3$ kN m²/m ve poisson oranı 0,20 olarak belirlenmiştir.



Şekil 33. Depolama sahalarının her iki tarafındaki yol üzerine gelen hareketli yüklerinin gösterimi

Şev stabilitesi ve duraylılık analizleri yapmak amacıyla atık malzeme, zemin malzemesi ve taban kayasına ait veriler Tablo 26'da verilmektedir.

Tablo 26. Sonlu Eleman analizlerinde dikkate alınan malzeme model ve parametreleri

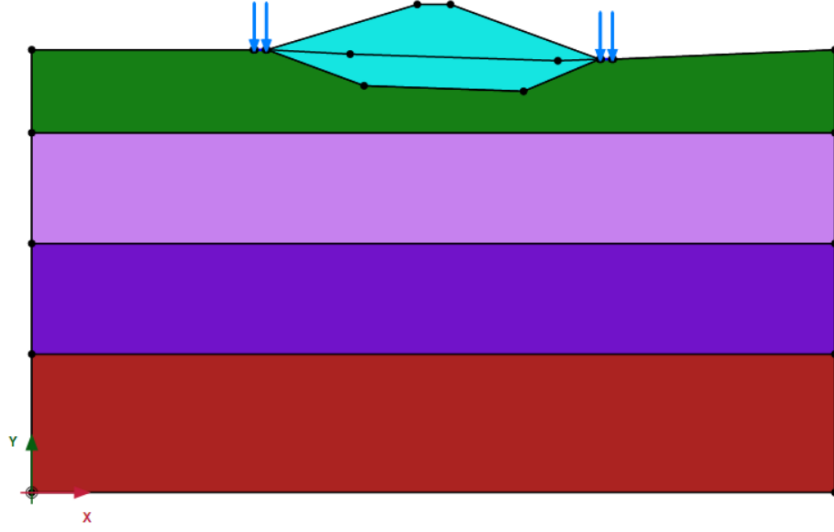
Malzeme Tanımı	1 Nolu Alan	2 Nolu Alan	3 Nolu Alan	Zemin ve Taban Kayası			
	Aritma çamuru	Kompozit atık	Deri Atık	Zemin	Az ayrılmış kaya (0-20 m) *	Kaya (20-40 m)*	Kaya (40-65 m)*
Renk							
Model	Mohr Coloumb	Mohr Coloumb	Mohr Coloumb	Mohr Coloumb	Jointed Rock	Jointed Rock	Jointed Rock
Drenaj tipi	Drained	Drained	Drained	Undrained	Drained	Drained	Drained
Birim hacim ağırlık, γ_{unsat} (kN/m)	8	13	6	15	23	23,5	24
Birim hacim ağırlık, γ_{sat} (kN/)	10	15	8	17,5	23,7	24,1	24,4
Young modülü, E (kN/m)	400	900	1000	5000	520000	1430000	2366000
Poisson oranı, U	0,35	0,3	0,39	0,35	0,28	0,28	0,28
Kohezyon, c	5	1	8,2	73	200	550	910
İçsel sürtünme açısı, ϕ (°)	20	35	11,3	6	58	60	68,7
Dilatansi açısı, Ψ (°)	0	0	0	0	28	30	38,7
Yeraltı suyu	Standard	Standard	Standard	USDA/Clay	Standard	Standard	Standard
İnterfaces	0,65	0,65	0,65	0,75	0,95	0,9	0,9

*: Taban kayasına ait veriler İZBAŞ ADT Sedde ve Atık Şev Stabilitesi Değerlendirmesi Geoteknik Raporu'ndan alınmıştır.

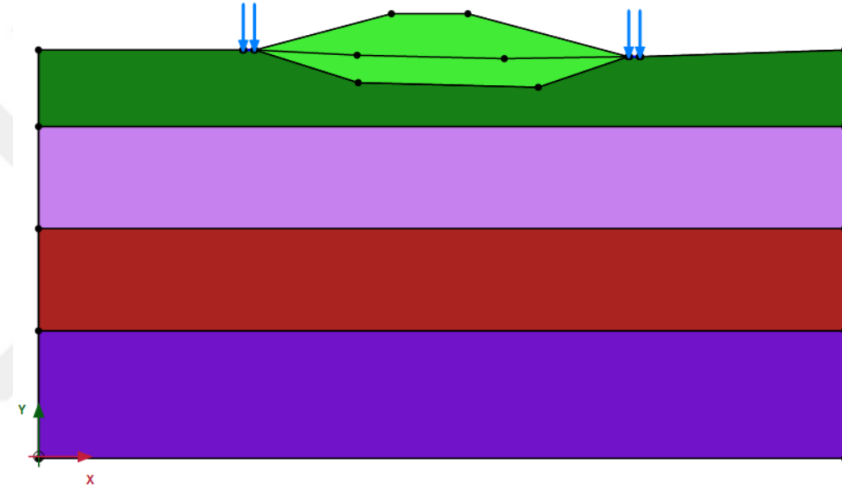
Atık içerisindeki suyun drene edildiği koşulları göz önünde bulundurularak drenajlı olarak hesap yapılmaktadır. Atık içerisindeki suyun iletiminin sağlanabilmesi için atık depolama alanlarının tabanında bir eğim oluşturulmakta ve bu şekilde drenaj gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle enkesitlerde taban eğimleri oluşturulmuştur.

Atık içerisindeki suyun haricinde analiz esnasında depolama alanı çevresinde yüzey suyu akışının da engellendiği varsayılmakta olup geçmiş sondaj verileri baz alınarak ve emniyetli alanda kalmak amacıyla yeraltı suyunun -10,00 m'de olduğu koşuluna göre hesaplama yapılmaktadır.

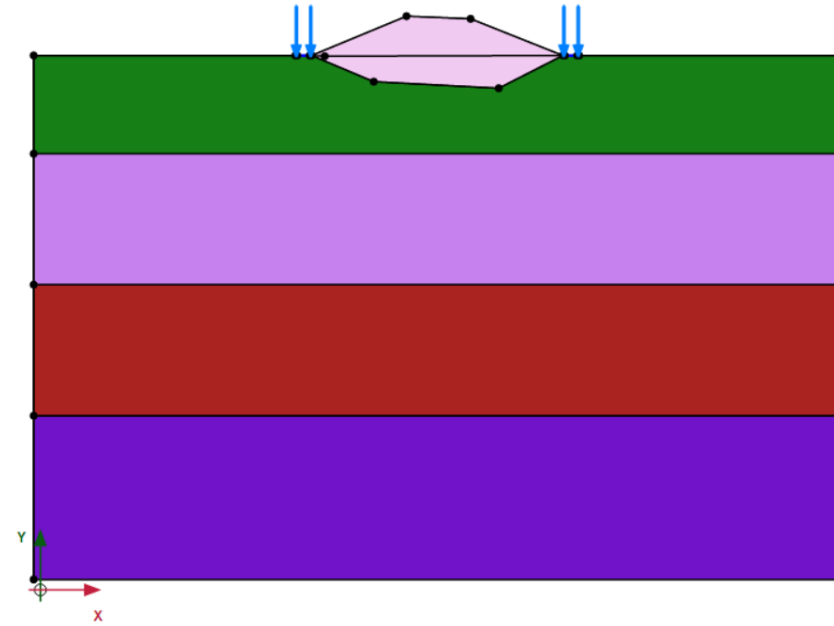
Zemin malzemesine ait parametreler kil içeriği yüksek olmasından kaynaklı drenajsız olarak, taban kayasına ait parametreler ise drenajlı olarak hesaplanmaktadır. Drenajlı olarak yapılan hesaplamalar esnasında geçirimsizlik katsayısı kullanıcı 'tanımlı' seçilmektedir.



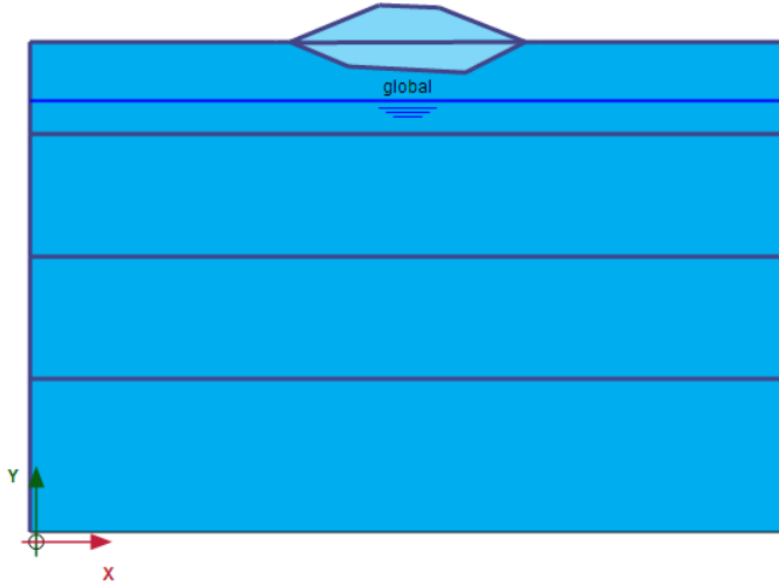
Şekil 34. 1 nolu atık depolama alanına ait modelleme



