

**DİYARBAKIR BAZALTÜSTÜ KİLİNİN ÖZELLİKLERİ VE OLASI
İKLİM SENARYOLARINDA GEOTEKNİK YAPILARIN TASARIM
PARAMETRELERİNE OLAN ETKİSİ**



İLKNUR YAR

MART 2022

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİYARBAKIR BAZALTÜSTÜ KİLİNİN ÖZELLİKLERİ VE OLASI
İKLİM SENARYOLARINDA GEOTEKNİK YAPILARIN TASARIM
PARAMETRELERİNE OLAN ETKİSİ**

İLKNUR YAR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE
SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK ZEMİN MEKANİĞİ VE
GEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

MART 2022

DİYARBAKIR

**DIYARBAKIR BAZALTÜSTÜ KİLİNİN ÖZELLİKLERİ VE OLASI İKLİM
SENARYOLARINDA GEOTEKNİK YAPILARIN TASARIM
PARAMETRELERİNE OLAN ETKİSİ**

İlknur YAR tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Dr.Öğr.Üyesi Hayrullah AKYILDIZ
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Doç.Dr. M.Salih KESKİN (*)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Hayrullah AKYILDIZ (**)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Mesut GÖR
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi



Savunma Tarihi: 11/03/ 2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.



Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanıyla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: İLKNUR YAR

İmza:

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez danışmanım Dr.Öğretim Üyesi Hayrullah Akyıldız'a tez danışmanım olduğu için ve de tezin her aşamasında bana destek olduğu için kendisine teşekkürü borç bilirim.

Tez aşamasında her türlü yardımı esirgemeyen, ihtiyaç duyduğumda her türlü yardımdan kaçınmayan hocalarım Dr.Öğr.Üyesi Ali Em ve Öğretim elemanı Felat Dursun'a teşekkürlerimi sunarım. Jüri üyelerim Doç.Dr M.Salih Keskin ve Dr.Mesut Gör hocalarıma hem savunma sınavımda yer aldıkları hem de bilgilerini benimle paylaştıkları için kendilerine teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezin hazırlanma aşamasında, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettirdikleri için aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Killer Hakkında Genel Bilgi	5
1.2 Kil Minerallerinin Yapısı	7
1.3 Killerin Sınıflandırılması.....	8
1.3.1 Kaolinit grubu	8
1.3.2 Mika grubu	9
1.3.3 Montmorillonit grubu.....	10
1.3.4 Kloritler grubu.....	11
1.3.5 Vermikülit grubu.....	11
1.3.6 Smektitler grubu.....	12
1.3.7 Karışık tabakalı killer.....	12
1.3.8 Attapujitler ve Sepiolitler grubu	12
1.3.9 Kil minerallerinin tanımlanması	12
1.4 Killerde Şişme Mekanizması	14
1.4.1 Zeminlerde şişmeyi etkileyen faktörler	14
1.4.2 Şişen zeminlerin kökeni.....	16

1.4.3	Killi zeminlerde şişme özelliğinin tanımlanması.....	16
1.4.4	Şişen killerin sınıflandırılması	17
1.5	İklim Sınıflandırma Yöntemleri	25
1.6	Thorntwaite iklim sınıflandırması	27
1.6.1	Thorntwaite göre su bilançosu tablosunun hazırlanması	27
1.7	Potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon	27
1.8	Thorntwaite yağış etkinlik indeksi	29
2.	ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	32
3.	MATERYAL VE METOT	35
3.1	Materyal	35
3.1.1	Diyarbakır bazaltüstü kilinin bulunduğu coğrafyanın genel olarak tanıtılması.....	35
3.1.2	Çalışma alanı genel jeolojisi	36
3.1.3	Karacadağ volkanitleri (bazalt).....	38
3.1.4	Diyarbakır bazaltüstü kilinin oluşum mekanizmasının irdelenmesi....	38
3.1.5	İnceleme alanına ait zemin ve kaya türlerinin geoteknik özellikleri ...	38
3.2	Metot	43
3.2.1	Zemine oturan döşeme tasarımında kullanılan teknikler	43
3.2.2	Art germe metodu (PTI)	45
3.2.3	Art germe metodunun avantajları.....	46
3.2.4	Art germe sistemlerinin kullanım alanları.....	47
3.2.5	Art germe çeşitleri	48
3.2.6	Art germe metoduyla art germeli döşeme tasarım koşulları.....	48
3.2.7	İklim senaryolarının oluşturulması	50

3.2.8 Çalışma alanı kili üzerinde önceden yapılmış çalışmalar	52
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	53
4.1 Çalışma alanı kili üzerinde yazar tarafından yapılmış deneyler	53
4.2 Farklı lokasyonlardan alınan numunelerin karşılaştırılması	54
4.3 Diyarbakır bazaltüstü kilinin şişme potansiyelinin nitel yöntemlerle değerlendirilmesi.....	54
4.4 Diyarbakır bazaltüstü kilinin geoteknik özellikleri.....	55
4.5 Diyarbakır ili için su bilançosu tablolarının oluşturulması.....	56
4.6 Gelecekte iki farklı iklim senaryosu için su bilançosunun hesaplanması.....	56
4.7 Şişen zeminlere oturan döşemelerin tasarımı için gerekli parametrelerin bulunması.....	60
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR	76
EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ	90

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Çatlamış kil tabakası.....	6
Şekil 1.2 Kahverengi kil zemin.....	6
Şekil 1.3 Killerin gelişim diyagramı	7
Şekil 1.4 Tek silika tetrahedronu	8
Şekil 1.5 Silika levhası.....	8
Şekil 1.6 Tek alüminyum oktahedronu	8
Şekil 1.7 Oktahedral levhasının izometrik görünümü	8
Şekil 1.8 Kaolinitin şematik yapısı	9
Şekil 1.9 Kaolinitin SEM ile görünümü	9
Şekil 1.10 İllitin SEM görüntüsü	10
Şekil 1.11 Mika minerali.....	10
Şekil 1.12 Montmorillonitin şematik görünümü.....	11
Şekil 1.13 Montmorillonit minerali	11
Şekil 1.14 Kloritin şematik görünümü.....	12
Şekil 1.15 Sepiolit minerali.....	12
Şekil 1.16 Casagrande'nin plastisite kartında yaygın kil minerallerinin lokasyonu. 13	
Şekil 1.17 Aktif zon derinliği.....	15
Şekil 1.18 Yerinde kuru yoğunluklar ve likit limit için çökebilirlik, sıkışabilirlik....	19
Şekil 1.19 Şişme potansiyeli için sınıflama grafiği	19
Şekil 1.20 Şişme potansiyeli abağı	20
Şekil 3.1 Diyarbakır için uzun yıllara ait sıcaklık ve yağış değerleri	36
Şekil 3.2 İnceleme Alanı ve Çevresinin Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti	37
Şekil 3.3 Diyarbakır ve çevresinin jeoloji haritası (1/1000000)	38
Şekil 3.4 Çalışma alanına ait X-Y doğrultusunda jeolojik kesit.....	40
Şekil 3.5 Merkezi kabarmanın gösterimi	44
Şekil 3.6 Köşesal kabarmanın gösterimi.....	44
Şekil 3.7 Thornthwaite yağış indeksi ile köşesal nem değişimi arasındaki yaklaşık ilişki.....	45
Şekil 3.8 Art germe sistemleri	46

Şekil 3.9 Art germe sistemleri	46
Şekil 3.10 Art germeli zemin	47
Şekil 3.11 IPCC kapsamında geliştirilen senaryolar.....	50
Şekil 3.12 İklim senaryoları ve değerleri	51
Şekil 3.13 Diyarbakır, Diclekent ve Havaalanı yöresinden alınan kil numunelerin ortalama zemin parametreleri	52
Şekil 3.14 Kil aktivitesi ve katyon değişim oranı yardımıyla kilin türünü belirleyen çizelge	62
Şekil 3.15 Zemin emme şiddetinin Thornthwaite yağış indeksiyle değişimi	62
Şekil 3.16 Döşeme boyutlarının ve diferansiyel zemin hareketinin, döşemenin kalınlığına olan etkisi:merkezi kabarma durumu için.....	63
Şekil 3.17 Döşeme boyutlarının ve diferansiyel zemin hareketinin, döşemenin kalınlığına olan etkisi: köşesel kabarma durumu için.....	63
Şekil 3.18 Merkezi kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile döşeme kalınlığı arasındaki ilişki.....	66
Şekil 3.19 Köşesel kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile döşeme kalınlığı arasındaki ilişki.....	66
Şekil 3.20 Merkezi kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile em arasındaki ilişki.....	67
Şekil 3.21 Köşesel kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile em arasındaki ilişki.....	67
Şekil 3.22 Merkezi kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile ym arasındaki ilişki.....	67
Şekil 3.23 Köşesel kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile ym arasındaki ilişki.....	68
Şekil 3.24 Ortalama yıllık yağış ile Thornthwaite yağış indeksi arasındaki ilişki	68
Şekil 3.25 Potansiyel evapotranspirasyon ile TMI arasındaki ilişki.....	68
Şekil 3.26 Thornthwaite yağış indeksi ile döşemeye etkiyen moment arasındaki ilişki	69
Şekil 3.27 Thornthwaite yağış indeksi ile döşemeye etkiyen kesme kuvveti arasındaki ilişki.....	69

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Kil minerallerinin bazı özellikleri.....	13
Tablo 1.2 Yaygın zemin deneyleriyle korelasyonlar	18
Tablo 1.3 Deney verilerinden hesaplanmış muhtemel şişme.....	18
Tablo 1.4 Plastisite indisine göre zemin şişme potansiyeli.....	20
Tablo 1.5 Şişme potansiyeli ile rötre limiti ve lineer rötre arasındaki ilişki.....	21
Tablo 1.6 Hacim değişikliği, şişme basıncı ve muhtemel hasar arasındaki ilişki.....	21
Tablo 1.7 Kil minerali ile şişme potansiyeli arasındaki ilişki.....	21
Tablo 1.8 Çeşitli kil mineralleri için katyon değiştirme kapasitesi değerleri	22
Tablo1.9 Şişme – büzülme potansiyelinin PVC deneyi sonuçlarına bağlı olarak sınıflandırılması	23
Tablo 1.10 Şişme/büzülme potansiyelinin doğrusal genişleyebilirlik katsayısı ve doğrusal genişleyebilirlik yüzdesine bağlı olarak sınıflandırılması	24
Tablo 1.11 Genişleme indisine bağlı olarak zeminin genişleme potansiyelinin sınıflandırılması	24
Tablo 1.12 De Martonne indisleri ve iklim tipleri	26
Tablo 1.13 Erinç indis değerleri ile bunlara bağlı bitki örtüsü ve iklim sınıfları.....	27
Tablo 1.14 Thornthwaite yağış etkinlik indeksi ve iklim özelliği	29
Tablo 3.1 X-Y doğrultusundaki kesitin litolojik tablosu	41
Tablo 3.2 Kaya kalitesi-ayırışma derecesi tablosu.....	41
Tablo 3.3 Kayaçların kaya kalitesine (RQD) göre sınıflandırılması	42
Tablo 3.4 Kayaçlarda ayırışma derecesinin tanımlanması.....	42
Tablo 3.5 Kayapınar civarından alınan numunelerin ortalama indeks değerleri	53
Tablo 3.6 Kayapınar civarından alınan numunelerin mukavemet, konsolidasyon, permeabilite ve proctor deney sonuçları	53
Tablo 3.7 Diyarbakır kent merkezindeki üç farklı lokasyonun deney sonuçlarının karşılaştırması	54
Tablo 3.8 Nitel yöntemlerle bazaltüstü kilinin şişme derecesinin belirlenmesi	55
Tablo 3.9 Diyarbakır ili için güncel su bilançosu tablosu	57
Tablo 3.10 Türkiye için farklı iklim senaryolarında sıcaklık artış aralığı (%)	57

Tablo 3.11 Türkiye için farklı iklim senaryolarında yağış tahminleri (%)	57
Tablo 3.12 2050 yılı için RCP4.5 + yağış ↓* senaryosuna göre Diyarbakır'a ait su bilançosu tablosu.....	58
Tablo 3.13 2050 yılı için RCP8.5 + yağış ↓* senaryosuna göre Diyarbakır'a ait su bilançosu tablosu.....	58
Tablo 3.14 2050 yılı için RCP4.5 + yağış ↑* senaryosuna göre Diyarbakır'a ait su bilançosu tablosu.....	59
Tablo 3.15 2050 yılı için RCP8.5 + yağış ↑* senaryosuna göre Diyarbakır'a ait su bilançosu tablosu.....	59
Tablo 3.16 Su bilançosu tablolarına göre yağış etkinlik indeksi değerleri	60
Tablo 3.17 Güncel Thornthwaite indeksi için bulunan y_m ve e_m değerleri	64
Tablo 3.18 Thornthwaite yağış indeksinin -28 olduğu değer için bulunan y_m ve e_m değerleri	64
Tablo 3.19 Thornthwaite yağış indeksinin -32 olduğu değer için bulunan y_m ve e_m değerleri	65
Tablo 3.20 Thornthwaite yağış indeksinin -5 olduğu değer için bulunan y_m ve e_m değerleri	65
Tablo 3.21 Thornthwaite yağış indeksinin 6 olduğu değer için bulunan y_m ve e_m değerleri	65
Tablo3.22 Zemine oturan döşemeler için gerekli parametrelerin iklimsel senaryolardaki değerleri.....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge

Açıklama

I_m

Thornthwaite yağış indeksi

y_m

Zeminde Diferansiyel kabarma

e_m

Köşesel nem değişim indeksi

γ_k

Kuru birim hacim ağırlık

w_{opt}

Optimum su muhtevası

A_c

Kilin aktivitesi

Kısaltma

Açıklama

CBR

California bearing capacity

KDK

Kasyon değişim katsayısı

ASTM

American Society for Testing and Materials

DSİ

Devlet Su İşleri

RCP

Representative concentration pathways

RQD

Rock quality designation

USCS

Unified soil classification system

SEM

Scanning Electron Microscopy

USBR

The United States Bureau of Reclamation

XRD

X-ray diffracton

PTI

Post Tensioning Institute Method

PE

Potential evapotranspiration

MTA

Maden Tetkik Arama Müdürlüğü

IPCC

International Panel of Climate Change

TMI

Thornthwaite moisture index

ÖZET

DİYARBAKIR BAZALTÜSTÜ KİLİNİN ÖZELLİKLERİ VE OLASI İKLİM SENARYOLARINDA GEOTEKNİK YAPILARIN TASARIM PARAMETRELERİNE OLAN ETKİSİ

Yar, İlknur

Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Danışman: Dr. Öğr.Üyesi Hayrullah Akyıldız