Şekil 35. 2 nolu atık depolama alanına ait modelleme



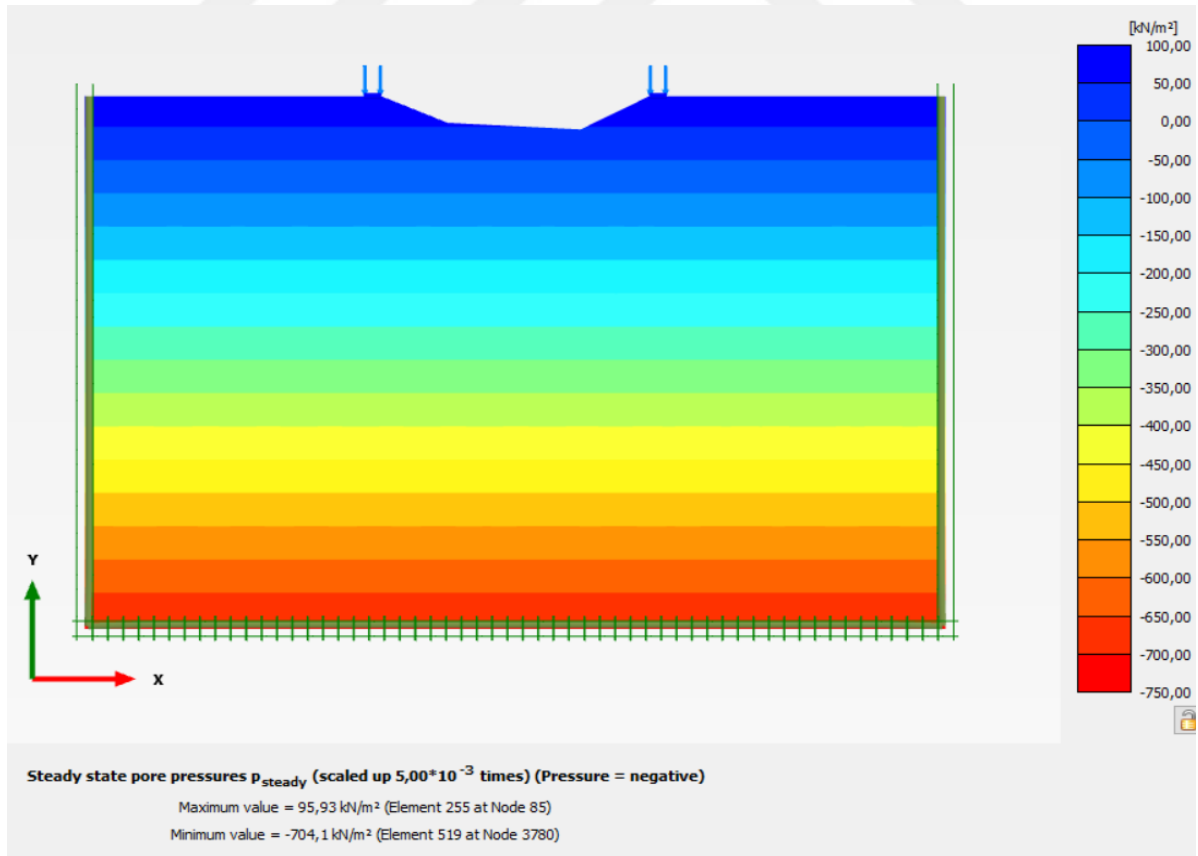
Şekil 36. 3 nolu atık depolama alanına ait modelleme



Şekil 37. Yeraltı suyu seviyesi belirleme

a. Aşamalı inşaa durumuna göre analiz

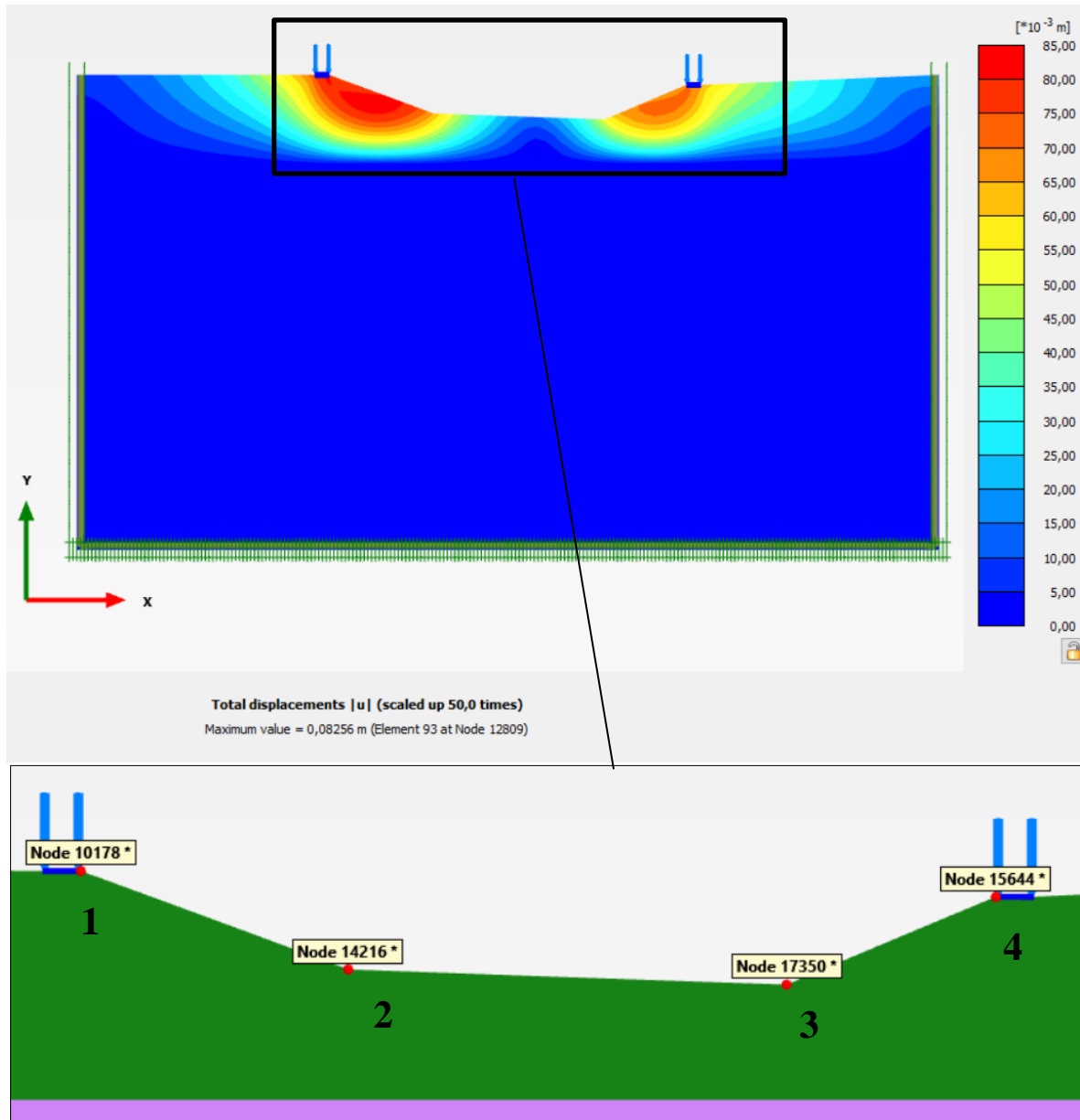
Üç alanın zemin modellerine ait atık depolama alanlarının atık dolumu başlamadan ve nihai dolumu tamamladıktan sonra plastik durumuna göre gerçekleştirilen analizlerini kapsamaktadır. Bu plastik duruma göre analizler esnasında kamyon yükleri aktif hale getirilmiş ve yeraltı suyunun -10,00 m seviyesinde olduğu durum oluşturulmuştur.



Şekil 38. Boşluk suyu basıncı

Yeraltı su seviyesine göre atık depolama alanlarında oluşan boşluk suyu basıncına ait durum Şekil 38’de verilmektedir. Su seviyesinin depolama alanlarının tabanına olan uzaklığı arasında muhtemel olarak farklar bulunduğu için depolama alanında risk oluşturmamaktadır. Tüm bu durumlar haricinde inşaa aşamasında yüzey suyu drenajının sağlanması, tabanda doğal/yapay geçirimsizlik sistemlerinin kullanılması risk etmenlerini daha da düşürmektedir.

Bir atık depolama alanındaki muhtemel deformasyonların en önemli olduğu düğüm noktaları belirlenmekte ve maksimum deformasyon durumları incelenmektedir. Atık dolumu öncesinde; alanların yol tabakasının en uç noktaları ve en alt taban noktaları; atık dolumu sonrasında ise bu noktalara ek olarak nihai atık kotunun en üst iki köşe noktasıdır.