Mart 2022, 106 sayfa

Diyarbakır ilinin bulunduğu coğrafyadan dolayı hakim kayaç yapısı bazalttır. Bazalt anakayalar kimyasal ya da fiziksel ayrışma sonucu kil ya da silt salarlar. Bu killerin çoğu yerinde oluşmuş killerdir. Yani bazalt anakayanın ayrışması sonucu yerinde oluşurlar. Rüzgâr ya da akarsu gibi dış etkiler sonucu taşınmamışlardır. Bu çalışmada ilk olarak Diyarbakır bazaltüstü kilinin mühendislik özellikleri literatürden araştırılmıştır. Daha sonra Kayapınar yöresinden bir adet numune alınarak laboratuvarında çeşitli deneylere tabi tutulmuştur. Literatürden elde edilen iki farklı lokasyona ait değerler ile Kayapınar yöresinden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Farklı yerlerden elde edilen zemin numunelerinin indeks değerlerinin birbirine yakın çıktığı görülmüştür. Sonuçlar neticesinde kilin CH sınıfına ait olduğu ve şişme potansiyeli yüksek bir kil olduğu görülmüştür. Bu çalışmada şişen zeminlere oturan döşemelerin tasarımı için gerekli zemin parametreleri farklı iklim senaryolarındaki değerleriyle karşılaştırılmıştır. Şişen zeminlere oturan döşeme tasarımında en yaygın kullanılan yöntem post tensioning institute (PTI)'dur. Bu metodun kullanılabilmesi için Thornthwaite yağış indeksi gereklidir. Bu iklimsel parametre bugün geoteknik mühendisliğinde en yaygın olarak kullanılan doymamış zeminlerdeki suyun akış sınır koşullarını ve aktif zon derinliğini belirleyen iklim parametresidir. Bu parametre, su bilançosu tablosu oluşturularak elde edilmiştir. Gelecekte Diyarbakır iklimini belirlemek ve su bilançosu tabloları oluşturmak için literatürden Türkiye için oluşturulan iklim projeksiyonlarından yararlanılmıştır. Bu sayede güncel ve gelecekte 2050 yılı için RCP4.5 VE RCP8.5 senaryolarıyla oluşturulan beş farklı yağış indeksi elde edilmiştir. PTI 2.versiyonundaki prosedürler uygulanarak zemin döşemeleri için gerekli e_m ve y_m , döşemeye etkiyen moment ve kesme kuvveti parametreleri beş farklı yağış indeksi değeri için bulunmuştur. Sonuçlar yağış indeksinin azalmasıyla, e_m ve y_m değerlerinin arttığı görülmüştür. Ayrıca kuraklık arttıkça döşemeye etkiyen moment ve kesme kuvvetinin de arttığı görülmüştür. Ayrıca yağış indeksinin değerinin azalmasıyla döşeme kalınlığının arttığı tespit edilmiştir. Diyarbakır'ın, gelecekte iki farklı senaryo göz önüne alındığında ikliminin kurak olacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca geoteknik yapıların iklimsel değişiklikler de göz önüne alınarak tasarlanması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Art Germeli Döşemeler, Bazaltüstü Kili, PTI Metodu, Thornthwaite Yağış İndeksi, Diyarbakır

ABSTRACT

PROPERTIES OF DİYARBAKIR BASALTIC CLAYS AND ITS EFFECT ON DESIGN PARAMETERS OF GEOTECHNICAL STRUCTURES IN DIFFERENT CLIMATIC SCENARIOS

Yar, İlknur

Master of Science in Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist.Prof. Hayrullah Akyıldız

March 2022, 106 pages

Diyarbakır province's mean rock formation is basaltic due to its location. Basaltic parent rocks release much silt or clay when imposed to chemical or physical weathering. The soils are residual in origin. In other words, they formed in situ where the basaltic parent rocks exist. They were not transported by means of wind or water. In this thesis, firstly, the properties of Diyarbakır basaltic clays were investigated from literature. After that one soil sample from Kayapınar vicinity has been taken to laboratory to find index properties. The values from two different locations which are obtained from literature and values which are obtained from laboratory were compared. The results indicated that the three samples from different locations showed roughly same index properties. As per results the clay is highly plasticity (CH) and it has swelling potential. In this thesis, design parameters of post tensioned slabs on ground under different climatic scenarios were found. The widely used method for slabs on ground under swelling soils is Post tensioning Institute (PTI) method. In order to use this method, Thornthwaite moisture index is required. This index is used in geotechnical engineering to identify moisture flux boundary conditions for unsaturated soils and depth of active zone for expansive soils. This index has been found using water balance sheet tables for Diyarbakır city. So as to find the future moisture index, water balance sheet tables has been formed finding the climate projection data for Turkey in literature. In this way, five moisture index values of Diyarbakır has been found for current situation and for RCP4,5 and RCP8.5 scenarios for 2050. The parameters e_m and y_m , moments and shear forces acting on slab for design procedure according to PTI method were found for each moisture index. Results showed that the y_m and e_m values increased when the Thornthwaite moisture index is reduced. Also results showed that the slab thickness is increased when moisture index is reduced. It is also seen that the moments and the shear force also enhanced by the time dryness has increased. Considering the moisture index parameters for future values, Diyarbakır is likely to face arid climates in the future and the design parameters of geotechnical structures should be designed in accordance with the climatic variations.

Keywords: Post Tensioned Slabs, Basaltic Clay, PTI Method, Thornthwaite Moisture Index, Diyarbakır

1.GİRİŞ

Killerin tane boyu 0.02 mm'den küçüktür ve kayaçların kimyasal veya fiziksel ayrışması sonucu oluşurlar. İnşaat mühendisliği açısından düşünüldüğünde ise daha çok killi zemin kastedilmektedir. Kil zeminler ise bazı kil ve diğer minerallerin bir araya gelmesi sonucu oluşur. Kil zeminler ince tanelidir. Fakat her ince taneli zeminin kil ya da kohezyonlu olduğu söylenemez. Örnek verilecek olunursa siltler de ince taneli olmasına rağmen kohezyonu ve plastisitesi olmayan zeminlerdir. Kil taneleri gibi çıplak gözle ayırt edilemezler. Su ile temas ettiklerinde çamur haline dönüşürler. Yeteri kadar hamur halini adıkları zaman şekil verilebilme özelliklerinde artış meydana gelir. Pişirildikleri zaman büyük bir dayanım kazanırlar. Kurutuldukları zaman ise hacmi azalan ve çatlayan bir yapıya sahiptirler. Kil mineralleri elektrokimyasal olarak çok aktiftirler. Su ince taneli zeminlerin mühendislik özelliklerini önemli derecede etkilerken iri taneli zeminlerde suyun varlığı çok önemsizdir. Kil zeminlerde su muhtevasının değişmesinden dolayı hacimlerindeki artış şişme olarak adlandırılmaktadır. Zemindeki bu şişme zeminin yapısını bozarak üst yapılarda aşırı deformasyonlara sebep olabilmektedir. Bu da yapılarda hasar oluşmasını neden olmaktadır. Bundan dolayı da killi zeminlerin şişme davranışları incelenmektedir. Şişme, zeminlerin üst kısımlarında gerçekleşmektedir.

Gromko (1974) bir zeminde aşırı derece bir hasarın oluşması için üç önemli şartın oluşması gerektiğini belirtmiştir. “Zeminde smektit (montmorillonit) olup olmaması, zeminin su muhtevasının plastik limit civarında olması ve bir su kaynağının bulunup bulunmamasıdır”. “Arazide meydana gelen şişme miktarı birçok faktöre bağlıdır. Zeminin şişme potansiyeli diğer bir adıyla şişme basıncı, zemin içindeki kil minerallerine, sürşarj yüklerine, yeraltı su seviyesine, şişebilir tabakanın kalınlığına, zemin neminin beslenme kaynaklarına, tuz konsantrasyonu gibi birkaç etkene bağlıdır” (Hişmanoğlu, 2006). Killerin mineral yapıları ve onların mühendislik özelliklerini ve davranışları arasında ilişki vardır. Kil minerallerinin türü, kökenleri ve oluşum ortamlarıyla doğrudan ilişkilidir. Ana kayanın kile dönüşmesi ve kil karakterini almasında ortam sıcaklığı, yağış, nemlilik, anakayaç türü önemli rol oynar. Bundan dolayı killeri mineral yapılarının oluşum koşulları ve kökenleriyle birlikte değerlendirmek, büyük projelerde alanın geoteknik

karakterini daha iyi anlamaya imkan sağlamaktadır (Mollamahmutoğlu ve Taşkıran, 2000). İklimin insan hayatında önemli bir yeri vardır. İnsanoğlu bir yere yapı inşa ederken o yerin iklimine göre malzeme kullanır. O bölgenin iklim koşullarına göre giyinir hatta yediği şeyler bile o iklime uygun, yetiştirme koşulları o iklime uygun sebze ve meyvelerdir. Fakat son dönemlerde iklim değişiminin inanılmaz boyutlara geldiği aşîkardır. Bölük (2016), uluslararası iklim değışikliğı panelinin bir değeriendirme raporuna göre iklim sistemindeki ısınmanın apaçık yaşandığı ve son 70 yıldır gözlenen değışikliklerin o yıldan önce hiçbir yılda görölmediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca bu rapor, atmosfer ve okyanusların 0.85°C ısındığını, kar ve buz miktarında azalma meydana geldiğini, deniz seviyesinin yükseldiğini ve sera gazı konsantrasyonunun arttığını açıklamaktadır. İklimin bu derece önemli olması da iklimlerin sınıflandırılması gereğini doğurmuştur. Bugün dünyada en çok kabul gören ve iklim tipini belirlemeyi sağlayan iklim sınıflandırması W.Köppen'e aittir. Bunun dışında diğeri yaygın bir yöntem de Thornthwait'e aittir. Bu iklim sınıflandırmasında esas olan yağış-buharlaşıma ve sıcaklık-buharlaşıma ilişkisidir. Bu yöntemle ilgili bilgiler tezin ilerleyen sayfalarında verilmiş olup tezin ana konularından biridir. İklim değışimi eskisinden daha çok etkisini göstermektedir. Bazen kuvvetli fırtınalar bazen şiddetli seller ya da tam tersi yoğun kurak dönemler şeklinde etkisi hissedilmektedir. Bu tür durumlar da hafif yapılara, yol kaplamalarına, yapay şevlere zarar vermektedir. Şişen zeminler de bu durumdan etkilenmektedir. Çünkü bu tür zeminler mevsimsel nem değışimlerinden dolayı kaydadeğeri hacim değışimleri geçirirler ve zeminin hareketine sebep olabilirler. Zemin hareketi ile ilgili problemler de ilerideki büyük iklim değışimlerinden dolayı giderek daha kötü durumlara sebep olacaktır. Bunun önüne geçebilmek için bu tür şişme potasyeli yüksek zeminlere inşa edilecek olan yapıların dayanıklılığı ilerideki iklim değışimleri göz önünde tutularak tasarlanabilir. Şunu da belirtmek gerekir ki iklim değışimi ile şişen zemin hareketini ve yapılara olan etkisini nitelendiren çok az sayıda çalışma yapılmıştır. Bundan dolayı bu tez aslında iklim zemin ilişkisini açıklamaya yönelik bir çalışmadır. İklimsel olayların yapılara etkisini göstermek için bu çalışmada zemin üstü döşemeleri kullanılmıştır. Çünkü birçok ülkede şişen zeminlere oturan döşeme tasarımında, iklim parametresi göz önünde bulundurulmaktadır. Tasarım bu parametreye göre yapılmaktadır. Bu çalışmada yer alan

söz konusu kil de, şişme potansiyeli yüksek olan bir kildir. Ayrıca Diyarbakır'da birçok zemin üstü döşemesi mevcuttur. Örneğin otopaklarda, havaalanı yol dolgularında, silolarda, depolarda, spor salonlarında, alışveriş mağazalarında bu tür döşemelere rastlamak mümkündür. Öncelikle zemin döşemeleri hakkında kısa bilgi verilecektir. Zemine oturan döşemeler, zemin tarafından taşınan döşemeler ve asma döşemeler olarak ikiye ayrılır. Zemin seviyesine bulunan çoğu döşeme zeminin taşıma kapasitesini karşılamaz. Taşıma kapasitesinin karşılanması için çoğu zaman taşıyıcı kazıklar kullanılır. Bu duruma örnek olarak radye temel gösterilebilir. Zemine oturan döşemelerin tasarımında döşeme yükleri, alt zeminin taşıma kapasitesi, betonun eğilme dayanımı ve taşıyıcı döşeme plağının kalınlığı bilinmelidir. Döşemeler genellikle donatısız beton olarak tasarlanır. Donatı olmadığı zaman tasarımcılar betonun eğilme dayanımına göre tasarım yapar. İngiliz şartnamesine göre minimum döşeme plak kalınlığı 100mm'dir. Hafif endüstriyel ve ticari zeminlerde 130mm ve endüstriyel zeminlerde 150mm'dir. Zemindeki suyun değişimine bağlı olarak bazı kil zeminlerde, büzülme ve genişleme görülebilir. Özellikle iklimsel olaylara bağlı olarak zemin yüzeyi, kuru ve nemli dönemler arasında düşey olarak 1 m civarında diferansiyel hareket yapar. Zeminin iklimsel olaylardan dolayı meydana gelen hareketin döşemeye zarar vermemesi için döşemeye iki yönlü art germe uygulanarak zemin yukarı veya aşağı yönlü hareket ettiği zaman bile döşeme şeklini korumuş olur. Döşemenin kalınlığı maliyeti etkiler. Kalınlığı fazla olan döşemenin maliyeti de fazladır. Bu yüzden döşemenin kalınlığını düşürmek maliyeti azaltır. Kalınlık azaltılırsa döşeme plağındaki çekme gerilmelerini azaltmak için art germe kullanılmalıdır. Art germe yöntemi sayesinde daha ince plak döşemeler oluşur ve tipik bir art germeli döşeme yaklaşık 1 MPa'lık bir basınç gerilmesine göre tasarlanır. Ağır yüklü zeminlerde art germe plak kalınlığının 50 mm azaltılmasını sağlar (docplayer.biz.tr). Bu çalışmada Diyarbakır bazaltüstü kilinin bazı mühendislik özellikleri, Kayapınar ilçesinden alınan iki adet numune üzerinde gerçekleşen laboratuvar deneyleri sonucu bulunmuştur. Fakat numune sayısının yetersiz bulunması göz önüne alınarak daha önceden yapılmış çalışmalardan faydalanılmıştır. Literatürdeki çalışmalarda daha önceden Diclekent ve Havaalanı civarından elde edilen iki adet numunenin üzerinde indeks deneyleri ve mineralojik deneyler yapılmıştır. Bu deney sonuçlarından Kayapınar yöresinden elde

edilen kilin indeks özellikleriyle benzer sonuçlar taşıdığı görülmüştür. Bu sayede elde edilen veriler doğrultusunda bu kilin şişme potansiyeli literatürde yer alan ampirik korelasyonlara göre yani nitel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Bu korelasyonlardan kilin şişme potansiyelinin yüksek veya çok yüksek olduğu görülmüştür. Fakat ampirik bağıntılarla elde edilen değerler çok güvenilir olmadığından literatürde daha önceden Kayapınar ilçesi için yapılmış şişme deneylerinden şişme derecesinin yüksek ve az katlı yapılar, yollar ve zemin üstü döşemelerine hasar verdiği ortaya çıkmıştır. Benzer sonuçlar verdiğinden dolayı, bu korelasyonların ön değerlendirme aşamasında kullanılabilirliğini gösterir. Kilin CH sınıfına ait olduğu ve hakim minerallerin smektit ve klorit olduğu literatür araştırması sonucu bulunmuştur. Smektitlerin geniş hacim değiştirme kapasitelerinden dolayı zeminlerde şişme problemlerine sebep olmaktadır. Tüm bu araştırmalar sonucu kilin şişme derecesini, indeks özellikleri ve hakim mineral yapısı bulunmuş olur. Söz konusu kil şişme karakterli bir kil olduğundan dolayı iklim koşulları kilin hacminde değişimlere sebep olur bu da bu kil üzerine inşa edilecek yapıların dayanımını olumsuz etkiler. Literatürde bu tür şişen zeminlere oturan yapıların tasarımı için bazı tasarım koşulları mevcuttur. Fakat bu tasarımlar yapılırken bölge bazlı proje planlaması yapılmalıdır. Bunlardan en önemli parametrelerden biri de Thornthwaite yağış indeksidir. Bu indeksin bulunması için Diyarbakır meteoroloji genel müdürlüğünden elde edilen 30 yıllık sıcaklık ve yağış değerleri bulunmuştur. Bu değerlerin ortalama değeri kullanılarak Diyarbakır için güncel su bilançosu tablosu oluşturulup Diyarbakır için güncel Thornthwaite yağış etkinlik indeksi bulunmuştur. Aynı şekilde literatürden bulunan Türkiye için 2050 yılına ait iki farklı iklim senaryosundan tahmin edilen sıcaklık ve yağış değerlerinden su bilançosu tabloları oluşturularak beş farklı durum için Thornthwaite yağış etkinlik indeksi (YEİ) bulunmuştur.

İklimin yapıların performansına olan etkisini bulmak için yapı, zemin ile iklim parametresini ilişkilendiren bir metoda ihtiyaç duyulmuştur. Literatür taraması sonucu şişen zeminlere oturan döşemelerin tasarımında YEİ'nin kullanıldığı ve şişen zeminlere oturan döşemelerin tasarımında en yaygın kullanılan yöntemin ise Post tensioning institute metodu olduğu bulunmuştur. Zemin döşemelerinin tercih edilmesi, zemin ve

yapının birbiriyle direkt bağlantısı olmasından dolayıdır. Zeminin ise iklimle ilişkisi olduğundan iklimsel değişimlerin döşemenin tasarımına olan etkisi hem bulunabilir hem de ilişkilendirilebilir. Bu metotta yağış etkinlik indeksi, şişen zeminlere oturan döşeme tasarımında en önemli parametrelerden birisidir. Bu metoda göre şişen zeminlere oturan döşemelerin tasarımında YEİ'nin değerine göre tasarım parametreleri bulunur. Bu çalışmada şişen zemine oturan döşeme için gerekli zemin parametreleri olan, köşesel nem değişim indeksi (e_m) ve diferansiyel kabarma (y_m) değerleri ve döşemeye etkileyen momentler ve kesme kuvveti beş farklı iklim indeksi için bulunmuştur. Bu parametreler, döşemenin moment tasarımında kullanılacak olup döşemeye gelen yükler, döşeme kalınlığı gibi faktörleri etkilediğinden bilinmesi kesinlikle gereklidir. Sonuçlar doğrultusunda, iklim ne kadar kurak olursa bu iki parametrenin değerinin arttığı görülmüştür ve iklim ne kadar nemli olursa bu parametrelerin değeri azalmıştır. Yani YEİ azaldıkça zeminin diferansiyel hareketi artmıştır. Zemin hareketinin artması demek zemin döşemesinin daha çok deplasman yapması demektir. Ayrıca zeminin diferansiyel hareketi arttıkça döşemenin kalınlığının ve momentlerin de arttığı görülmüştür. Döşemenin kalınlığındaki artışın sebebi ise iklime bağlı olarak zemindeki diferansiyel hareketin artmasıdır. Mühendislerin yağış indeksini de tasarım parametrelerine eklemeleri gerekir. Eğer uzun süreli dayanıklı yapılar inşa edilmek isteniyorsa gelecek iklim koşulları da göz önünde bulundurularak ona göre şişen zeminlere oturan yapıların tasarımı yapılmalıdır.

1.1 Kiler Hakkında Genel Bilgiler

Kil, kil minerali içeren tipik ince daneli zemin materyalidir. Kil ısıtıldığında plastik özellik kazanan ve kurutulduğunda ya da ısıtıldığında şekil 1.1'deki gibi gevrek ve plastik olmayan bir yapı kazanır. Çoğu saf kil minerali ya beyaz ya da açık renklidir. Fakat doğal kil mineralleri çeşitli renklerde bulunabilirler. Mesela kırmızımsı ya da kahverengimsi olabilirler. Şekil 1.2'deki kilin kahverengi tonlarında olduğu açıkça görülmektedir. Kil aynı zamanda bilinen en eski seramik mazemesidir. Tarih öncesi insanlar kilin özelliklerinden yararlanarak kili çanak çömlek yapımında kullanmışlardır. Kil bugün modern sanayide birçok amaç için kullanılmaktadır. Kağıt yapımından çimento üretimine varan birçok alanda kilin kullanıldığını çoğu kişi bilmektedir. Hatta dünya nüfusunun yarısından fazlasının yaşadığı evlerde kullanılan kiremit bile kilden

üretilmiştir. Killer, diğer ince taneli zeminlerden tane boyu ve mineralojileriyle ayırt edilebilirler. Siltler de ince taneli olmasına rağmen kil minerali içermezler. Ayrıca siltler dane boyu olarak kil minerallerinden büyüktürler. Bunlara ek olarak şişen killeri bünyesinde barındıran zeminler su içeriklerinin artması sonucu genişlerler ve bu da inşaat mühendisleri için bir problem teşkil eder. Killerin mekanik özellikleri denilince akla plastisite özellikleri gelir. Killer farklı su içeriğinde olabilirler. Minimum su içeriğinde bulunan killer yüksek plastisiteli yani plastik limit, maksimum su içeriğindeki killer şekil verilebilmesi en kolay durumda yani likit limit durumunda olurlar. Killere bu plastisiteyi kazandıran içeriklerindeki kil mineralleridir.



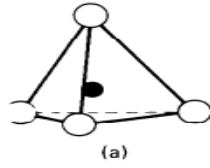
Şekil 1.1 Çatlamış kil tabakası



Şekil 1.2 Kahverengi kil zemin

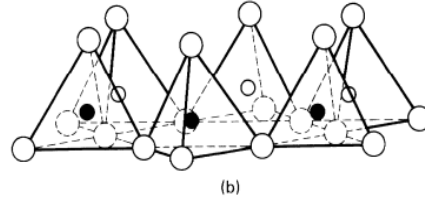
Kil mineralleri kayaların kimyasal ayrışması sonucu oluşurlar. Fiziksel ayrışma sonucu da oluşabilirler fakat kil oluşumunda en çok etkili olan kimyasal ayrışmadır. Kil minerallerinin şekilleri anakayanın türüne ve bulunulan yerin iklimine bağlıdır. İki farklı kil yığını bulunur. Bu killer birincil ve ikincil olarak adlandırılırlar. Birincil kil yerinde oluşmuş an kayadan ayrılmış rezidüel olarak adlandırılan kildir. İkincil kil yığını ise oluştuğu yerden su erozyonu ile taşınmış ve başka bir tortu üzerine yerleşmiş kil yığınıdır. Killer inşaat mühendisliği açısından çok önemli bir malzemedir. Samanla karıştırılmış kil, yapılarda birleştirme özelliğine sahip ve çok dayanıklı bir inşaat malzemesidir. Geçmişte ve tarih öncesinde evler kil ve saman karışımıyla inşaa ediliyordu. Yani bu karışım çimento özelliği gösteriyordu. Kil bu işlevinin dışında aynı zamanda çok iyi bir sızdırmazlık malzemesi olarak da yapılarda kullanılıyor. Örneğin barajlarda su sızmalarını önlemek için baraj tabanına kil dolugusu uygulanıyor. Ayrıca katı atık sahalarında geotekstille birlikte taban sızdırmazlık malzemesi olarak kullanıldığında zehirli atıkların

oktahedron şekil 1.6’de verilmiştir.Oktahedronların birleşerek bir levha yapısını oluşturması ise şekil 1.7’da gösterilmiştir (Kayabalı, 2000).



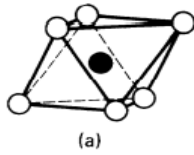
○ ve ○ = oksijen

Şekil 1.4 Tek silika tetrahedronu



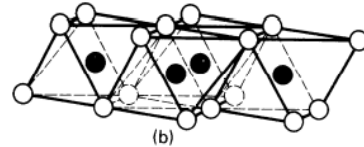
○ ve ● = silisyum

Şekil 1.5 Silika levhası (Holtz ve Kovacs, 1981)



○ ve ○ = Hidroksil veya oksijen

Şekil 1.6 Tek alüminyum oktahedronu



● Alüminyum, magnezyum vb.

Şekil 1.7 Oktahedral levhasının izometrik görünümü

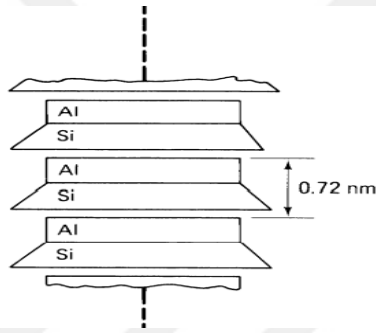
1.3 Killerin Sınıflandırılması

Siyahi ve Hekimoğlu (1996), killeri sekiz gruba ayırmıştır.Öncelikle killerin içeriğinde bulunan minerallere göre sınıflandırma yapmışlardır.Bunlardan kaolinit, mika, montmorillonit, kloritler grubu, karışık tabakalı killer bunlara örnektir.Aşağıda bu kil minerallerine dair bilgiler yer almaktadır. Sırasıyla her kil mineraline ait kısa kısa bilgiler yer almaktadır. Her birinin en önemli özellikleri yer almaktadır.

1.3.1 Kaolinit grubu

“Kaolinit birçok kilin ana bileşenidir. Ayrıca kil mineralleri içinde belki de en önemli mineraldir. Kaolinit başlıca bir tetrahedral ve bir oktahedral levhasının tekrarlanan katmanlarından oluşmuştur. Tipik bir kaolin kristalinde 70 ile 100 arasında katman bulunmaktadır” (Kayabalı, 2000). Tipik bir kaolinitin yapısı şekil 1.8’de gösterilmiştir. Kaolinitin taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile görünümü şekil 1.9’de gösterilmektedir. “Kaolinit elektrik yükü bakımından nötrdür. Fakat su ile temas ettiği

zaman hidroksillerin bazıları ayrışır ve hidrojen atomları bu kristalleri negatif yüklü hale getirerek kendileri serbest kalır. Bu negatif yük topraktaki suyun pozitif iyonlarıyla dengelenir. İyon değişimi kaolinitte yüksek olup montmorillonitte ise düşüktür” (Siyahi ve Hekimoğlu, 1996). Kaolinit minerallerinin özgül ağırlıkları 2.16-2.68 arasındadır. Özgül yüzeyleri ise $10 \text{ m}^2/\text{gr}$ 'dır. Kaolinitin tipik formülü $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{Si}_2\text{H}_2\text{O}$ 'dur. İzomorfik yer değişimi yoktur. Plastiklik, kohezyon, şişme, daralma, nem tutma özelliği zayıftır. Kaolinit porselen kilinin ana bileşenini oluşturur. Ayrıca kağıt, boya, ve ilaç sanayisinde de kullanılmaktadır.



Şekil 1.8 Kaolinitin şematik yapısı (Lambe, 1953)

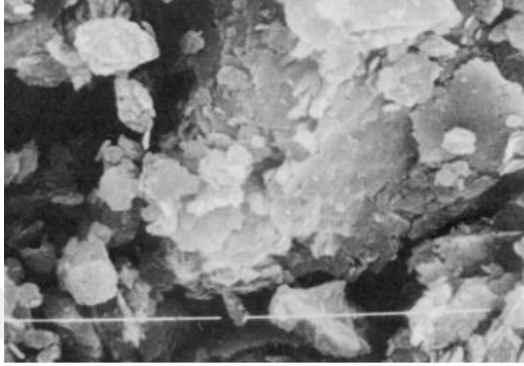


Şekil 1.9 Kaolinitin SEM ile görünümü(mindat.org)

1.3.2 Mika grubu

Mikalar tetrahedral iki tabaka arasında bir oktahedral tabaka bulundurur. Oktahedral tabaka mika çeşitlerini oluşturan değişik karakterdeki iyonlar tarafından donatılmıştır. Tetrahedral tabaka bir silisyum atomu ile dört oksijen atomu ile birleşir (Hişmanoğlu, 2006). Mika grubu mineraller, yer kabuğunu oluşturan kayalar içerisinde ortalama olarak %3.8 oranında dağılım gösterir (tr.wikipedia.org). Kimyasal bileşim bakımından alüminyum silikattır. İçeriğinde silisyum, potasyum, magnezyum ve lityum elementleri bulunabilir. Mika grubu mineraller kimyasal bileşimine göre üç gruba ayrılabilir. Ayrıca mika grubunun en yaygın minerali illittir. İllitin kimyasal yapısı mikaya benzese de daha az potasyum ve daha az izomorf yerdeğiştirme sözkonusudur. Bu nedenle diğer mikalara kıyasla daha çok aktiftirler (Kayabalı, 2000). İllitin taramalı elektron mikroskobu ile görüntüsü şekil 1.10'daki gibidir. Tuncan (1995)'de belirttiği üzere mikalar genel yapı olarak montmorillonitinkine benzer. Tipik bir mika mineralinin görünümü şekil 1.11'da

verilmiştir. Mika grubu mineraller endüstriyel alanda hammadde olarak kullanılır (MTA, 2021).



Şekil 1.10 İllitin SEM görüntüsü (Holtz ve Kovacs, 1981)



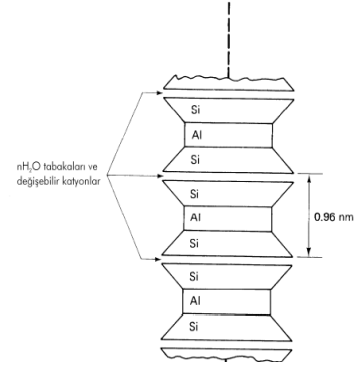
Şekil 1.11 Mika minerali (mta.gov.tr)

1.3.3 Montmorillonit grubu

Montmorillonit, iki silika levhası ve bir alümina levhasından oluşur. Şekil 1.12’de gösterildiği üzere oktahedral levhası iki silika levhası arasına gelerek bir katman oluşturmaktadır. Silika levhalarının tepesini bağlayan van der Waals kuvvetleri çok zayıftır. Oktahedral levhada bulunan negatif yük boşluğundan dolayı su ve değişebilir iyonlar katmanlar arasına girerek bunları ayırabilir (Kayabalı, 2000). Su ve iyon absorpsiyonu için büyük yüzey alanı dolayısıyla çok yüksek katyon değiştirme kapasitesi vardır. Bu gruba bağlı kil minerallerinde su kolayca minerale etki eder. Yani montmorillonit miktarı zengin olan zeminlerde şişme veya büzülme olayları sık görülür. Tipik bir montmorillonitin görüntüsü şekil 1.13’de gösterilmiştir. “Montmorillonit içeren zeminler şişmeye karşı aşırı derece duyarlıdır. Gelişen şişme basınçları yol kaplamalarına ve hafif yapılara zarar vermektedir. Montmorillonit sanayi ve eczacılıkta pek çok alanda kullanılmaktadır. Hatta çikolata üretiminde bile kullanılmaktadır “ (Holtz ve Kovacs, 1981). “Montmorillonit minerali ilk defa 1847 yılında Fransa’da keşfedilmiştir. Fakat montmorillonitin tıpta kullanımı eski Mısır, Güney Amerika, Kuzey Amerika ve Aztekler gibi 200 ‘den fazla kültürde görülmüştür. Dünya’da en çok Himalaya, Ural Dağları, Rusya, ve Peru’da montmorillonit rezervleri vardır” (Uddin, 2018).



Şekil 1.13 Montmorillonit minerali(www.wikipedia.org)



Şekil 1.12 Montmorillonitin şematik görünümü

Büyük şişme potansiyeline sahip bentonit, bir montmorillonit çeşidi olup kolloidal bir kildir. Su ile temas ettiğinde çok fazla şişer. Montmorillonite ek olarak bentonit az miktarda da olsa kristal kuvarz ve feldspat içerir. Bentonitin çok fazla uygulama alanı olması kimyasal ve fiziksel özelliklerinden ileri gelir. Bentonit, yaklaşık 1890 yılında Amerika’da keşfedilmiştir. Doğal kil mineralleri taramalı elektron mikroskopu altında kaolinitlerden ayırt edilemezler. Fakat ana farklılık kalınlıklarıdır. Genelde bentonit içerikli kil mineralleri saf su ile şişerse bir alkalın ilave edilirse jel gibi davranır ve giderek koyulaşır. Aksi olursa kolloidleşme olur ve jel sulanır (Hişmanoğlu, 2006).