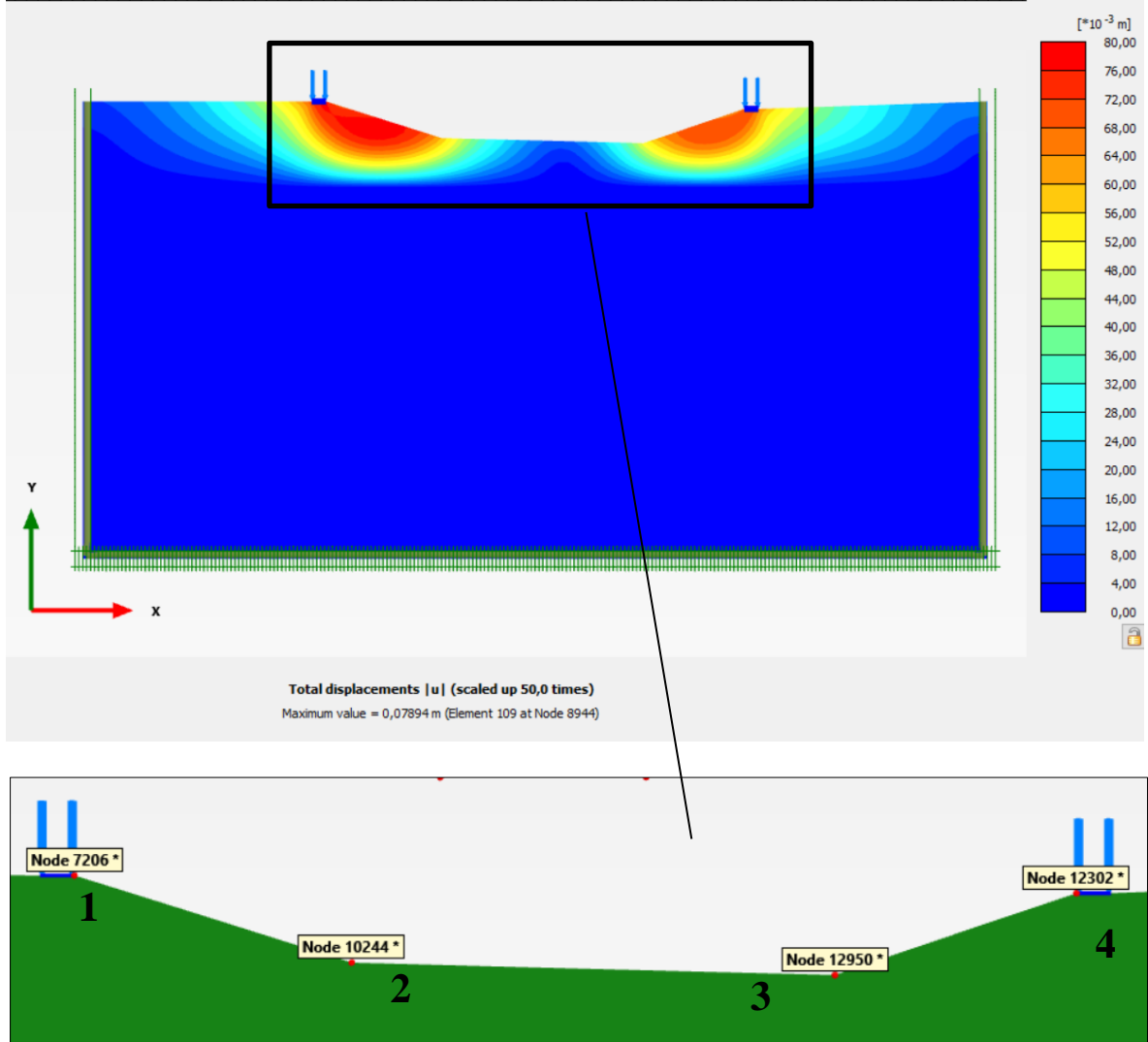


Şekil 39. Atık dolumu öncesindeki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-1 nolu alan

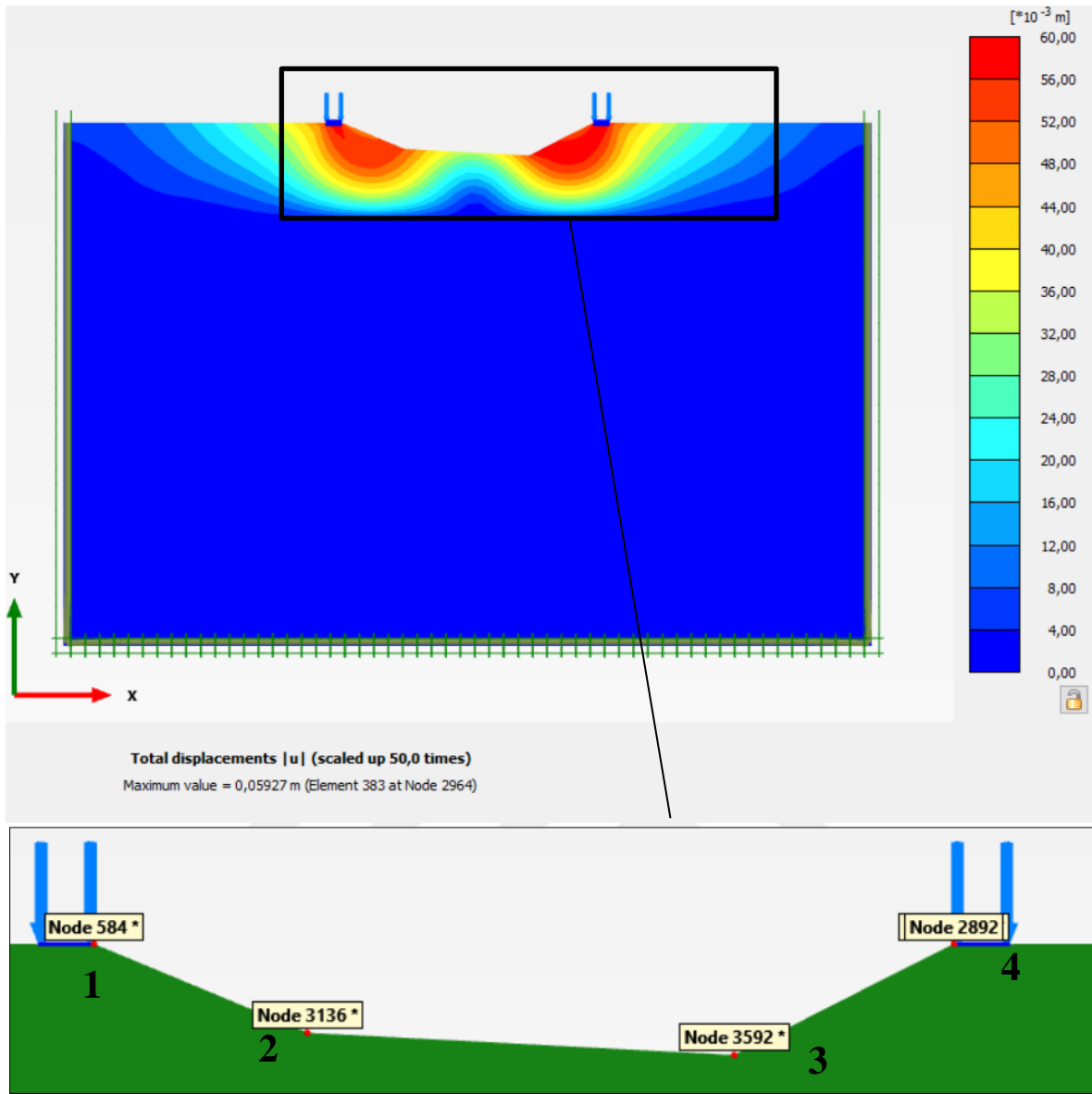
Atık dolumu öncesinde 1 nolu alandaki maksimum deformasyon durumu hareketli yüklerin uygulandığı kısımdan şeve doğrudur. Şev yüksekliğinin artmış olduğu sol kesitte ise deformasyon değeri daha da yükselmektedir.

2 nolu alanda yoldan aktarılan yüklerden şeve doğru deformasyon oluşturmakta fakat 1 nolu alana göre taban seviyesinde deformasyon daha az oluşmaktadır. Bu durumun temel nedeni 2 nolu alanın taban alanının daha geniş olması ve şev yüksekliklerinin daha düşük olmasıdır.

3 nolu alanda şev yüzeyindeki deformasyonlar daha belirgin ve yoğun şekilde gözlenmekte olup atık depolama alanının tabanında da deformasyon oluşturmaktadır.



Şekil 40. Atık dolumu öncesindeki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-2 nolu alan



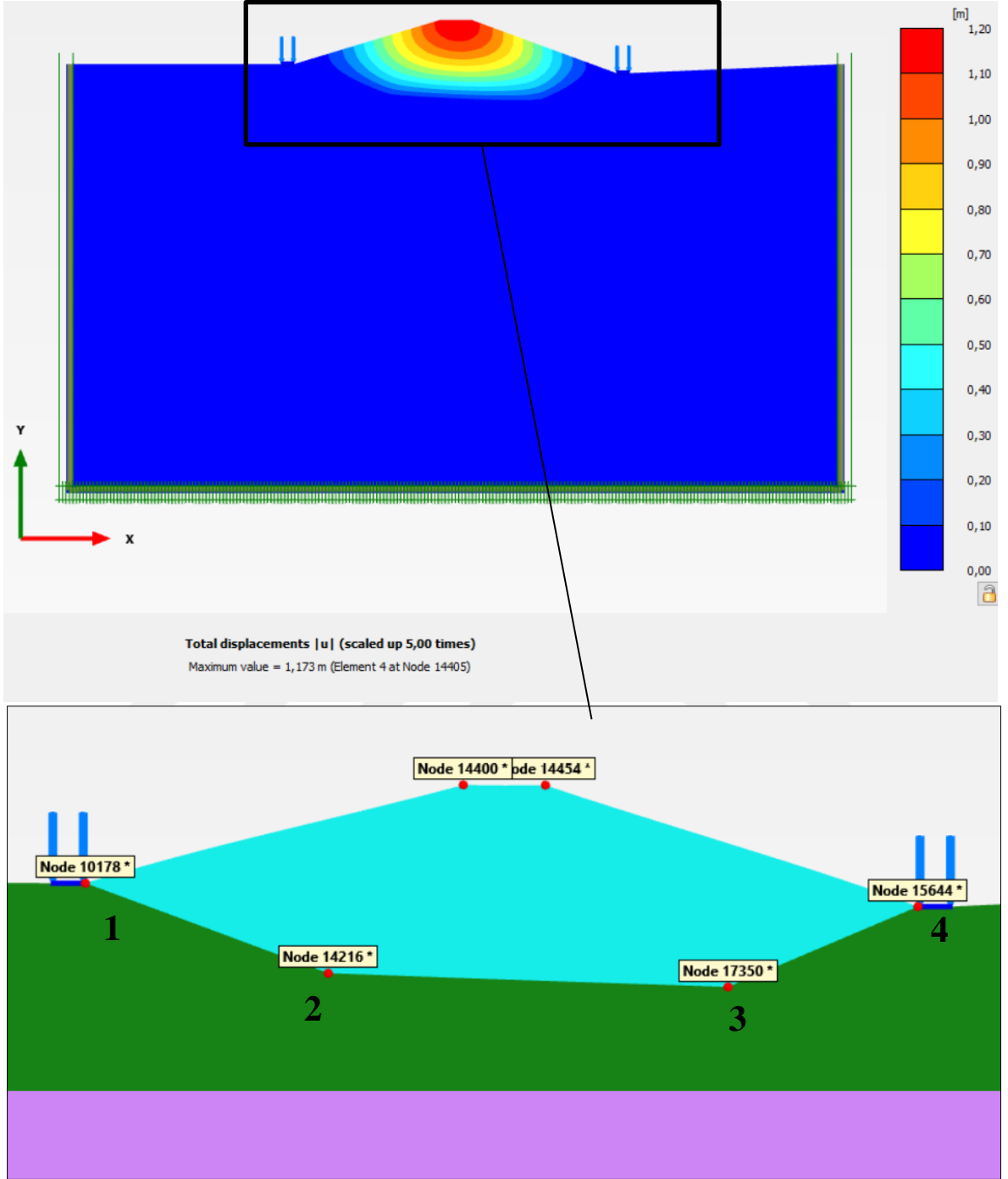
Şekil 41. Atık dolumu öncesindeki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-3 nolu alan

Tablo 27. Atık depolama alanı inşaatı sonrası düğüm noktalarına ait yerdeğiştirme verileri

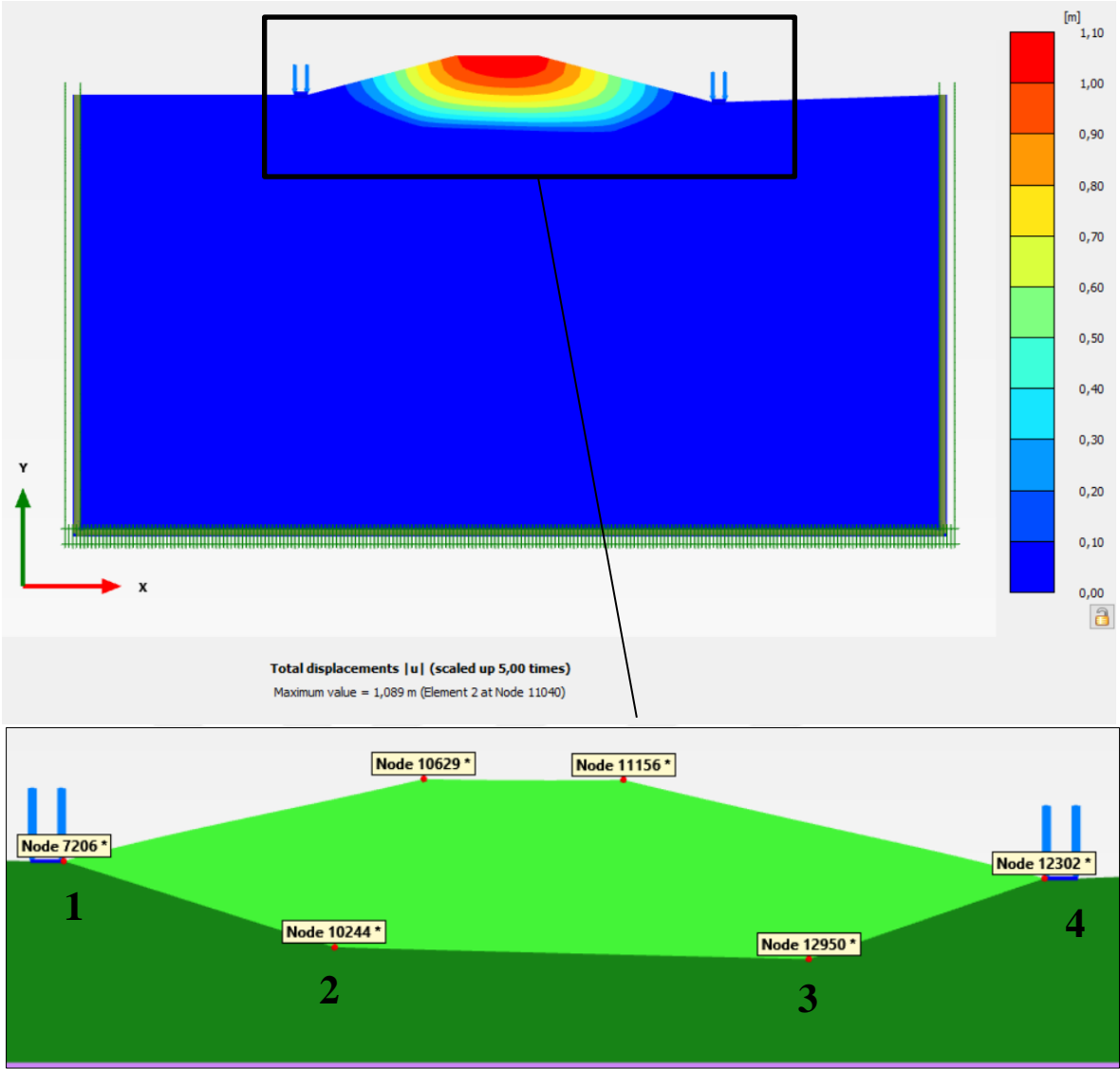
Alan	Deplasman (m)	Düğüm Noktaları			
		1	2	3	4
1 nolu alan	U _x	60,789*10 ⁻³	61,425*10 ⁻³	-47,632*10 ⁻³	-58,205*10 ⁻³
	U _y	- 50,1*10 ⁻³	21,429*10 ⁻³	22,55*10 ⁻³	-36,77*10 ⁻³
	U	78,77*10 ⁻³	65,656*10 ⁻³	52,702*10 ⁻³	68,85*10 ⁻³
2 nolu alan	U _x	57,55*10 ⁻³	55,85*10 ⁻³	-44,66*10 ⁻³	-58,89*10 ⁻³
	U _y	-42,6*10 ⁻³	19,15*10 ⁻³	20,16*10 ⁻³	-33,2*10 ⁻³
	U	71,6*10 ⁻³	56,05*10 ⁻³	49,01*10 ⁻³	65,87*10 ⁻³
3 nolu alan	U _x	40,38*10 ⁻³	46,45*10 ⁻³	-43,45*10 ⁻³	-42,4*10 ⁻³
	U _y	- 37,05*10 ⁻³	-23,95*10 ⁻³	31,35*10 ⁻³	-37,24*10 ⁻³
	U	54,81*10 ⁻³	52,26*10 ⁻³	53,58*10 ⁻³	56,43*10 ⁻³

Atık dolumu sonrasında gerçekleşen maksimum deformasyon seviyeleri ve depolama alanında deformasyon durumu oluşması açısından en önemli düğüm noktalarına ait şekiller Şekil 42, Şekil 43 ve Şekil 44 'te verilmektedir.

Bu şekillere göre 3 atık depolama alanında da muhtemel deformasyonlar atığın en üst noktalarında oluşmaktadır. En önemli deformasyon noktaları olarak belirlenen diğer dört nokta; yol ve depolama alanını taban düğüm noktalarında herhangi bir risk gözlenmemektedir.