1.3.4 Kloritler grubu

Kil zeminlerde bulunan bir diğer mineral türü ise klorittir. Klorit bir silika levhası, bir alümina levhası ve ardından ya bir alüminyum ya da bir brusit levhasından oluşur (Kayabalı, 2000). Şekil 1.14’de kloritin şematik diyagramı görülebilir. Klorit grubu mineraller oldukça geniştir. Doğada tortul kayaçlar içerisinde bulunurlar. Kloritlerin varlığı genellikle düşük dereceli başkalaşım kayaçlarının göstergesidir. İsmi yunancadan gelir ve yeşil demektir. Endüstriyel alanda pek kullanılmaz. Madencilikte kullanılmaz çünkü içeriğinde önemli bir mineral yoktur. Klorit çok yumuşaktır.

1.3.5 Vermikülit grubu

Mika görünüşünde bir mineraldir. Montmorillonitten daha az şişme potansiyeline sahiptir. Vermikülit de montmorillonit gibi 2:1 mineralidir. Vermikülit tamamen nötür değildir. Yaprakları arasında magnezyum ve bazen de kalsiyum iyonları vasıtasıyla dengesi

sağlanır. Vermikülit, zeminin su alma kapasitesini ve drenajı çok iyi sağlar Bundan dolayı da saksı topraklarında sıklıkla tercih edilir.Yeraltından çıkarılıp işletilir.

1.3.6 Smektit grubu

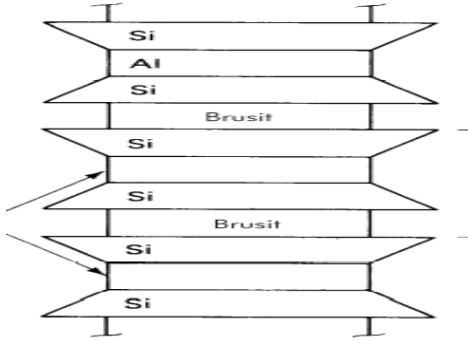
“Smektitlerin tabaka yapısı 2:1 şeklindedir. Tabakaları arasında Van Der Waals bağları olduğundan dolayı zayıftır. Bu bağlar en küçük bir kuvvette ya da su emiliminde kopabilirler. Bu sayede hacimde büyük artışlar meydana gelir. Katyonlar sayesinde ise elektriksel yük dengelenmiş olur” (Mollamahmutoğlu ve Taşkiran, 2000).

1.3.7 Karışık tabakalı killler

“Klorit grubu mineraller bu gruba girer. İçerisinde çok sayıdaki yapraklarda illit, montmorillonit, vermikülit ve klorit bulunur” (Hişmanoğlu, 2006). Buna ek olarak “montmorillonitin klorit veya illit ile karışımından oluşan mineraller bu gruba örnek gösterilebilir” (Holtz ve Kovacs, 1981).

1.3.8 Attapujitler ve sepiolitler grubu

Levha yapıları mevcut olmayan zincir silikatlardır. İçeriğinde eşit miktarda alüminyum ve magnezyum silikat vardır. Sepiolitler genellikle deniz ve göl tabanlarında bulunurlar. Şekil 1.15’de sepiolitinin bir görüntüsü mevcuttur.



Şekil 1.14 Kloritin şematik görünümü



Şekil 1.15 Sepiolit minerali (Holtz ve Kovacs, 1981)

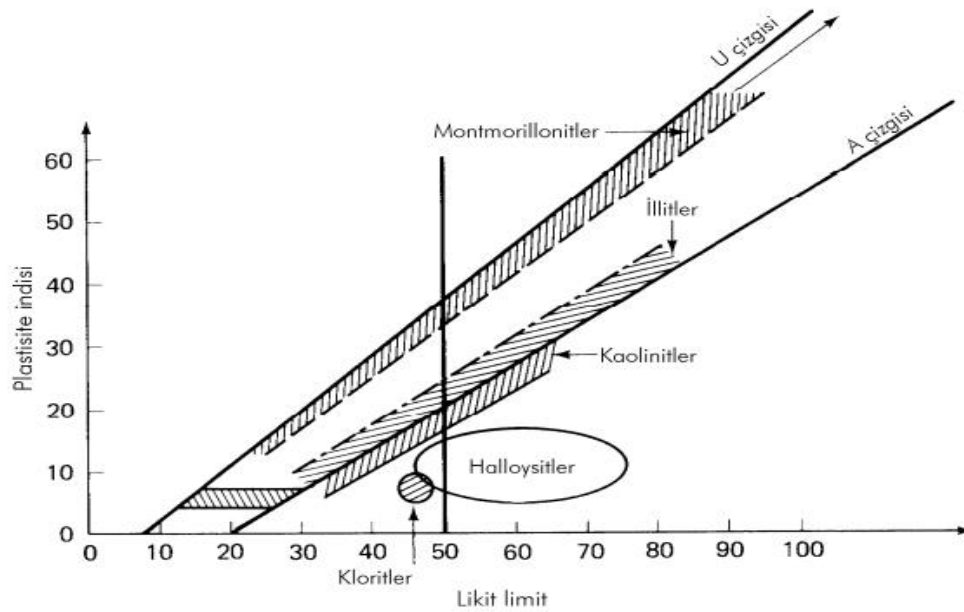
1.3.9 Kil minerallerinin tanımlanması

Kil minerallerinin sınıflandırılması burada bitmiştir. Tablo 1.1’de killerde en yaygın bulunan minerallerin bazı özellikleri verilmiştir. Konuyu bitirmeden önce bu sayfaya kadar açıklanan kil mineralleri nasıl ayırt edilebilir ona değinilecektir. Kil mineralleri çok küçük olduğundan dolayı çıplak gözle görülemezler. Mineraller de kristal yapısına sahip

olduğundan dolayı X ışınını kırarlar. Yani X-ray difraksiyonu ile tanınabilirler. Kullanılabilecek diğer bir yöntem ise diferansiyel termal analizdir. Bu analizde bir zemin numunesi etüvde ısıtılır. Taramalı ve yaymalı elektron mikroskopisi de zemindeki kil minerallerinin tanınmasına yardımcı olur. Fakat yukarıda bahsedilen yöntemler çok da kolay değildir. Fakat Prof. Casagrande bu olayı basitleştirmek için Atterberg limitleri kullanarak bir yaklaşım önermiştir. Şekil 1.16'de Casagrande'nin önerdiği grafik görülmektedir. Burda sadece yapılması gereken numunenin plastik limit-likit limit değerlerinden karta bakarak numunenin yerini tespit etmektir. Bu sayede numunenin hangi kil mineralini daha fazla içerdiği kolayca öğrenilebilir.

Tablo 1.1 Kil minerallerinin bazı özellikleri (Can, 2014)

Mineral	Özgül yüzey (m ² /g)	KDK (meq/100g)
Kaolin	10-20	3-10
İllit	80-100	20-30
Montmorillonit	800	80-120
Klorit	80	20-30



Şekil 1.16 Casagrande'nin plastisite kartında yaygın kil minerallerinin lokasyonu (Casagrande, 1948'den geliştirilmiş; veriler Mitchell, 1976'dan)

1.4 Killerde Şişme Mekanizması

Kildeki şişme temel olarak iki mekanizmadan oluşur. Birinci mekanizma daneler arası partiküllerde olandır. Bu mekanizmada kil kristalleri arasındaki kapiler boşluk, bu kristalleri su emme güçleriyle bir arada tutarlar. Su aldıkları zaman şişerler. İkinci şişme mekanizması montmorillonit grubu killerdir. Bu tür killer suya maruz kaldığında, su kristalleri meydana getiren bağlara sızar. Kısacası su aldığında hacimdeki artış şişme olarak tanımlanır. Zeminlerde şişme ile ilgili problemlere en çok Hindistan, Amerika, Kanada, İngiltere, Rusya, Avustralya, Türkiye ve birçok ülkede daha rastlanır. Şişen zeminler yol dolgularına, boru hatlarına, binalara ve yapılara zarar verir. Doğal afetlerin yarattığı zarardan belki de daha fazla maddi hasara yol açabilirler. Bu yüzden kilin bu şişen mekanizmasını incelemek birçok bilimsel araştırmaya konu olmuştur (Popescu, 1986).

1.4.1 Zeminlerde şişmeyi etkileyen faktörler

Zeminlerin şişme davranışını üç faktör etki eder (Nelson ve Miller, 1992).

- Şişmeyi etkileyen zemin parametreleri
- Çevresel faktörler
- Şişmeye etkiyen gerilme durumları

1.4.1.1 Şişmeyi etkileyen zemin parametreleri

Kil minerolojisi şişmeye etki eder. Montmorillonit, illit ve kaolit kilde bulunan kil mineralleridir. Fakat kilde montmorillonitin varlığı kilde şişmeye yol açar. Diğer minerallerin etkisi şişmeye çok fazla etki etmez. Katyon konsantrasyonundaki artış şişme potansiyelinde azalmaya sebep olur. Zeminin dokusu da şişmeye etki eden diğer bir faktördür. Dağınık haldeki killer topak haldeki killerden daha az şişerler. Kuru yoğunluk da şişmede önemli bir faktördür. Yüksek yoğunluk partiküllerin daha çok birbirine değmesi demektir yani taneler arası kuvvet çok fazladır. Bu da şişme potansiyeli doğurur (Forouzan, 2016).

1.4.1.2 Çevresel faktörler

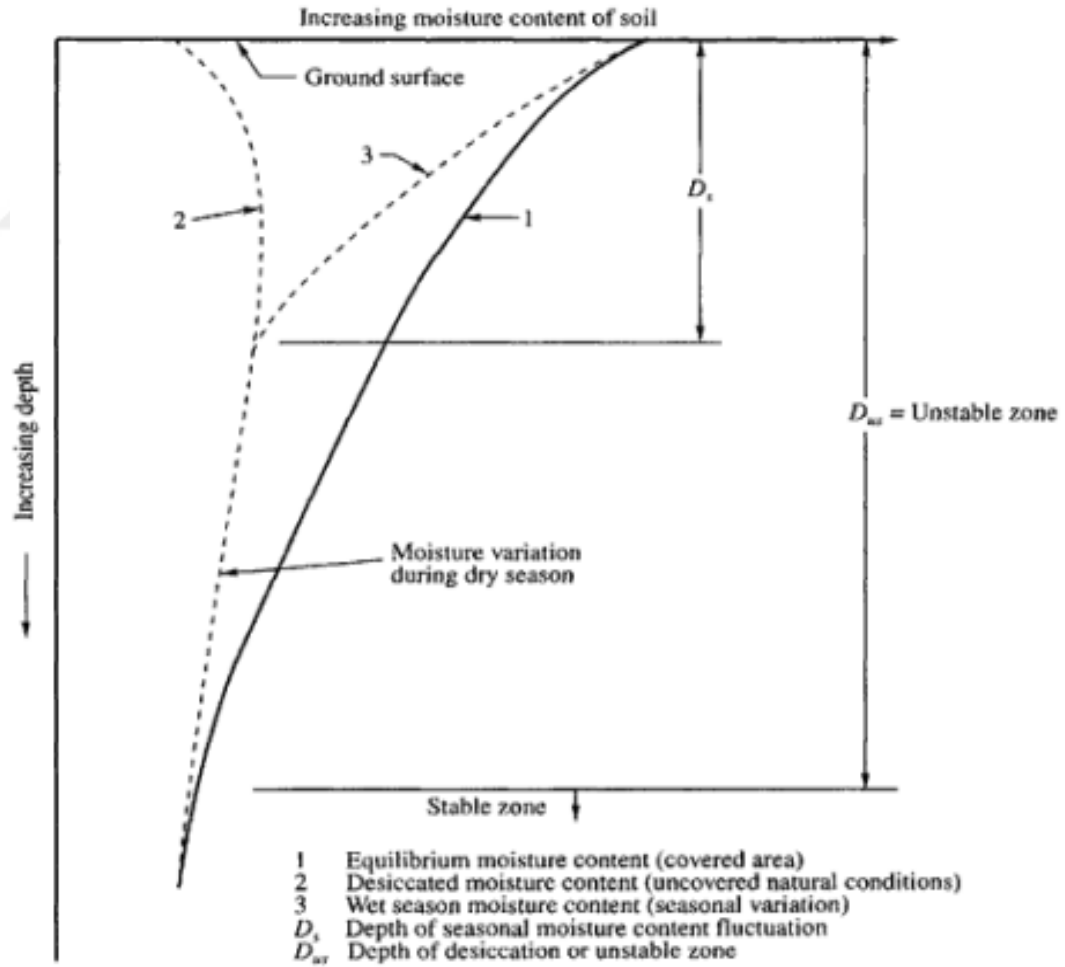
Zeminde doğal halde su bulunup bulunmaması da şişmeyi etkiler. Zeminde az suyun varlığı daha fazla su tutma kapasitesi doğurur. Diğer bir önemli unsur ise aktif toprak tabakasıdır. Aktif zon derinliği periodik olarak değişen nem tabakasıdır. Aktif zon

derinliğinin altında kalan su tabakası sabit olarak kalır. Aktif zon derinliği altında şişme olmaz. Bir yerin aktif zon derinliğini bulmak için likitlik indeksini bulmak gerekir. Denklem 1.1’de likitlik indeksinin nasıl bulunduğuna dair denklem verilmiştir.

$$LI = (W_n - PL) / PI \quad (1.1)$$

Burada;

“*LI*” likitlik indisi; “*W_n*” su muhtevasıdır; “*PL*” plastik limit; “*PI*” plastisite indisi. Likitlik indisi bulunduktan sonra şekil 1.17’deki grafikten yararlanarak aktif zon derinliği bulunabilir.



Şekil 1.17 Aktif zon derinliği (After Kraynski, 1967)

İklim de zeminin su içeriğini etkilediğinden şişmede önemli bir faktördür. Yeraltı su seviyesinin çok derinde ya da yüzeye yakın olması da şişmeyi etkiler. Yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu zeminlerde şişmeye karşı potansiyel fazladır. Bitki örtüsü de zeminin nemli olmasını sağlar. Yüksek permeabiliteye sahip zemlerde şişme fazladır. Sıcaklık arttıkça zeminde büzülme meydana gelir. Su alan zeminde şişme potansiyeli artar.

1.4.1.3 Şişmeye etkiyen gerilme durumları

Aşırı konsolide killler, normal konsolide killlerden daha çok şişmeye meyillidirler. Kompakte olmuş killler yaşlanmaya bağlı olarak şişme basınçları da artar. Zemine yükleme yapılırsa şişme potansiyeli azalır. Şişme potansiyeli yüksek olan zemin tabakasının kalınlığı aktif zon derinliğine kadar olursa zeminde fazla hareket meydana gelir. Zemin emmesi de şişmeyi etkileyen diğer bir parametredir.

1.4.2 Şişen zeminlerin kökeni

Şişmeye sebep olan kil minerallerinin ana kaynağı magmatik kayalardır. Bazaltik kayalar da magmatik kayaç türü olup şişmeye meyilli kil türünün de kaynağıdır. Montmorillonit şişme potansiyeli en yüksek kil mineralidir. Kaolinit de magmatik kayaçların ayrışması sonucu oluşan mineraldir. Fakat kaolinit, montmorillonit gibi şişmeye sebep olmaz. Bunun nedeni de ayrışma koşullarındaki farklılıktır (İkizler ve Aytekin, 2001).