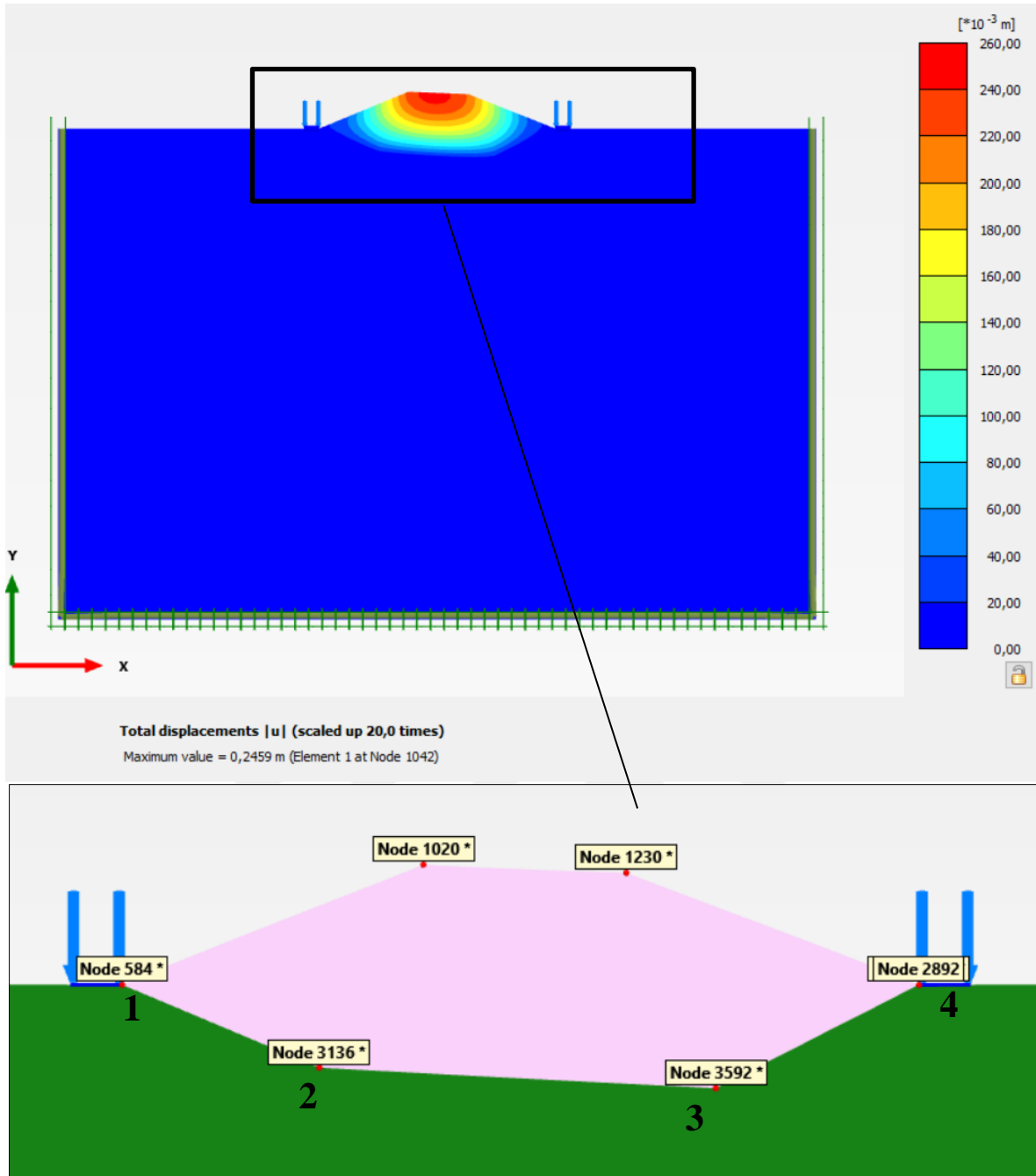


Şekil 42. Atık dolumu sonrasındaki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-1 nolu alan



Şekil 43. Atık dolumu sonrasındaki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-2 nolu alan

Düğüm noktalarına ait yerdeğiştirme miktarları Tablo 28’de verilmektedir. Veriler içerisinde en yoğun deformasyonun arıtma çamurunda olduğu gözlenmektedir. Arıtma çamuru depolama esnasında solar kurutma tesisinde kurutulmuş nem değerinin düşürülmesinden kaynaklı olarak bu deformasyonlar daha da düşmekte olup muhtemel stabilite-duraylılık problemleri depolama esnasında önlenmektedir. Kompozit atık malzeme stabilite açısından ağır bir malzeme olmadığı ve hacim boşluk yapısının fazla olmasından kaynaklı sonlu eleman analizindeki deformasyonlar bize net bir sonuç vermeyebilir. Fakat bu malzemedeki yerdeğiştirme durumu gözle görülebileceği için işletme esnasında stabilite açısından bir problem oluşturmamaktadır.



Şekil 44. Atık dolumu sonrasındaki deformasyon durumu ve düğüm noktaları-3 nolu alan

Tablo 28. Atık dolumu tamamlandıktan sonraki düğüm noktalarına ait yerdeğiştirme verileri

Alan	Deplasman (m)	Düğüm Noktaları					
		1	2	3	4	5	6
1 nolu alan	Ux	$-3,03 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$18,88 \cdot 10^{-3}$	$5,42 \cdot 10^{-3}$	$134,87 \cdot 10^{-3}$	$59,2 \cdot 10^{-3}$
	Uy	-0,02	-0,005	0,005	-0,007	-1,126	-1,14
	U	0,02	0,006	0,02	0,009	1,134	1,14
2 nolu alan	Ux	$-31,62 \cdot 10^{-3}$	$-23,45 \cdot 10^{-3}$	$43,87 \cdot 10^{-3}$	$25,6 \cdot 10^{-3}$	$20,95 \cdot 10^{-3}$	$133,8 \cdot 10^{-3}$
	Uy	0,003	-0,02	-0,004	0,01	-1,05	-0,98
	U	0,032	0,03	0,05	0,03	1,05	0,99
3 nolu alan	Ux	$-10,77 \cdot 10^{-3}$	$-5,2 \cdot 10^{-3}$	$5,62 \cdot 10^{-3}$	$8,63 \cdot 10^{-3}$	$-2,86 \cdot 10^{-3}$	$22,62 \cdot 10^{-3}$
	Uy	$-16,74 \cdot 10^{-3}$	$-7,2 \cdot 10^{-3}$	$-0,27 \cdot 10^{-3}$	$-17,3 \cdot 10^{-3}$	-0,22	0,225
	U	$19,9 \cdot 10^{-3}$	$8,9 \cdot 10^{-3}$	$5,63 \cdot 10^{-3}$	$19,31 \cdot 10^{-3}$	0,225	0,227

b. Güvenlik katsayısı analizi

Güvenlik katsayısı; atık malzemesinin istiflenmesi için tertip edilen şevlerin kayma ve göçme durumunu temsil etmektedir.

Yukarıda verilmiş olan verilere göre tanımlanan atık depolama alanlarına ait güvenlik katsayıları sahanın atık dolumunun tamamlandığı durumlarına göre analiz edilmektedir.

Alan şev yüksekliği en yüksekten düşüğe doğru; 2 nolu alan, 1 nolu alan ve 3 nolu alan şeklindedir. Atığın istif yüksekliği ise en yüksekten düşüğe doğru; 1 nolu alan, 2 nolu alan ve 3 nolu alandır. 2 nolu alanda şev yüksekliği ve taban alanının geniş olmasından kaynaklı yükler daha uniform bir şekilde dağılmaktadır bu nedenle risk bulunmamaktadır. Özellikle atık ve şev yüksekliği en yüksek olan 1 nolu alan da ve atık malzemedeki gelen yükün bölgesel olarak en yüksek olduğu 3 nolu alanda güvenlik katsayısı önemli olmaktadır.

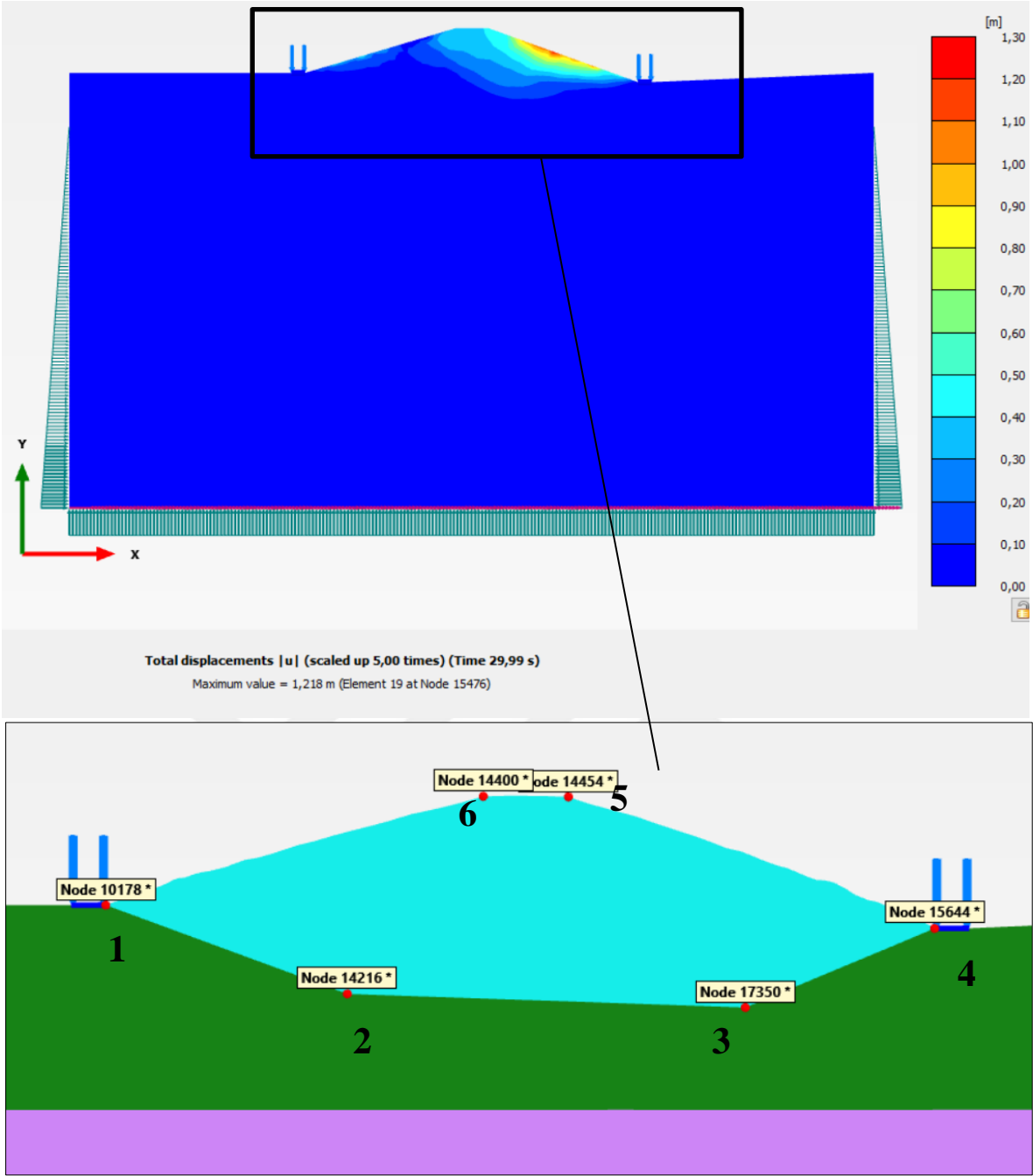
Analiz sonucunda güvenlik katsayıları, arıtma çamuru depolanmakta olan 1 nolu alanın 1,8; kompozit atık depolanmakta olan 2 nolu alanın 2,9; deri atık depolanmakta olan 3 nolu alanın 1,9 olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuçlara göre güvenlik durumunun uygun olduğu belirlenmektedir.