1.4.3 Killi zeminlerde şişme özelliğinin tanımlanması

Şişmeyle hacimde meydana gelen artış, zemin yapısının stabilitesini bozmaktadır. Bu hacim artışı şişme potansiyeli olarak adlandırılmaktadır. Şişme basıncı da iki bileşenden oluşur: şişme yüzdesi ve şişme basıncı. Şişmenin üst yapılara olan hasarını önceden belirlemek için bu iki parametrenin bilinmesi gerekir. Şişme potansiyeli, laboratuvar ortamında belli koşullarda sıkıştırılan düşey şişme miktarının başlangıç yüksekliğine oranı olarak ifade edilebilir. Şişme basıncı, şişme potansiyeline sahip bir zemine su ilave edildiğinde hacmindeki artışa engel olan basınçtır. Yani zeminin başlangıç hacmini korumasını sağlayan basınçtır (İkizler ve Aytekin, 2001). “Yol dolgularında, havaalanı kaplamalarında, atık depolama sahalarındaki kil dolgularında şişme basıncı, kuru birim hacim ağırlığı ve kompaksiyon enerjisinin bir sonucudur” (Keskin, 1993). Şişme yüzdesi, örselenmemiş veya laboratuvarda istenilen herhangi bir başlangıç koşulunda sıkıştırılarak

oluşturulan bu zemin numunesinin, yük altında numunenin suya doygun hale gelinceye kadar su altında bırakılması sonucu hacminde meydana gelen artışın başlangıç hacmine oranıdır. (Can, 2014).

1.4.4 Şişen killerin sınıflandırılması

Kilin şişme karakterli olması için USCS'ye göre CH ya da CL sınıfına ait olması gerekir. Bir arazide potansiyel olarak kabaran bir kilin mevcut olduğunu onun fisürlü ya da parçalı yapısından anlaşılabileceğini ve de o çevrede mevcutt bulunun yapılarda meydana gelen hasarların şişen zeminlerden kaynaklandığının açıkça belli olduğu durumlarda bu hasarların dikkate alınarak şişen zeminlerin tespitine olanak sağlanabileceği anlaşılmıştır (Gromko, 1974). Zeminlerin şişme potansiyelini belirlemek için deneyler ve yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler nitel ve nicel yöntemler olarak ikiye ayrılır. Fakat şişme özelliklerine sahip zeminlerin şişme değerlerini ölçmek için çok sayıda deney ve yöntem olmasına rağmen bu yöntemlerin hepsinin uluslararası geçerliliği ve güvenilirliği tartışılır (Mollamahmutoğlu ve Taşkıran, 2000).

1.4.4.1 Nitel yöntemlerle şişme potansiyelinin belirlenmesi

Şişen killeri tanımlamak ve sınıflandırmak amacıyla zemin deneylerinden elde edilen verilerle korelasyona gidilmesi esasına dayanır. Bu korelasyonlar yaklaşık değerler olduğundan ön değerlendirme aşamasında faydalıdır (Can, 2014). Nitel olarak killerin şişme potansiyelinin tahmininde birçok korelasyona gidilmiştir. Tablo 1.2'de şişme değerlerinin zemin deneyleriyle olan korelasyonu gösterilmektedir (Mollamahmutoğlu ve Taşkıran, 2000). Şişmebilir zeminler üzerinde USBR'nin yapmış olduğu kapsamlı çalışma tablo 1.3'de gösterilmiştir. Yine tablo 1.4'de USBR'nin deneyimlerine bağlı olarak likit limit ile kuru yoğunluk arasındaki ilişki şişmeyi de içermektedir.

Tablo 1.2 Yaygın zemin deneyleriyle korelasyonlar (Mollamahmutoğlu ve Taşkıran, 2000)

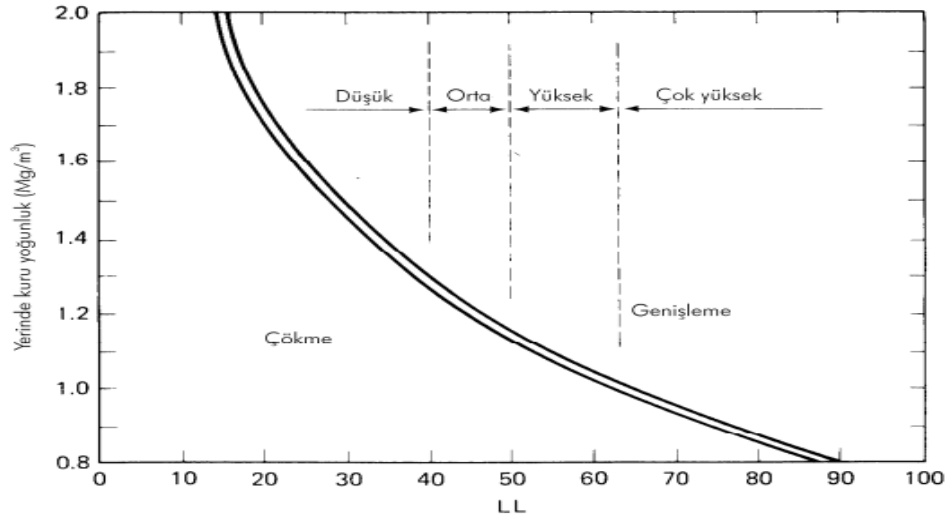
Laboratuvar ve arazi verileri			Şişme dereceleri		
200 nolu elekten geçen	Likit limit	SPT-N değeri	Muhtemel şişme (%)	Şişme basıncı (kPa)	Şişme potansiyeli
<30	<30	<10	<1	50	Düşük
30-60	30-40	10-20	1-5	150-250	Orta
60-90	40-60	20-30	3-10	250-1000	Yüksek
>95	>60	>30	<10	>1000	Çok yüksek

Tablo 1.3 Deney verilerinden hesaplanmış muhtemel şişme (Holtz, 1959 , USBR, 1974)

Şişme derecesi	Muhtemel şişme **	Kolloid yüzdesi (%-1µm)	Plastisite indisi Pl	Büzülme limiti Sl
Çok yüksek	>30	>28	>35	<11
Yüksek	20-30	20-31	25-41	7-12
Orta	10-20	13-23	15-28	10-16
Düşük	<10	<15	<18	>15

** 6.9 kPa sürşarj yükü altında

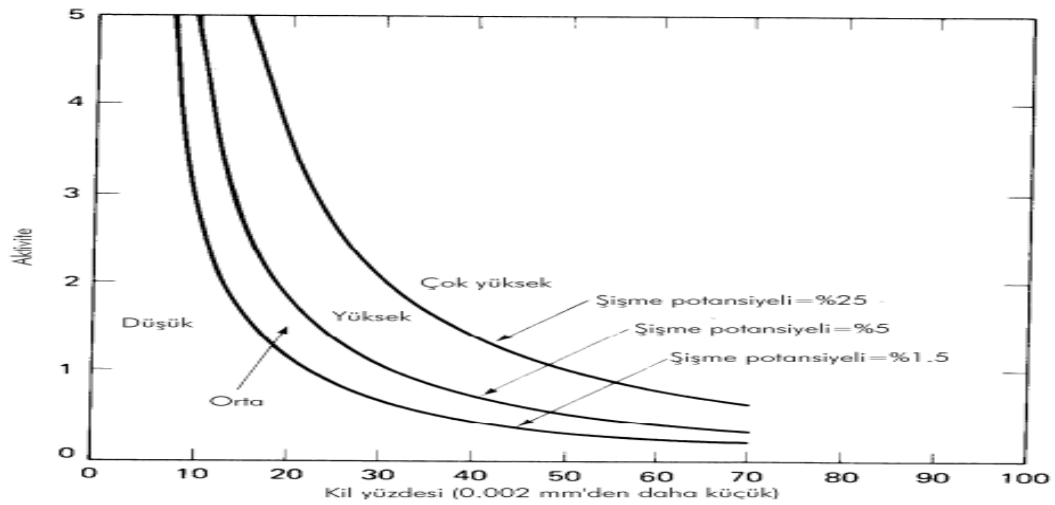
Seed (1962) sıkıştırılmış killer için şekil 1.18 ve 19'daki abakları önermiştir. Bunun için yazar kum ve kil karışımını 6,9 kPa sürşarj yükü altında şişmeye bırakmıştır. Bu grafikte verilen aktivite kavramından bahsedilecektir (Kayabalı, 2000). “Aktivite ilk defa Skempton tarafından tanımlanmıştır. Aktiviteyi, plastisite indisinin kil fraksiyonuna “ oranı olarak tanımlamıştır (Holtz ve Kovacs, 1981). Aktiviteyi denklem 1.2'deki gibi tanımlayabiliriz.



Şekil 1.18 Yerinde kuru yoğunluklar ve likit limit için çökebilirlik, sıkışabilirlik (Kayabalı, 2000)

$$\text{Aktivite, } A = \frac{\text{Plastisite indisi}}{((\% - 2\mu\text{m}) - 5)} \quad (1.2)$$

Burada aktivite değeri $0,75 < A < 1,25$ civarında olan killeri normal, $A < 0,75$ olan killeri pasif ve son olarak $A > 1,25$ olan killeri aktif kil olarak sınıflandırılır. Aktivite killeri sınıflandırılmasında ve mühendislikteki korelasyonlarda kullanılmaktadır (Kayabalı, 2000). Şişme potansiyelini en iyi plastisite indisi tahmin eder. Plastisite indisinden yararlanarak birçok yazar korelasyonlar üretmiştir. Tablo 1.4’de iki yazarın oluşturduğu korelasyonlar verilmiştir şişme potansiyeli için. Bu şekilde karşılaştırmalar yapılabilir.

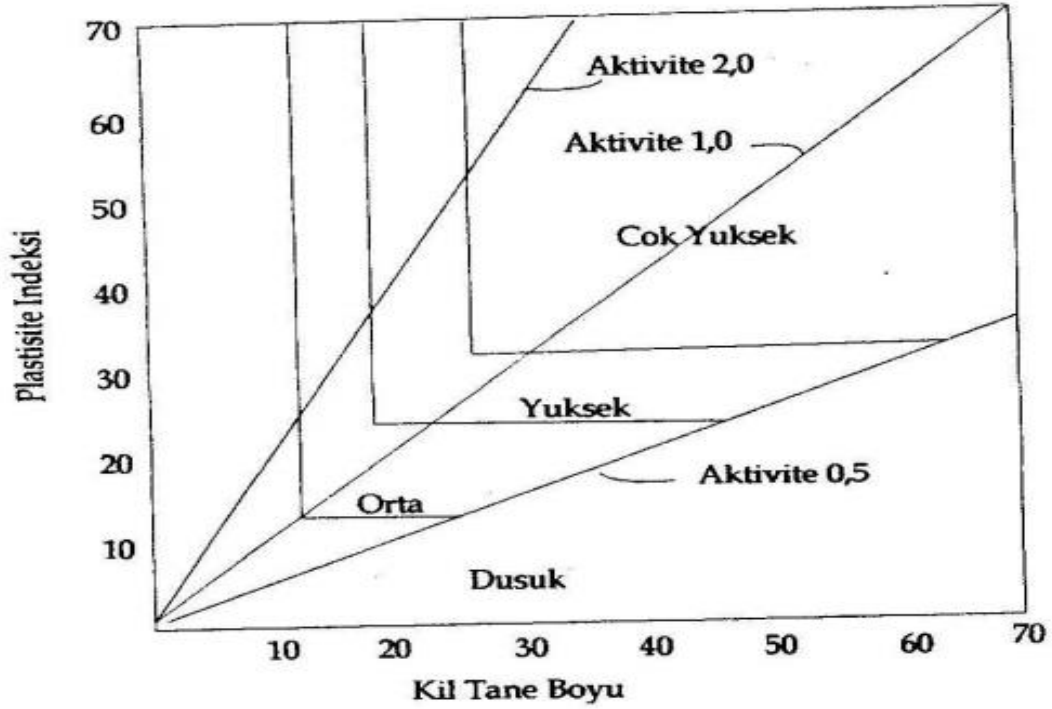


Şekil 1.19 Şişme potansiyeli için sınıflama grafiği (Seed, 1962)

Tablo 1.4 Plastisite indisine göre zemin şişme potansiyeli (Chen,1975; Holtz ve Gibbs, 1956)

Şişme Potansiyeli	Plastisite indisine (%)	
	Holtz ve Gibbs	Chen
Düşük	<20	0-15
Orta	12-34	10-35
Yüksek	23-45	20-55
Çok yüksek	>32	>35

Şişme potansiyeli ile rötre limiti ve lineer limit arasındaki ilişki de korelasyon ile bulunmuştur (Altmeyer, 1955). Tablo 1.5’de bu korelasyonlar açıkça gösterilmektedir. Hafif binalar, yol dolguları, havaalanlarının vb. yer aldığı zeminlerdeki hacim değişikliği, şişme basıncı ile hafif yapılardaki olası hasar Tablo 1.6’ da verilmiştir. Şişen zeminleri sınıflandırmak için kullanılan Şekil 1.20’deki abak tane boyu ve plastisite indeksi değerlerinden hareketle şişme derecesini belirler (Demir ve Kılıç, 2010).



Şekil 1.20 Şişme potansiyeli abağı (Demir ve Kılıç, 2010)

Tablo 1.5 Şişme potansiyeli ile rötre limiti ve lineer rötre arasındaki ilişki (Altmeyer, 1955)

Lineer rötre	Rötre limiti(%)	Muhtemel şişme (%)	Şişme derecesi
<5	>12	<0,5	Kritik değil
5-8	10-12	0,5-1,5	Sınır
>8	<10	>1,5	Kritik

Tablo 1.6 Hacim değişikliği, şişme basıncı ve muhtemel hasar arasındaki ilişki (Demir ve Kılıç, 2010)

Hacim değişikliği	Şişme basıncı	Hafif yapılarda olan hasar
0-1,5	0,5	Düşük
1,5-5	50-250	Orta
5-25	250-1000	Yüksek
>25	>1000	Çok yüksek

Kil mineralojisi killerde şişmeyi etkileyen önemli bir parametredir. Bu yüzden şişme potansiyelinin belirlenmesinde, zemin mineralojisinin bilinmesi çok önemlidir. Kil minerali ile şişme arasındaki ilişki tablo 1.7’de verilmiştir.

Tablo 1.7 Kilin mineral türü ile şişme potansiyeli arasındaki korelasyon (Mitchell, 1976)

Kil minerali	Şişme potansiyeli
Kaolinit	Çok düşük
İllit	Orta
Montmorillonit	Yüksek
Vermikülit	Yüksek
Klorit	Yok

Kil taneleri üzerindeki negatif yüklerin dengelenmesi için gereken değişebilir katyonların miktarı, katyon değişim kapasitesi (KDK) olarak bilinip meq/100g ile ifade edilir. Şişme potansiyeli katyon değişim kapasitesi arttıkça artar (Demir ve Kılıç, 2010). Tablo 1.8’de çeşitli kil minerallerinin KDK değerleri verilmiştir. Tabloya bakıldığında en yüksek katyon değişim kapasitesine sahip minerallerin montmorillonit ve vermikülit olduğu görülmektedir.

Tablo 1.8 kil mineralinin türü ve katyon değiştirme kapasitesi değerleri (Grim, 1962)

Kil minerali	KDK(meq/100gr)
Montmorillonit	80-150
Vermikülit	100-150
Halosit 4H ₂ O	10-40
İllit	10-40
Klorit	10-40
Sepiyolit – Atapuljit	20-30
Halyosit 2 H ₂ O	5-10
Kaolinit	3-15

1.4.4.2 Nicel yöntemlerle şişme potansiyelinin bulunması

Literatürde zeminlerin şişme değerlerini elde etmek için CBR, PVC, ve COLE deneylerinden faydalanılmaktadır. Aşağıda bu deneylerin nasıl yapıldığıyla ilgili açıklamalar bulunmaktadır.

Serbest şişme deneyi

Şişme potansiyelini bulmada en yaygın yöntem serbest şişme indisi deneyidir (Holtz ve Gibbs, 1956). Denklem 1.3’de serbest şişmenin nasıl hesaplandığının formülü gösterilmiştir.

$$\text{Serbest şişme} = \frac{(\text{Nihai hacim} - \text{ilk hacim})}{\text{ilk hacim}} \times 100 \quad (1.3)$$

Potansiyel hacim değiştirme deneyi (PVC)

Bu deney, kil zeminlerin potansiyel şişme-büzölme durumlarını değerlendiren deneydir. PVC, zeminin değişen su muhtevalarına maruz kaldığında geçirebileceği maksimum hacim değişikliğidir. Hem şişme hem de büzölmeyi ölçer bu alet fakat şişme için en idealdir. Şişme-büzölme potansiyelinin PVC deneyine bağlı olarak sınıflandırılması Tablo 1.9’da gösterilmiştir.