c. Dinamik analiz

İnceleme alanına ait koordinat bilgileri doğrultusunda AFAD sisteminde hesaplanan verilere göre, aşamalı inşaat fazlarına dair dinamik analiz yapılmaktadır. AFAD verilerine yakın simülasyonda bulunan Türkiye’de yakın geçmişte 17 Ağustos 1999 tarihinde 7,6 büyüklüğünde gerçekleşmiş olan Kocaeli depremine ait ivme kaydına Peer Ground Motion Database (<https://ngawest2.berkeley.edu>) sitesinden ulaşılmaktadır.

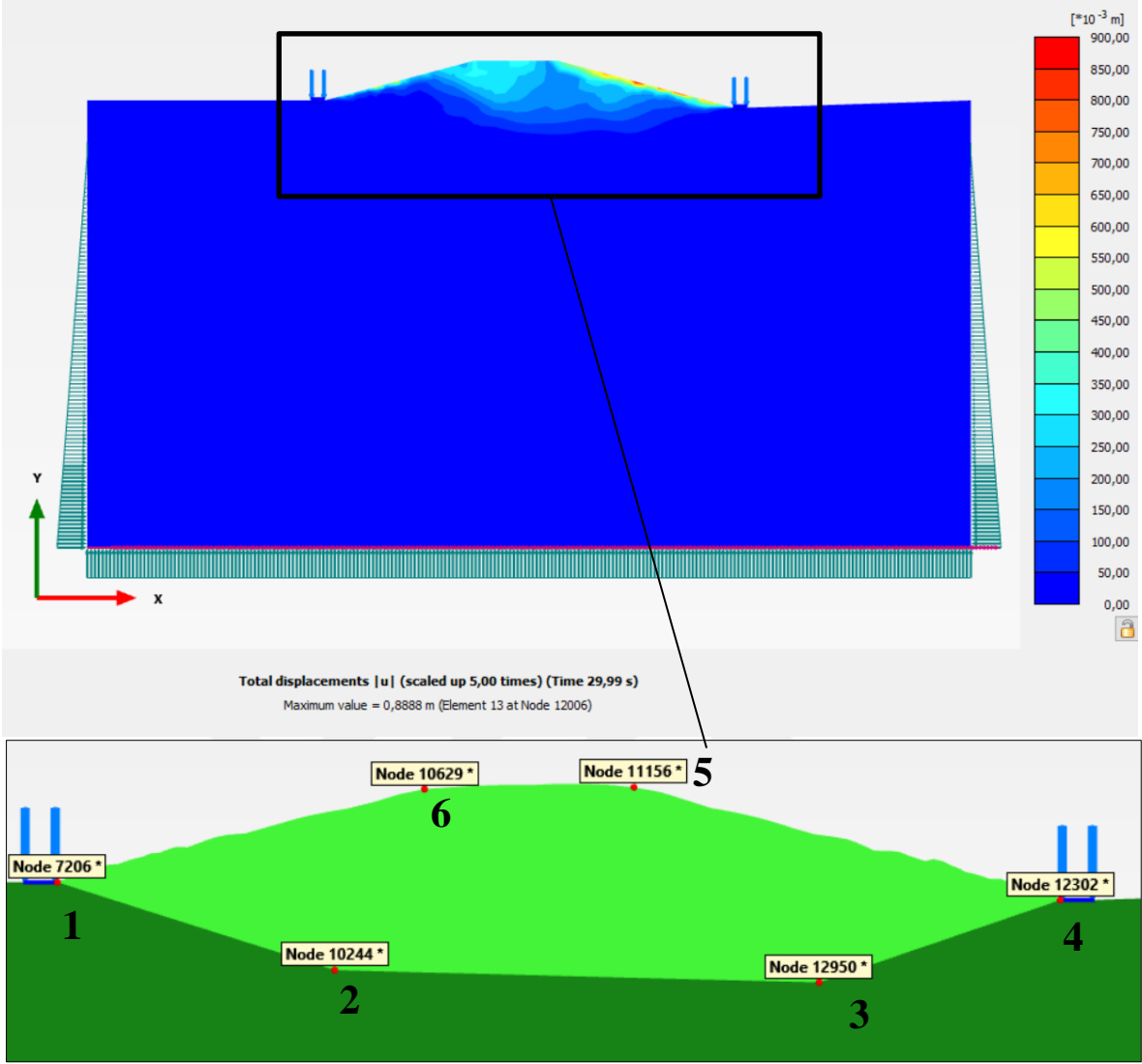
Analiz için oluşturulan sayısal modellerde dikey yönde deprem dalgalarını yansımaları önlemek amacıyla bu düşey kenar sınırları dinamik modellemeye uygun şekilde düzenlenmiştir. Dinamik analize ait faz içerisinde süre 29,995 sn olup depreme ait süreyi yansıtmaktadır.

1 numaralı atık depolama alanının dinamik analize göre oluşan deformasyonlar genellikle atık malzemenin üst noktalarıdır. Bu deformasyonların haricinde hareketli yüklerin bulunduğu alanlara doğru şişme ve kabarma durumları oluşmaktadır. Taban eğimine göre atık malzemelerin hareketi incelendiğinde genellikle taban kotunun düşük olduğu yere doğru deformasyonlarda artış gözlenmektedir. Maksimum deformasyon değerinin ise 1,218 m olduğu analiz sonucunda Şekil 45’te verilmektedir.



Şekil 45. Dinamik analiz sonrası deformasyon durumu ve düğüm noktaları-1 nolu alan

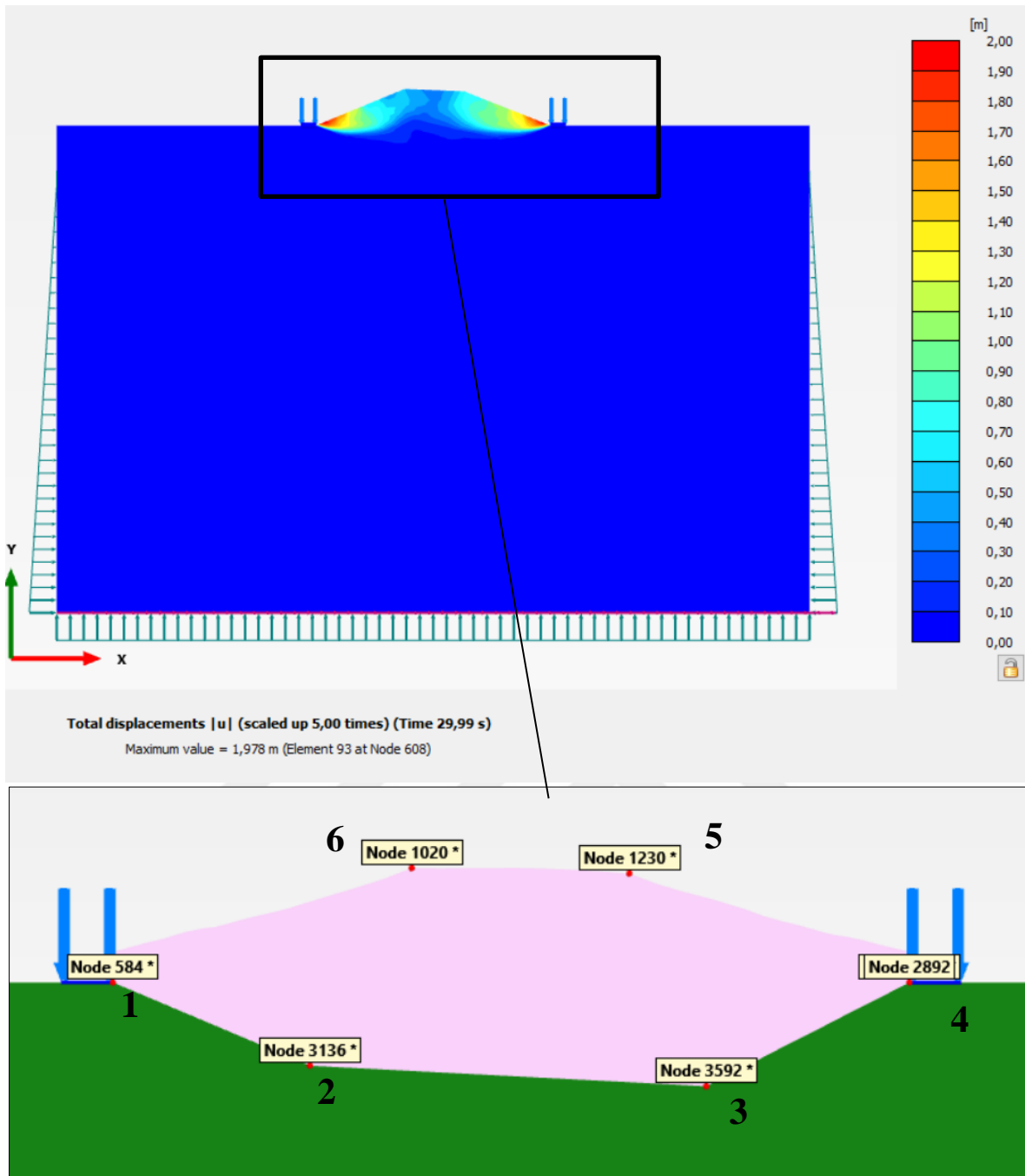
2 numaralı atık depolama alanının dinamik analizine göre oluşan deformasyonlar genellikle taban eğimine paralel şekilde atık yüzeyinde gözlenmekte olup düşük miktarlardadır (Şekil 46). Kompozit atık malzemeye ait zemin parametreleri, bu malzemenin deneye uygun hale getirilememesinde kaynaklı olarak durabilite açısından sonlu eleman analiziyle belirlenmesinde zorluk yaratmaktadır. Fakat malzemenin plastik yoğunluğunun fazla olması ağırlığı göz önünde bulundurulduğuna depolama alanında oluşabilecek gerilme ve yük durumunu düşürmekte olup yol ve depolama alanı tabanında risk oluşturmamaktadır. Atık malzemede oluşabilecek deformasyonlar analizlerde net bir durum oluşturmayabilir fakat katı ve su içermeyen bir atık olmasından dolayı rüzgar durumu görüntü açısından önemli bir etmen olmaktadır.



Şekil 46. Dinamik analiz sonrası deformasyon durumu ve düğüm noktaları-2 nolu alan

3 numaralı atık depolama alanının dinamik analizine göre oluşan deformasyonların genellikle atık yüzeyinden hareketli yüklerin bulunduğu bölgelere doğru ve maksimum deformasyon değerinin 1,978 m olduğu Şekil 47’de verilmektedir. Atık malzemenin ise dinamik bir hareket ile şişme-kabarma durumuna maruz kaldığı anlaşılmaktadır. Bu durum atık malzemede drenaj koşullarının sağlanmaması halinde hareketin etkisiyle sıvılaşma durumuna uğrayabileceğini de göstermektedir.

Detaylı bir şekilde ele alındığında dinamik analizde atık depolama alanlarında deformasyon ve yerdeğiştirmeler; genellikle ilk atık malzemeler üzerinde olmaktadır. Bu atık malzemeler içerisinde en büyük deformasyon ise deri atık depolanmakta olan 3 nolu alanda gerçekleşmektedir. Yol ve depolama alanında gerçekleşen yerdeğiştirme miktarları ise tolere edilebilir giderilir boyutlardadır.



Şekil 47. Dinamik analiz sonrası deformasyon durumu ve düğüm noktaları-3 nolu alan

Tablo 29. Dinamik analiz sonrası düğüm noktalarına ait yerdeğiştirme verileri

Alan	Deplasman (m)	Düğüm Noktaları					
		1	2	3	4	5	6
1 nolu alan	Ux	$12,18 \cdot 10^{-3}$	$1,72 \cdot 10^{-3}$	$8,11 \cdot 10^{-3}$	$5,52 \cdot 10^{-3}$	0,24	0,403
	Uy	$3,073 \cdot 10^{-3}$	$0,88 \cdot 10^{-3}$	$0,11 \cdot 10^{-3}$	$4,26 \cdot 10^{-3}$	-0,225	-0,265
	U	$12,57 \cdot 10^{-3}$	$1,94 \cdot 10^{-3}$	$8,11 \cdot 10^{-3}$	$6,97 \cdot 10^{-3}$	0,33	0,482
2 nolu alan	Ux	$-4,55 \cdot 10^{-3}$	$7,36 \cdot 10^{-3}$	$22,83 \cdot 10^{-3}$	$-3,13 \cdot 10^{-3}$	0,322	0,056
	Uy	$0,57 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$	$2,16 \cdot 10^{-3}$	-0,183	-0,309
	U	$4,59 \cdot 10^{-3}$	$7,45 \cdot 10^{-3}$	$23,13 \cdot 10^{-3}$	$3,81 \cdot 10^{-3}$	0,37	0,314
3 nolu alan	Ux	-0,02	-0,02	0,01	0,01	0,588	-0,101
	Uy	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$-5,02 \cdot 10^{-3}$	$0,14 \cdot 10^{-3}$	$0,77 \cdot 10^{-3}$	-0,351	-0,487
	U	0,02	0,02	0,01	0,01	0,685	0,5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek Lisans tezi olarak belirlenen bu çalışmada; bölgede endüstriyel faaliyetler sonucunda çıkan atıkların depolandığı, İzmir ili, Menemen ilçesi, Maltepe Köyü mevkiinde bulunan Düzenli Atık Depolama Alanlarının jeolojik ve jeoteknik inceleme çalışmalarını içermektedir.

Atık depolama tesisinin en yakın yerleşim birimine olan uzaklığı 1000 m civarında olup Menemen-Foça arası ulaşım yolu güzergahının üzerinde yer almaktadır. İklim özelliklerine göre en yoğun yağışlar Aralık, Ocak ve Şubat aylarında gerçekleşmektedir. Hakim rüzgar yönü ise kuzeybatıdır. Bu durumlar atık depolama alanlarının çevreyle olan etkileşimi açısından büyük rol oynamakta olup atık depolama tesisi yer seçimi kriterlerine göre optimum bir konumda yer almaktadır.

Jeoloji haritaları ve stratigrafik kesitlere göre Urla K17 paftasında bulunan inceleme alanında, tabandan tavana doğru Miyosen dönemlerine ait Yuntdağ Volkanitleri bunlar üzerinde Aliğa Formasyonu olarak adlandırılan uyumsuz dokanaklı kil-kum-kireçtaşı silttaşı, konglomera ardalanmalı, Miyosen döneminde oluşmuş sediman çökeller bulunmaktadır. Bölgede karmaşık bir şekilde bulunan kuvaterner alüvyonlar birimlerin örtüsü niteliğinde gözlenebilmektedir.

Bölgede, sel, heyelan, çığ gibi doğal afetler bakımından her hangi bir risk taşımamaktadır. Ancak inceleme alanı ve yakın çevresinin de içerisinde yer aldığı bölge, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 1. Derece deprem bölgesinde bulunmakta olup deprem riski fazladır.

İnceleme alanında yapılan 3 adet 15,00 m derinliğindeki sondajlardan ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar kapsamında USCS birleşmiş zemin sınıflandırmasına göre; zemin sınıfı, CL-düşük plastisiteli inorganik killer ve siltli killer, kil zeminin permeabilite durumu “orta derece geçirimli” olarak belirlenmiş olup taban geçirimsizliği için uygun değildir. Bu nedenle geçirimsizliği sağlamak amacıyla doğal ve yapay bir geçirimsizlik tabakasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Sondaj çalışmalarında yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Geçmiş yıllarda (Temmuz 2009) yapılmış olan sondajlarda yeraltı suyu seviyesinin yüzeyden derinliğinin 11,5 m civarında olduğu ve seviyenin kış aylarında değişkenlik gösterebileceğini bilinmektedir. Bununla birlikte bölgenin etrafında tarım arazisinin fazla olması yeraltı suyuna ihtiyacı artırdığı için bölgedeki sular sulama kanalları yardımıyla tarım arazilerine ulaştırılabilmektedir. Sonuç olarak yeraltı

suyuna ihtiyaç fazla olmasından dolayı bölgede çıkabilecek tüm suların depolama alanına girişi engellenmektedir.

Bölgenin deprem durumu, yer altı suyu koşulları ve zemin özellikleri birlikte değerlendirildiğinde, inceleme alanında deprem anında zeminde sıvılaşma olayının meydana gelme ihtimali bulunmamaktadır.

Stabilite ve duraylılık analizlerine göre atık depolama alanlarının atık dolununun tamamlanması sonrası güvenlik katsayıları güvenli çıkmıştır. Analizler esnasında güvenli tarafta kalabilmek amacıyla yer altı su seviyesi -10,0 m seviyesinde olacak şekilde modelleme oluşturulmuştur. Aşamalı inşaat durumuna göre plastik durumda atık depolama alanı inşaatı sonrasında hareketli yükler de aktif hale getirildiğinde deformasyonlar genellikle yollar üzerinde gerçekleşmektedir. Atık dolum sonrasında plastik duruma göre deformasyonlar genellikle atık üst kotlarında gerçekleşmektedir. Bu atık doluları sonrasında güvenlik katsayısına göre analiz de gerçekleştirilmiş olup atık depolama alanlarının güvenlik katsayıları uygundur.

Dinamik analiz yapmak amacıyla 17 Ağustos 1999 tarihinde 7,6 büyüklüğünde gerçekleşmiş olan Gölcük depremi ivme kaydı kullanılmıştır. Bu dinamik analizler sonucunda deformasyonlar genellikle atıktan yol kesitine doğru olduğu gözlemlenmiştir. Özellikler deri atık malzemede hareketin etkisiyle şişme-kabarma oluşabileceği de belirlenmektedir.