Tablo 1.9 Şişme-büzülme potansiyelinin PVC deneyine göre karşılaştırılması (Soil survey staff, 1993)

Şişme basıncı (kPa)	Şişme-büzülme potansiyeli
< 81	Düşük
81–153	Orta
153–225	Yüksek
> 225	Çok Yüksek

Kaliforniya taşıma oranı (CBR)

CBR deneyi havaalanı ve karayolları kaplamalarının projelendirilmesinde yoğun olarak kullanılan bir penetrasyon direnci deneyidir (Uzundurukan, 2006). Yol inşaatında gerekli materyalin kalınlığını belirlemek için kullanılır. Zemin ne kadar sıkıysa CBR değeri o kadar yüksek çıkar. %2 değeri genellikle killi zeminlerden elde edilir. CBR testi tane boyutu maksimum 20mm olan zeminlerde uygulanır. Zemin 152 cm çapındaki CBR deney silindirine çeşitli su içeriklerinde ve yoğunluklarda sıkıştırılır. Sonra belirlenen bir sürşarj yükü altında dört gün suda bekletilirler. Şişme okumaları ıslatmadan önce ve sonra alınır ve şişme yüzdesi denklem 1.4 kullanılarak belirlenir (ziraat.gop.edu.tr).

$$S = \frac{\Delta H}{116,43} \times 100 \quad (1.4)$$

Burada;

“S” şişme yüzdesi; “ΔH”yükseklikteki değişimdir (mm).

Lineer genişleyebilirlik katsayısı (COLE)

Bu deney şişen zeminlerin tanımlanmasını sağlamak için kullanılan bir büzülme deneyidir. Bu numune 33 kPa emme durumu ile fırında kurutulmuş emme durumu olan 1000 kPa arasındaki lineer şekil değiştirmeyi belirler. Bu numune su için geçirimsiz ancak su buharı için geçirimlidir. COLE, zemin numunesinin yaş durumdan kuru duruma geçişteki boyutundaki değişimin ölçüsüdür. COLE değeri denklem 1.5 kullanılarak bulunabilir (Nelson ve Miller, 1997).

$$COLE = \frac{\Delta L}{\Delta L_D} = \frac{\gamma_{kD}^{0,33}}{\gamma_{kM}} - 1 \quad (1.5)$$

Burada; “*COLE*” doğrusal genişleme katsayısı, ” $\frac{\Delta L}{\Delta L_D}$ “ kuru durum için lineer şekil değiştirme ” γ_{kD} ” fırında kurutulmuş numunenin kuru birim hacim ağırlığı ” γ_{kM} ” 33 kPa’lık emmede numunenin kuru birim hacim ağırlığıdır. Tablo 1.10’da COLE ve LEP deneylerinin sonuçlarına göre verilen şişme-büzülme potansiyeli sınıflandırması görülmektedir. COLE ve LEP değerine göre şişme büzülme potansiyeli belirlenir.

Tablo 1.10 Şişme-büzülme potansiyelinin doğrusal genişleyebilirlik katsayısı ve doğrusal genişleyebilirlik yüzdesine bağlı olarak sınıflandırılması (Uzundurukan, 2006)

COLE	LEP	Şişme-Büzülme potansiyeli
< 0.03	<3	Düşük
0.03 - 0.06	3-6	Orta
0.06 - 0.09	6-9	Yüksek
≥ 0.09	≥ 9	Çok Yüksek

Genişleme indisi deneyi

Zeminlerin şişme potansiyelini değerlendirmek ve belirlemek için kullanılan bir deneydir. Genişleme indisi denklem 1.6 yardımıyla hesaplanarak en yakın tam sayı olarak alınır. Zeminin genişleme potansiyeli, genişleme indisine göre tablo 1.11’de sınıflandırılmıştır.

$$EI = 100 \times S \times F \quad (1.6)$$

Buradan; “*EI*” genişleme indeksi; ”*S*” şişme yüzdesi ; “*F*” dört nolu elekten geçen zemin yüzdesi .

Tablo 1.11 Genişleme indisine bağlı olarak zeminin genişleme potansiyelinin sınıflandırılması (Uzundurukan, 2006)

Genişleme indisi (EI)	Genişleme potansiyeli
0-20	Çok düşük
21-50	Düşük
51-90	Orta
91-130	Yüksek
>130	Çok yüksek

1.5 İklim Sınıflandırma Yöntemleri

İklim, geniş alanlara yayılan ve çok uzun zamanda gerçekleşen hava koşullarıdır. İklim aynı zamanda o bölgeye ait bitki örtüsünü ve hava durumunu da tayin eder. Dünya’da çok fazla iklim tipi mevcuttur. Fakat hepsini sınıflandırmak çok da kolay değildir. Bunun için bu iklim tiplerinin ortak yanları olanlar bir araya getirilerek büyük iklim kuşakları oluşturulmuştur. Birçok bilim adamı, iklimleri çeşitli yöntemlerle sınıflandırmışlardır. Bu kadar farklı yöntem ve formülün olması araştırmacıların görüşlerinde fikir ayrılıklarına sebep olmuştur. Ayrıca her araştırmacının iklim analizinde kullandığı ve önemli olarak gördüğü kriterler farklıdır. Kimisi sıcaklık-buharlaşma kimisi yağış-sıcaklık, bitki örtüsü, yağış rejimini kriter olarak alır. Burada çeşitli bilim adamlarının ürettiği iklim sınıflandırma yöntemlerine değinilecektir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiş olup tez konusu Thornthwaite metodu kullanılarak yapıldığından, Thornthwaite iklim sınıflandırmasına daha çok değinilecektir. Köppen iklim sınıflandırmasına göre iklimler 5 ana kuşakta, 24 tipte toplanmıştır. Ana kuşaklar A, B, C, D ve E harfleri ile ifade edilirken iklim tipleri de bu harflere eklenen ikinci, üçüncü ve bazen dördüncü harfle belirtilmiştir (meteor.gov.tr). Bu sınıflandırmada A grubu, tropikal yağmur iklimleri, B grubu, kurak iklimleri, C grubu ılıman iklimleri, D soğuk orman iklimleri, E grubu, kutupsal iklimleri temsil eder. Trewartha, Köppen iklim sınıflandırma sisteminin değiştirilmiş şeklidir. Köppen’den farklı olarak F ve H iklim tiplerini de içerir. Bu sınıflandırma ilk olarak Amerikalı bir bilimsel araştırmacı tarafından bulunmuştur. Bu bilim adamı, orta enlemleri gruplara ayırmıştır.

De Martonne iklim sınıflandırmasında yağış ve sıcaklığın yanı sıra Temmuz ve Ocak ayı sıcaklık ve yağış değerlerinin ortalamaları arasındaki ilişki göz önünde bulundurulmuştur. De Martonne’un geliştirdiği yıllık kuraklık indis denklemi 1.7’de verilmiştir (www.mgm.gov.tr).

$$Ia = (P / (T + 10) + (12 * p / (t + 10))) / 2 \quad (1.7)$$

Burada;

“10 “ sıcaklığın 0°C’nin altında olduğu yerlerde t’yi pozitif yapmaya yarayan sabit sayı; “P” uzun yıllara ait toplam yağış (mm); “T “ uzun yıllara ait ortalama hava sıcaklığı (°C) ; “p” en kurak ayın yağış miktarı (mm); “t “ en kurak ayın ortalama sıcaklığı (°C) ifade eder. Tablo 1.12’de bu metoda göre kuraklık indisi ile iklim tipi arasındaki ilişki gösterilmiştir (meteor.gov.tr).

Tablo 1.12 De Martonne indisleri ve iklim tipleri (mgm.gov.tr)

İklim Tipi	Kuraklık indisi
Çöl	0-5
Step (yarı kurak)	5-10
Step-nemli arası	10-20
Yarı nemli	20-28
Nemli	28-35
Çok nemli	35-55
Islak	>55
Kutupsal	< T <-5 C°

Aydeniz İklim sınıflandırmasında nemlilik katsayısı ve kuraklık katsayısı belirlenir. Belirlenen değerlere göre Aydeniz’in geliştirdiği tablodan verilen yerin iklim tipi bu katsayılara göre belirlenir. Erinç iklim sınıflandırmasında, yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama maksimum sıcaklık kullanılarak yağış etkinlik indisi bulunur. Bu indis denklem 1.8 kullanılarak bulunabilir. Bu sınıflandırmada elde edilen yağış indeksi değerlerine göre altı iklim sınıfı tanımlanmıştır. Bu sınıflandırma tablo 1.13’deki gibidir.

$$I_m = \frac{P}{T_{om}} \quad (1.8)$$

Buradan; “ P” yıllık toplam yağış (mm), “T_{om}” yıllık ortalama maksimum sıcaklık.

Tablo 1.13 Erinç indis değerleri ile bunlara bağlı bitki örtüsü ve iklim sınıfları (www.mgm.gov.tr)

İklim sınıfı	İndis değeri	Bitki Örtüsü
Tam kurak	<8	çöl
Kurak	8-15	Çöl-step
Yarı kurak	15-23	Step
Yarı nemli	23-40	Park görünümlü kuru orman
Nemli	40-55	Nemli orman
Çok nemli	>55	Çok nemli orman

1.6 Thornthwaite İklim Sınıflandırması

Thornthwaite iklim sınıflandırma yöntemi ilk defa 1931 yılında öne sürülmüştür. Fakat 17 yıl aradan sonra 1948 yılında iklim sınıflandırma alanında en çok kullanılan metod olmuştur. Bu metoda göre birçok kıtada bir sürü iklim haritaları oluşturulmuştur. Bazı bilim adamları bu haritaları zemin, bitki örtüsü gibi faktörlerle ilişkilendirmek istemişlerdir. Thornthwaite sınıflandırmasının asıl kullanımı iklim tiplerini belirlemektir. Fakat özellikle geoteknik mühendisliğinde çok kullanılmaktadır. Bunun dışında hidrojeolojide ve tarımsal amaçlı da kullanılmaktadır.

1.6.1 Thornthwaite' göre su bilançosu tablosunun hazırlanması

“Thornthwaite yöntemine göre bir yerin su bilançosuna ait tablo, o yerin aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama yağış ve aylık evapotranspirasyon değerlerinden faydalanılarak hazırlanır. Bu değerler kullanılarak elde edilen su bilançosuna ait tablolar, toprakta yıl içinde birikmiş suyu, birikmiş suyun aylık değişmesini, yıllık gerçek evapotranspirasyon miktarlarını, topraktaki su fazlasını, su eksikliğini, akışı ve nemlilik oranını gösterir” (www.mgm.gov.tr)

1.7 Potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon

Suyun sıvı halden gaz haline geçmesine evaporasyon (buharlaşıma) denir. Bitkilerde bulunan suyun terleme yoluyla atmosfere verilmesine transpirasyon denir. Bu iki durumun her ikisine birden evapotranspirasyon denir. Yağış ve yeraltı suları ile sürekli ve yeterince beslenen zemin ve bitki örtüsünün atmosfere bıraktığı su miktarına potansiyel evapotranspirasyon denir (www.mgm.gov.tr). “Zemin, bitki örtüsü ve yağış her zaman potansiyel evapotranspirasyon için gerekli suyu karşılamayabilir. Bu durumda zemin,

bitki örtüsü ve yağışın evapotranspirasyona vereceği su miktarına gerçek evapotranspirasyon denir” (www.mgm.gov.tr). Thornthwaite 1948 yılında potansiyel evapotranspirasyon için ampirik bir formül geliştirmiştir. Denklem 1.9’daki formülde belirtildiği gibi, potansiyel evapotranspirasyon belli bir yere ait aylık ortalama sıcaklık ve enlem düzeltme katsayısı kullanılarak bulunabilmektedir.

$$PE = 16 \cdot \left(\frac{10t^a}{I} \right) \cdot G \quad (1.9)$$

Burada;

“*PE* “aylık potansiyel evapotranspirasyon (mm); “*t*“ aylık ortalama sıcaklık (°C); “*I*” yıllık sıcaklık indeksi; “*G*” enlem düzeltme katsayısıdır. Ek 1’de enlem düzeltme katsayıları mevcuttur.

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad \text{ve} \quad i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514} \quad \text{ve}$$

$$a = 0,000000675I^3 - 0,0000771I^2 + 0,017921I + 0,49239 \quad \text{olarak hesaplanabilir.}$$

Hesaplanan aylık evapotranspirasyon potansiyel değer olup gerçek evapotranspirasyon hesabı yapılmalıdır. Zemin rezervi başlangıçta 100 kabul edilir. Zemin su rezervi maksimuma ulaştığında fazla su akış haline geçer. Eğer herhangi bir ayın yağış miktarı potansiyel evapotranspirasyon değerinden azsa o ayın gerçek evapotranspirasyon değeri o ayın yağış miktarı ve zeminde bulunan su rezervinin toplamına eşittir. Zeminin su rezervi 0 olduğunda, o ayın gerçek evapotranspirasyon değeri o ayın yağış miktarına eşit olur. Gerçek evapotranspirasyon ile potansiyel evapotranspirasyon arasındaki fark su eksikliği anlamına gelir. Yağış ile gerçek evapotranspirasyon arasındaki fark zeminin su rezervini artırır (P.W Mitchell, 2013).

1.8 Thornthwaite yağış etkinlik indeksi

“Bu indeks 1948 yılında Thornthwaite tarafından bulunan ve iklim koşullarını nemliden kurağa doğru temsil eden bir indekstir. Boyutsuz olup +100 ile -100 arasında değer

alabilir. Yağış etkinlik indisi, kuraklık indisi (I_a) ve nemlilik indisi (I_h) kullanılarak bulunur. Bu indisler ise bir su bilançosu tablosuyla bulunabilir. İlk bakışta bu yağış etkinlik indeksinin asıl amacı iklimi sınıflandırmak olsa da daha başka amaçlar için de kullanılmaktadır. Örneğin tarım, hidroloji, kaldırım tasarımı ve hatta temel tasarımlarında bile kullanılmaktadır” (AS2870, 2011, Austroads, 2004). Tablo 1.14’de Thornthwaite iklimleri sekiz gruba ayırmıştır. Yağış indeksine göre iklim tiplerini belirlemiştir.

Tablo 1.14 Thornthwaite yağış etkinlik indeksi ve iklim özelliği (Bölük, 2016)

I_m (indeks)	Harf	İklim Özelliği
>100	A	Çok nemli
100-80	B4	Nemli
80-60	B3	Nemli
60-40	B2	Nemli
40-20	B1	Nemli
20-0	C2	Yarı nemli
0-(-20)	C1	Yarı kurak-az nemli
-20-(-40)	D	Yarı kurak
-40-(-60)	E	Tam kurak-çöl

İklim sınıflandırması geoteknik mühendisleri için zemindeki su bilançosunu hesaplamaya dayanır. Bu sınıflandırma o bölgede su fazlalığı ya da eksikliği hakkında bilgi verir. Geoteknik mühendisleri iklim sınıflandırmasını birçok projede kullanırlar. Özellikle su bilançosu ve infiltrasyon amaçlı kullanırlar. Bu yüzden geoteknik mühendislerinin en çok kullandıkları iklim sınıflandırma sistemi Thornthwaite tarafından önerilmiştir (Pk, 2017). Bu sınıflandırmanın temeli yağışla evapotranspirasyon ve sıcaklıkla evapotranspirasyon arasındaki ilişkiye dayanır. Bu sınıflandırmaya göre bir yerde yağış buharlaşmadan fazlaysa su fazlalığı oluşur. O zaman bu yerin iklimi nemlidir. Yağış buharlaşmadan az olduğu yerlerde su eksikliği oluşur ve o yerin iklimi kurak olarak adlandırılır (Birsoy ve Ölgün, b.t.).

Senelerce yağış etkinlik indeksini hesaplamak için çeşitli denklemler üretilmiştir. Bunlardan ilki Thornthwaite aittir. Thornthwaite bu indisi hesaplamak için denklem 1.10’u kullanmıştır.

$$I_m = I_h - 0.6I_a = \frac{100R-60D}{PET} \quad (1.10)$$

Burada; “ I_m ” yağış etkinlik indeksi; “ R ” yıllık su fazlası; “ D ” yıllık su eksiği; “ PET ” yıllık potansiyel evapotranspirasyon; “ I_a ” ($\frac{D}{PET}$) kuraklık indeksi; “ I_h ” ($\frac{R}{PET}$) nemlilik indeksidir. Ampirik bağıntılar zamanla gelişmiştir. Fakat genel olarak bu bağıntıların hepsinde aylık evapotranspirasyon kullanılmıştır. İkinci metod denklem 1.11’ de gösterilmektedir. Bu denklem tamamen yağış ve sıcaklık verilerine dayalıdır. Yani hemen hemen her istasyonda bulunabilecek verilere dayalıdır.

$$PET_i = pe_i \frac{D_i N_i}{30} \quad (1.11)$$

Burada;

“ D_i ” i ayı için gün uzunluğu düzeltme faktörü ; “ N_i ” i ayındaki gün sayısı; “ pe_i ” i ayı için ayarlanmamış potansiyel evapotranspirasyondur.

$$pe_i = 1.6 \times \frac{10t_i^a}{H_y} \quad \text{ve} \quad H_y = \sum_{i=1}^{12} 0.2t_i^{1.54}$$

Burada;

“ t ” i aya ait ortalama sıcaklık; “ H_y ” y yılına ait sıcaklık indeksini gösterir.

$$a = 6.75 \times H_y^3 \times 10^{-7} - 7.71 \times H_y^2 \times 10^{-5} + 0.01792 \times H_y + 0.49239$$

Burada $0 < a < 4.25$ aralığındadır. “Yağış etkinlik indeksinin değeri pozitif çıkarsa o bölgenin ikliminin nemli olduğu ve zemin su içeriğinin fazla olduğu anlaşılır. Negatif çıkarsa iklimin kurak olduğu ve zeminin su içeriğinin az olduğu anlaşılır. Sonucun sıfır çıkması zeminde net bir nem değişikliğinin olmadığını gösterir. Diğer bir deyişle zemin nemi doğal koşullarla denge halindedir” (Karim vd., 2021). Thornthwaite ve Mather

(1955) ilk oluşturulan bağıntıdaki 0.6 katsayısını çıkartarak daha kolay bir denklem elde etmişlerdir. Denklem 1.12’de bu bağıntı gösterilmiştir.

$$TMI = 100 \left(\frac{P}{\sum PET_i} - 1 \right) \quad (1.12)$$

Burada; ”P” yağışı gösteriyor.

Witzec vd.(2014) bu ikinci metodu da değiştirerek farklı bir denklem üretmişlerdir. Denklem 1.13’da metodun değiştirilmiş şekli gösterilmiştir.

$$TMI = 75 \left(\frac{P}{\sum PET_i} - 1 \right) + 10 \quad (1.13)$$

Karim vd. (2021) bu üç metodun hangisinin güvenilir sonuçlar verebileceğini araştırmışlardır. Bu araştırmacılar denklem 1.11 ve denklem 1.12 ile hesaplamalardaki sonuçlarda kaydadeğer farklılıklar olduğunu fakat denklem 1.12 ve denklem 1.13 kullanıldığında bu iki denklemin sonuçlarının benzer olduğu ortaya çıkmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Karim vd. (2021) gelecekteki farklı iklim senaryolarında şişen zeminlerdeki değişimi Thornthwaite yağış etkinlik indeksini kullanarak bulmaya çalışmışlardır. Bunu yapmak için uzun süreli iklim verileri ve tahmini iklim verileri kullanılarak Güney Avustralya için yağış etkinlik indisi haritaları oluşturulmuştur. Zemindeki hareketi ölçmek için yağış etkinlik indeksi ile bağlantılı olan bir metodoloji geliştirilmiştir. Sonuçlar Avustralya'nın yağış etkinlik indisinde önemli derecede bir azalma olacağı ayrıca bu indisdeki değişimin, zeminde potansiyel bir harekete sebep olacağını, bunun da alt yapı ve üst yapılara zarar vereceğini öngörmüşlerdir. P.W Mitchell (2013) iklimin şişen zeminlere olan etkisini araştırmıştır. Bunun için bugünkü, 2030 ve 2070 yılları için tahmin edilen yağış azalışı ve sıcaklık artışı değerleri yağış etkinlik indisinin tahmini için kullanılmıştır. Yazar, Avustralya'da dört farklı şehir için yağış indeksi haritaları oluşturmuştur. Yağış etkinlik indeksi ile zemin emme derinliği arasındaki ilişki, bir bölgede ağacın olması ve olmaması durumları için bulunmaya çalışılmış ve zemin hareketi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak iklim değişimine bağlı olarak zeminde tahmin edilen bir hareketin olacağı belirtilmiştir. Yazar, gelecekteki iklim değişimine bağlı olarak temel tasarımında yeniliklere gidilmesi gerektiğini de vurgulamıştır.

İkizler, (2018) şişen zeminlere oturan döşemelerin tasarımı için 81 ile ait 63 yıllık yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak Türkiye'nin yağış etkinlik indisi haritasını GIS (coğrafi bilgi sistemi) yaklaşımıyla oluşturmuştur. Yazar, şişen zeminlere oturan döşemeler için farklı metodların kullanıldığını söylemiştir fakat en önemli parametrenin yağış indisi olduğunu belirtmiştir. Bu sayede oluşturduğu bu GIS yaklaşımlı haritada herhangi bir yere ait iklimin yanı sıra bir de zemine ya da yapıya ait parametreyi de elde etmiştir. Bu sayede yağış indisi haritalarının ileride Türkiye'de şişen zeminlere oturan döşeme tasarımlarında yoğun bir şekilde kullanılabileceğine değinmiştir. P.Mitchell (2012) ağaçların özellikle kuru mevsimlerde şişen zeminlere oturan yapılara zarar verdiğine değinmiştir. Hatta iklim değişikliği tahminleri, şişen zeminlere oturan temellerin, ağaçlı durum için büyük risklerle karşı karşıya kalacağını söylemiştir.

Karunarathne vd. (2016) Thornthwaite yağış etkinlik indeksini bulmak için farklı metodlar kullanmıştır. Farklı metodların kullanılması, aynı iklim koşullarında farklı sonuçların oluşmasına sebep olmuştur. Bu da korelasyonları etkilemiştir. Ayrıca Thornthwaite yağış etkinlik indeksinin, zemin su rezervinin tahmininde ve bunun da temel tasarımında nasıl etkili olacağını tartışmışlardır. Michael vd. (2016) Avustralya’da bir kaldırımın iklimden nasıl etkilendiğini araştırmak için bir model oluşturmuşlardır. Bu modelde, kaldırımın bozulma mekanizmasının iklimle değişiminden nasıl etkilendiği, Thornthwaite yağış etkinlik indeksini kullanarak değerlendirmişlerdir. Olaiz vd. (2017) dört farklı yağış etkinlik indeksi metoduyla hesaplamalar yapmışlardır. Hesaplamalarda farklı sonuçlar çıktığını belirtmişlerdir. GIS kullanarak yağış etkinlik indeksi haritaları oluşturmuşlardır. Ayrıca geoteknik mühendisliği uygulamalarında, yağış indeksli iklim analizleri değişik sonuçlar verebileceğinden önlemler alınması gerektiğine değinmişlerdir. Fityus vd. (1998) Thornthwaite yağış etkinlik indeksini kullanarak Avustralya’daki Huntery Vadisindeki zeminde nem değişimi derinliğini bulmaya çalışmışlardır.

Pk ve Bashir (2018) iklim değişikliğinin doğal şevlere olan etkisini araştırmak için 30 yıllık eski iklim verilerini ve 90 yıllık tahmini iklim verilerini kullanarak bir şev modellemesi oluşturarak analiz yapmışlardır. Analiz sonucu iklim değişimiyle beraber güvenlik sayısının %10 kadar düşeceğini, bu da şevler için riskli bir durum olduğunu belirtmişlerdir. Dye vd. (2006) Post tensioning institute metodunun 3. versiyonunu kullanarak şişen zeminlere oturan art germeli döşemeleri geoteknik açıdan değerlendirmiştir. Reed ve Kelly (2000) iklim değişiminin şişen zeminlere oturan temellerin tasarım parametrelerine olan etkisini araştırmıştır. Leao (2014) iklim değişimine bağlı olarak Avustralya, Victoria’da müstakil temellerin zemininde meydana gelecek hareketi ve olası riskleri araştırmıştır. Araştırmasının neticesinde bu riskin şehirleşmenin olduğu bölgelerde orta dereceden yüksek dereceye risk taşıdığı sonucunu çıkarmıştır. Fakat araştırmasının, iklimin 2001-2011 yılları arasındaki değeri ile sınırlı kaldığını da belirtmiştir.

Sun vd. (2017) iklim değişikliğinin, şişen zeminlerin hareketine olan etkisini değerlendirmişlerdir. Fakat çalışmaları, Avustralya'ın beş ana şehri ile sınırlı kalmıştır. Ahmed (2017) , Amakye ve Abbey (2021) iklim değişikliğinin şişen zeminlere oturan hafif yapılara olan etkisini araştırmıştır. Bunun için Güney Avustralya'da daha önceden var olmayan yağış etkinlik indeksi haritaların oluşturmuştur. Yazarlar bu haritalardan tasarımcıların faydalanabileceğine de değinmiştir. AS2870-2011 (Avustralya standartlarında temel tasarımı) şişen zeminlere oturan hafif yapıların temel tsarımlarını, Thornthwaite yağış etkinlik indeksi ile ilişkilendirmiştir. Burada belirtilen H_s , kısa süreli iklim değişikliklerinin, zeminin su içeriğini etkilmediği bölgenin üstünde kalan derinliği ifade eder. Yani bu derinliğin altında kalan bölgenin zemin hareketine yol açmayacağı belirtilmektedir. Burada gösterilen y_s zemin kütlesinin hareketini ifade eder. Bu parametre, yüzeysel temellerdeki rijitliği etkiler. Mather (1974) iklim değişimine bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık ve yağıştaki değişimlerin, Thornthwaite yağış etkinlik indisinde değişimlere yol açacağını, özellikle de geoteknik mühendislerinin bu durumu dikkate alarak tasarım yapmaları gerektiğini açıklamıştır.

3.MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu tez çalışmasında öncelikle materyal olarak Diyarbakır bazaltüstü kilinin bulunduğu coğrafyanın tanıtılması ve ardından bazaltüstü kilinin üzerinde bulunduğu kayaçların kaya kalitesine değinilmiştir. Daha sonra labortuvar verileri de kullanılarak bazaltüstü kilinin özellikleri hem daha önceden elde edilmiş verilerle hem de güncel veriler yardımıyla bulunmuş oldu. Çalışmanın ikinci kısmında ise şişen zemine oturan döşemelerin tasarımı için gerekli olan yöntem bulundu ve bu yöntem açıklandı. Daha sonra Diyarbakır için gerekli iklim verileri ve Türkiye için oluşturulmuş iklim senaryoları literatürden bulunarak materyal olarak kullanıldı. Daha sonra tüm veriler elde edildikten sonra metot olarak kullanılan post tensioning metodu baz alınarak şişen zeminlere oturan döşemelerin bazı tasarım parametreleri bulunmuş oldu.

3.1.1 Diyarbakır Bazalt üstü kilinin bulunduğu coğrafyanın genel olarak tanıtılması

Bazalt üstü kili Diyarbakır'da geniş bir alana yayılmaktadır. Fakat bu tezde, deney yapılan ve literatürden bulunan çalışmalardan alınan değerler, Kayapınar-Bağcılar ve Yeniköy semtlerinden alınan numuneleri kapsamaktadır. Diyarbakır kent merkezi çok uzun bir geçmişe sahiptir. Büyük uygarlıkların, neredeyse insanlık tarihinin her döneminde kentleştiği yer olmuştur. Buna kanıt olarak kent merkezinde bulunan sayısız eserler örnek gösterilebilir. Bu tarihi eserlerden belki de en önemlisi kenti kalkan gibi saran surlardır. Diyarbakır surları, Dünya'da Çin Seddi'nden sonra en uzun ikinci sur olarak kabul edilir. Fakat Dünya'nın en eski surları Diyarbakır'da bulunan surlardır. Diyarbakır ilinde yüzey şekilleri oldukça sadedir. Fakat çevresinde yükseklikler mevcuttur. Diyarbakır'ın ortası çukur şeklindedir. Dicle Vadisi bu havzanın doğu-batı doğrultusunu oluşturur. Kuzey yönünde , Güneydoğu Toroslar mevcuttur. Bu da bölgeyi Doğu Anadolu'dan ayırmış olur. Güneyinde ise Karacadağ mevcuttur. Karacadağ, lavların yığılmasıyla oluşmuş eski bir volkan kütesidir.Karacadağ'ın lavları Dicle Vadisi boyunca görülür. Diyarbakır ilinin en önemli nehri Dicle nehridir. Kaynağı Elazığ il sınırları içindedir. Fakat nehir Elazığ'dan çıktıktan sonra ilk olarak Diyarbakır sınırlarına girer. En büyük kolları Diyarbakır ili dışındadır. Diyarbakır sınırları içinde önemli bir göl yoktur. İnceleme alanı konum itibarıyla Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alır. Bölgenin hakim iklimi karasal

iklimdir. Kayapınar yöresinde yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı hava koşulları hakimdir. Şekil 3.1’de Diyarbakır iline ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri gösterilmektedir. Bu değerlerin çok uzun yıllara ait olduğunu unutmamak gerekir.

DİYARBAKIR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2015)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.7	3.6	8.4	13.8	19.2	26.2	31.1	30.4	24.9	17.2	9.3	3.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.7	9.1	14.5	20.4	26.5	33.6	38.5	38.2	33.3	25.3	16.1	9.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.3	-1.1	2.7	7.2	11.3	16.9	21.8	21.1	16.2	10.2	4.0	-0.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.9	4.8	5.6	7.0	9.5	12.1	12.3	11.6	9.9	7.4	5.5	3.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.3	11.5	12.0	11.7	9.3	2.9	0.5	0.3	1.2	5.8	8.3	11.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(kg/m ²)	69.0	67.7	69.1	68.4	44.4	8.8	0.5	0.4	4.2	33.0	52.8	71.8
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*											
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.9	21.3	28.3	35.3	38.1	42.0	45.0	45.9	42.0	35.7	27.2	22.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-22.1	-21.0	-14.0	-6.1	0.8	6.0	11.0	13.8	5.2	-1.2	-12.9	-23.4

Şekil 3.1 Diyarbakır iline ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (MGM, b.t.)