Analizler neticesinde atık depolama alanlarında oluşabilmesi muhtemel deformasyonların sınırlı miktarlarda gerçekleşeceği ve stabilite açısından olumsuz bir durum teşkil etmeyeceği görülmüştür.

Bu jeolojik ve jeoteknik analizler haricinde inşaa aşamasında gerçekleştirilen gözlem kuyuları, drenaj hatları, doğal/yapay geçirimsizlik sistemleri ve bir atık depolama alanı için gerekli olan tel çit, aydınlatma, yangın hattı vb. gibi imalatlarda proje kapsamında gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir.

İnceleme alanında yapılan sondajlar, laboratuvar deneyleri ve stabilite analizleri kapsamında atık depolama alanlarının mühendislik parametrelerine, yönetmelik ve mevzuatlara uygun olduğu çevre için herhangi bir olumsuz durum oluşturmadığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Adalı, Y., 2019. İzmir Bornova Bayraklı Bölgesi Zeminlerinin Dinamik Özelliklerinin ve Depremselliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir.
- AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml> (15.03.2022 00:01 ve 30.04.2022 14:39)
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 18.03.2018 tarihli 30364 Sayılı Resmî Gazete.
- Ağırlioğlu, N., 2005. Baraj Planlama ve Tasarımı. Su Vakfı Yayınları Cilt II, 2. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- Ağırlioğlu, N., 2007. Baraj Planlama ve Tasarımı. Su Vakfı Yayınları Cilt I, 2. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- Akbulut, S., 2003. Katı Atık Depo Alanlarının Geoteknik Tasarımı, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Cilt:9 Sayı:2 Sayfa: 223-230, Denizli.
- Akyıldız, H., M., 2017. Düzenli Depolama Alanlarının Taban Sızdırmazlığında Gerekli Olan Kil Kalınlığının Tespiti. Mühendislik Dergisi, Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır.
- Alkaya, D., Alyanak, İ., 1999. Sağlıklı Kentlerin Oluşumunun Geoteknik Mühendisliği Açısından İncelenmesi, II. Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu, Adana.
- Atık Yönetim Dairesi Başkanlığı, 2015. Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- Balgat Mühendislik, 2020. Lot-2,3,4 ve 5'e ait Uygulama Proje Paftaları, Raporu ve Teknik Şartname, İzmir.
- Barış, N., 2008. Tahtalı Baraj Havzasının Hidrojeolojik İncelenmesi ve Yeraltı Suyu Kirlenebilirliğinin AHS-DRASTİC Yöntemi ile Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Başarı, E., 2019. Manisa İli, Yunusemre İlçesi, Uzunburun Mahallesi Sarıçam Mevkii Manisa Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama ve Bertaraf Tesisi Projesi Lot-2 Seddeler ve Şev Güvenliğinin Değerlendirilmesi Hakkında Geoteknik Rapor, Manisa Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Manisa.
- Berkeley California University, 2022. PEER Ground Motion Database, <https://ngawest2.berkeley.edu> (Ekim 2022)
- Bozkurt, A., Kurtuluş, C., 2010. Gebze Sınırları Dâhilinde Yer Alan Deponi Alanının Jeolojik, Jeofizik ve Jeoteknik Yöntemlerle Araştırması, Uygulamalı Yerbilimleri Sayı:1, İstanbul.
- Bürkün, M., 2010. Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik, Literatür Yayınları, 1. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- Çelik, M., Y., Tur, Ş., 2012. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Mermer Artıkları Depolama Sahasının Yer altı Suyuna Olan Etkisinin İncelenmesi, Fen Bilimleri Dergisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- DSİ, 1998. Su Yapılarında Karşılaşılan Zemin Mekaniği Problemleri Semineri, 14-16 Eylül

- 1998, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Balıkesir.
- DSİ, 2006. Dolgu İşleri Teknik Şartnamesi, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- DSİ, 2006. Kazı İşleri Teknik Şartnamesi, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- DSİ, 2008. Teknik Bülten, Sayı:103, Ocak 2008, Ankara.
- Ergül, M., 2018. Düzenli Depolama Sahalarının Tasarımı ve Örnek Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Eskişar, T., 2008, İzmir Körfezi Kuzey Kıyılarının Zemin Özelliklerinin ve Geoteknik Sorunlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Göktaş, F., 2016, İzmir Dış Körfesindeki Adaların Neojen Stratigrafisi, MTA Dergisi (2016) 152:1-24, Bornova, İzmir.
- GSI GRI GM19a, 2017. Seam Strength and Related Properties of Thermally Bonded Homogeneous Polyolefin Geomembranes/Barriers, USA.
- GSI GRI GT-12a, 2016. Test Methods and Properties for Nonwoven Geotextiles Used as Protection (or Cushioning) Materials, USA.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı, 2012. 1/25.000 ölçekli İzmir Büyükşehir Bütünü Çevre Düzeni Planı Açıklama Raporu, İzmir.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2020-2024. İZSU Stratejik Plan, İzmir.
- Kalafatçıglu, A., 1958. İzmir Bölgesi Yeraltı Suyu Durumu Jeolojisi ve Hidrolojisi Hakkında Rapor, 15 Aralık 1958, MTA, Ankara.
- Kalkan, E., 2003. Oltu (Erzurum) killerin bariyer olarak kullanımında geoteknik özelliklerinin iyileştirilmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kalkan, E., 2006. Utilization of red mud as a stabilization material for preparation of clay liners. Engineering Geology 87 (3-4), 220-229.
- Kanbur, S., 2006. Isparta (Şarkikaraağaç) Havzasında Katı Atık Düzenli Depolama Yer Seçimine Yönelik Jeolojik-Geoteknik İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Karaca, C., Türkmen, S., Öner, F., 2002. Mersin-Esenli Civarının Katı Atık Depolama Alanı Olarak Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi, Mühendislik Jeoloji Bülteni, Sayı: 26-27.
- Kezer, S., 2019. Katı Atık Sahalarında Şev Stabilitesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Kıncal, C., Koca, M., Y., 2019. Denizli- Harmandalı Katı Atık Depolama Alanı Heyelanının Mühendislik Jeolojisi. Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Kızılay, Ö., 2019. Bartın İli Kaman Köyü Katı Atık Bertaraf Tesisi Sahasının Jeolojik ve Jeoteknik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak.
- Kumsar, H., Taşdelen, S., Çelik, S., B., 2006. Mühendislik Jeolojisinde Çağdaş Uygulamalar Sempozyumu, 25-27 Mayıs 2006, Tübitak, Denizli.
- Leblebici, T., 2019. Aksa Göynük (Bolu) Enerji Termik Santrali Düzenli Atık Depolama

- Sahasının Jeoteknik İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Maden Tetkik Arama ve Genel Müdürlüğü, 2005. İzmir ve Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri, Rapor No: 10754, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Önalp, A., Arel, E., 2018. Geoteknik Bilgisi I-Zeminler Mekanığı Çözümlü Problemlerle, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Özbil, Ö.,2019. II.sınıf Düzenli Depolama Sahası Tasarımı: Örnek Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Özçep F., 2019. Zeminlerin Geoteknik ve Jeofizik Analizi, 2.Baskı, Nobel Kitabevi, Ankara.
- Özel, S., 2018. Bir Deponi Alanı Sızıntı Sularının Çevresel Etkilerinin Jeofizik ve Su Kimyası Yöntemleriyle İncelenmesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Çukurova Üniversitesi, S. 113-124, Adana.
- Pazarbaşı, L., 2018. The Harmandalı (İzmir) Waste Disposal Site –Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Savaş, E., Korkanç, M., 2010. Kırıkkale Katı Atık Deponi Alanının Jeolojik-Jeoteknik İncelemesi, Araştırma Makalesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Niğde Üniversitesi, Niğde.
- Somay, A., M., 2000. İzmir Kuş Cennetinin Hidrolojisi, Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Şimşek, C., 1998. Torbalı Çevresinin Hidrojeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeolojisi Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Şimşek, C., Filiz, Ş., 2005. Torbalı (İzmir) Katı Atık Depolama Sahasının Jeolojik Ve Hidrojeolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Fen ve Mühendislik Dergisi X Cilt-7 Sayı:2 s.:39-56 DEÜ Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2015. Maden Atıkları Yönetmeliği, 15.07.2015 Tarih ve 29417 Sayılı Resmî Gazete.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2017. Atık Yönetimi Yönetmeliği, 02.04.2017 Tarih 29314 Sayılı Resmî Gazete.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2019. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 26.03.2010 Tarih ve 27533 Sayılı Resmî Gazete.
- Tekin, M., T., 2013. Yeni Foça (İzmir) Yöresinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleri ile Destekli Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Tezcan, S., S., Keçeli, A., Özdemir, Z., 2010. Zemin ve Kayaçlarda Emniyet Gerilmesinin Sismik Yöntem ile Belirlenmesi, TÜBAV Bilim Dergisi Cilt-3 Sayı:1 Sayfa: 1-10, İstanbul.
- Ulamış, K., Kılıç, R., 2017. Atık Barajlarındaki Su Kaçaklarının İncelenmesi: Çanakkale Örneği-Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler
Adı Soyadı: Doğum tarihi: Doğum Yeri: Uyruğu: Adres: E-mail:
Eğitim
Lise: Lisans: Yüksek lisans:
Yabancı Dil Bilgisi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar
Tezden Üretilmiş Yayınlar