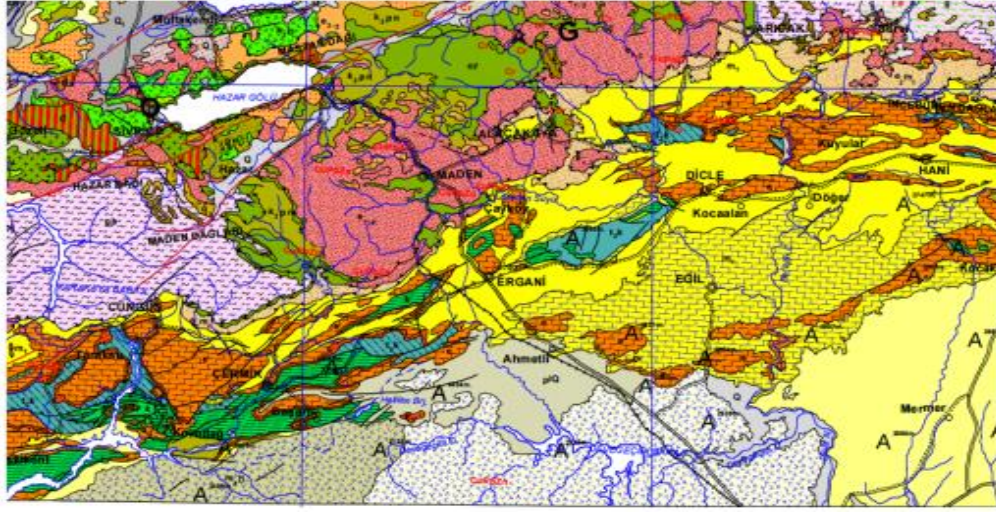
3.1.2 Çalışma alanı genel jeolojisi

Diyarbakır yöresinin jeolojik yapısı yaşlıdan gence doğru, Miyosen-Pliyosen yaşlı Şelmo formasyonu ve Yeniköy formasyonu, Pliyostosen yaşlı Karacadağ volkantleri ve Gölpınar formasyonu, Holosen çökelleri oluşturur. Bu jeolojik devirlerde önemli tektonik olaylar meydana gelmiştir. Tektonik olaylar sonucu birçok yapı oluşmuştur. Bu yapılar, Anadolu levhası ve Arap levhasının sürekli hareket etmesinden kaynaklı olarak oluştuğu açıktır. Diyarbakır bazaltları üzerinde önemli bir kırık hat yoktur. “İnceleme alanı stratigrafik yapısı yukarıdan aşağıya; residüel kil (genç kil) 1-9m kalınlığında, bazalt (pliyo kuvaterner) 25-120m, Şelmo formasyonu (Miyo-Pliyosen) 200-225m, Silvan formasyonu (Üst miyosen) 200-250m, Germik formasyonu (Alt miyosen) 150-250m, Midyat formasyonu (Orta-Eosen) 200-350m’den oluşmaktadır” (Taşkiran, 2006). Bazaltlar; gri-siyah, yeşilimsi renkte, bazen ince strüktürlü masif ve yoğun, bazen de gözenekli kırıklı parçalı özelliklerdir. Bazalt eklemli soğutma çatlaklı ve gözenekli olup, yeralt suyunu

depolamaya oldukça uygun bir ortam oluşturarak bir çok kaynak ve pınarın oluşumunu sağlamıştır. Statik seviye 25-40m arasında, dinamik seviye ise 50- 70m arasında değişmektedir. Ancak faz arası killer sayesinde, yüzeye oldukça yakın, asılı su seviyelerine rastlamak mümkündür (Taşkıran ve Kayadelen, 2005). Şekil 3.3’de Diyarbakır için jeoloji haritası verilmiştir. Şekil 3.2’de ise inceleme alanının genelleşmiş stratigrafik kesiti verilmiştir. Yukarıda anlatılanların, aşağıda verilen şekillere bakılarak daha kolay anlaşılması sağlanmıştır..

Üst Sistem	Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Kaya Türü	Açıklamalar
S E N O Z O I K	Pliosen					Alüvyon Bazalt Kumtaşı, kilitaşı, çakiltası
				Şelmo		Kumtaşı, kilitaşı, çakiltası
				Lipo		Kumtaşı, kilitaşı, silttaşı, kireçtaşı
	M I Y O S E N	ORTA-ÜST MYOSEN				
		ALT M I Y O S E N	Akitanıyen Burdigaliyen	Fırat		Masif kireçtaşı Çakiltanmış kireçtaşı
	EOSEN - OLIGOSEN	OLIGOSEN				Kireçtaşı Çörtü kireçtaşı
		EOSEN		Hoya		Kireçtaşı
	PALEOSEN KRETASE			Antak		Kumtaşı, kilitaşı, çakiltası
	MESOZOİK					
		KRETASE TRIYAS		Koçali Karmışçı		Kireçtaşı, çört, mermer bloku, serpantinleşmiş ofiyolitik birimler

Şekil 3.2 İnceleme Alanı ve Çevresinin Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesit



Şekil 3.3 Diyarbakir ve çevresinin jeoloji haritası(1/100000) (M.T.A -2008)

3.1.3 Karacadağ volkanitleri (Bazalt)

Miyosen-Kuvaterner yaşlı tamamen bazaltik lavlar ve çok seyrek gözlenen piroklastiklerden oluşan birim Karacadağ Volkanitleri olarak adlandırılmıştır. Bu volkanitler, Diyarbakir ili Karacadağ bölgesinden başlayarak Mardin ve Şanlıurfa il sınırları içerisinde yaklaşık olarak 10.000 km²'lik bir yayılım göstermektedir. Karacadağ Volkanitleri; dış rengi grimsi-siyah olup, taze kırılma yüzeyinde olup yardımıyla bakıldığında olivin-ojit kristalleri gözlenebilmektedir. Birim çok yerde gaz boşluklu yapıdadır. Karacadağ volkanizmasının genel olarak tipli, yeni çatlaklardan çıkan bir volkanizma olduğu yaygın ve hakimdir. Bu nedenle kalkan şeklinde bir morfoloji sunduğu ve patlamalı bir volkanizma olmadığı kanısı yaygındır.

3.1.4 Diyarbakir bazaltüstü kilinin oluşum mekanizmasının irdelenmesi

Kayaçlar oluşumlarının ardından, çevresel koşulların ve yapısal özelliklerinin etkisiyle ayrışma ve yıpranma yaşarlar. Ayrışma sonucunda meydana gelen ürün, ana kayacın yanında ve ana kayacın yapısını yansıtarak, yabancı bir madde bulundurmuyorsa bu tür zeminlere residüel (kalıntı) zeminler denir (J.K Mitchell, 1976). Yerinde oluşmuş zeminlerin oluşumunda ana kayanın türü, iklim, ortam sıcaklığı, yer altı su seviyesi, bitki örtüsü önemli rol oynar. Bu tür zemilerin oluşumunda iklimsel olaylar ve çevresel faktörler önemlidir. Çalışmada kullanılan kilin bulunduğu alanlar, sınırları çalışma alanının dışında da devam eder ve oldukça geniş bir alana yayılmış olan bazaltların

üzerini örterler. Bazaltlar, Karacadağ volkanlarından oluşmuş ürünlerdir. Bu tür bazaltlara Diyarbakır, Urfa, Mardin civarında rastlamak mümkündür. Bazaltların yüksek kotlarda olması, bazaltların bulunduğu ortamın çok geniş ve uzun bir alana yayıldığı için bazalt ortamına su ya da rüzgardan dolayı yabancı madde girişi olmamıştır. Aynı zamanda bazalt ortamından komşu ortamlara da malzeme akışı olmadığı görülmüştür. Bu nedenlerden dolayı bazaltlar üzerinde yer alan koyu kahverengi ve kırmızımsı kilin, bazaltların ayrışma sonucu ürettikleri ürünler olduğu belirtilmiştir (Erguvanlı, 1982). “Bu çatlaklara suyun sızması sonucu, kimyasal ayrışma süreçlerinin gelişebileceği uygun bir ortam oluşmuş olur. Ayrıca suyun çatlakları doldurması sonucu donma-çözülme çevrimleri, mekanik yıpranma etkisi yaratmaktadır. Çalışma alanında yapılan kazılarda sıklıkla rastlanan ve altere zonları denilen bu bölgelerde kayaç yapısının ayrışma izleri taşıdığı, kil ve bazalt çakılları ihtiva ettiği görülmektedir. Bu zonlar, kil oluşumunun yoğunlaştığı ve killeşmenin buradan yayıldığı yerlerdir” (Taşkiran ve Kayadelen, 2005). “Bazaltların oluşumu sırasında lavların bazı nedenlerden dolayı tüf olarak meydana gelmesi, volkanik ortamlarda bazaltlara ayrı bir zon şeklinde rastlanmasına neden olmaktadır. Tüflerin yüksek plastik killerin kökenlerinden biri olduğu bilinmektedir” (Coduto, 1994). Çalışma alanında yapılan kazılarda rastlanan ve problemlere yol açan, özellikle su ile karşılaştığında dayanımını büyük ölçüde yitiren ve stabilite sorunları yaratan tüfler, kimyasal süreçlerini tamamlamaları sonucu kile dönüşürler (Taşkiran ve Kayadelen, 2005). Magmatik kayaçların birinci mineralleri olan olivin ve ojit ayrışma yeteneği en yüksek olan minerallerdir. Çalışma alanında kısmen mostra veren, üst miyosenden başlayarak çeşitli evrelere yakın zamana kadar süregelen ve Karacadağ volkanitlerini oluşturan bazaltik lavlardan çok sayıda örnek üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, bütün evrelere ait örneklerin aynı petrografik özellikleri verdiği saptanmıştır. Tüm bazaltik lavlar olivin bazalt ve olivin-ojit bazalt türündendir (Ercan vd., 1991). Ferromagnezyen mineraller içeren bazaltik ve orta magmatik kayaçlar ve volkanik külleri, smektitlerin oluşmasına uygun ortam hazırlar. Smektitler buharlaşmanın yağış düzeyini geçtiği, böylece yıkanmanın yetersiz olduğu yarı kurak ve kurak iklimlerin tipik mineralleridir. Çalışma alanı iklim ve yağış düzeni açısından smektitlerin oluşması açısından uygun bir ortamdır. Smektitlerin bulunduğu ortama yeterli miktarda

Mg⁺⁺ gelirse brusitin içerdği ara tabaka suyunun yerini, bu katyon olarak klorite dönüştür. Çalışma alanı kloritleri bu oluşum süreçleri açısından değerlendirildiğinde direkt magmatik olan bazalttan ayrışma ile oluşması ya da yine bazalttan ayrışmış ve ortamda en fazla bulunan smektit mineralinden dönüşerek oluşması ihtimal mümkündür. Bu aynı zamanda hakim mineral yapısının neden smektit-klorit karışık tabakalı kil şeklinde bulunduğu da açıklık getirmektedir. Kuvars ve feldspat mineralleri ayrışmaya karşı oldukça kararlı mineraller olup ayrışmaları uzun zaman almaktadır. Rezidüel killerde kil kalınlığı, kimyasal etki derinliğine eşit olmayabilir. Aynı ortamın kendi içinde rüzgâr, su vb. etkilerle malzeme taşınması sonucunda bazı yerlerde kil kalınlığı nispeten fazla olabilir. Kil kalınlığı 1m'den başlamakta ve çoğunlukla birkaç metre civarında yer almakta ve maksimum 8-9m' ye yer yer erişebilmektedir (Taşkiran ve Kayadelen, 2005).

3.1.5 İnceleme alanına ait zemin ve kaya türlerinin geoteknik özellikleri

Kayapınar yöresinden alınan numune için jeolojik kesit şekil 3.4' de gösterilmiştir. Tablo 3.1'de ise Kayapınar yöresinden alınan numunelerin alındığı yerin litolojik tablosu gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Çalışma alanına ait X-Y doğrultusunda jeolojik kesit

Tablo 3.1 X-Y doğrultusundaki kesitin litolojik tablosu

Sondaj no	Derinlik (m)	Litoloji	Formasyon
SK 1	0.00-1.50 m	Koyu kahverengi kil	Karacadağ volkanitleri
	1.50-10.00	Gaz boşluklu gri renkli bazalt	
SK2	0.00-1.30	Koyu kahverenkli kil	Karacadağ Volkanitleri
	1.30-10.00	Gaz boşluklu gri renkli bazalt	

İnceleme alanında kaya ortamlarında sondaj çalışmalarında RQD (%) ayrışma derecesi (W) değerleri belirlenerek tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 Kaya kalitesi-ayrışma derecesi tablosu

Sondaj no	Derinlik (m)	TCR %	SCR %	RQD (%)	Kaya kalitesi	Ayrışma derecesi	Tanımlama	Litoloji	Formasyon
SK 1	1.50-3.00	35	32	28	Zayıf kaliteli	W3	Orta derecede ayrılmış	Bazalt	Karacadağ volkanitleri
	3.00-6.00	42	38	35	Zayıf kaliteli	W3	Orta derecede ayrılmış	Bazalt	Karacadağ volkanitleri
	6.00-7.50	58	50	48	Zayıf kaliteli	W2	Az ayrılmış	Bazalt	Karacadağ volkanitleri
SK 2	1.40-3.00	42	35	30	Zayıf kaliteli	W3	Orta derecede ayrılmış	Bazalt	Karacadağ volkanitleri
	3.00-6.00	60	55	48	Zayıf kaliteli	W3	Orta derecede ayrılmış	Bazalt	Karacadağ volkanitleri
	6.00-7.50	68	62	55	Orta kaliteli	W2	Az ayrılmış	Bazalt	Karacadağ volkanitleri

İnceleme alanında yapılan çalışmalarda kayalarda ayrışma derecesinin, bazalt birimi için W3, orta derecede ayrılmış ve W2, az ayrılmış sınıfına girmektedir. Tablo 3.4’de kayaların ayrışma dereceleri tanımlanmıştır. Karotlar üzerinde yapılan deneyler kapsamında RQD sonuçları değer aralığının %28 ile 72 arasında olduğu görülmektedir. Tablo 3.3’den faydalanarak kaya kalitesinin zayıf ve orta kaliteli olduğu görülmektedir.

Tablo 3.3 Kayaçların kaya kalitesine (RQD) ve kaya sınıfı (Deer, 1963)

RQD	Kaya tanımı
100-90	Çok iyi kaliteli
90-75	İyi kaliteli
75-50	Orta kaliteli
50-25	Zayıf kaliteli
<25	Çok zayıf kaliteli

Tablo 3.4 Kayaçlarda ayrışma derecesinin tanımlanması (www.keska.org)

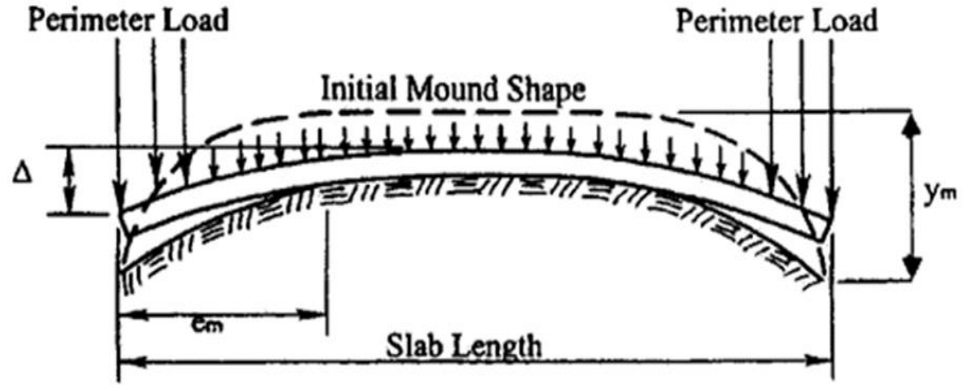
Tanımlama kriteri	Tanım	Simge
Ana kayaçta renk değişimi yok. Dayanımında bir azalma veya diğer ayrışma etkileri söz konusu değildir. Ancak kırıklı düzlemleri lekeli veya renk değişmiş olabilir.	Taze	W1
Kayacın süreksizliklere yakın olan kesimlerinde çok az renk değişimi vardır. Süreksizlik yüzeyleri açık ve renkleri çok az değişmiştir. Kayaç ayrışmamış kayaca oranla fark edilir bir zayıflık göstermez.	Az ayrışmış	W2
Kayacın rengi değişmiştir. Süreksizlikler açık olabilir. Ayrışma kayacın içine nüfus etmeye başlamıştır. Kayaç fark edilir ölçüde zayıflamıştır. Kaya oranı %50-90 arasındadır.	Orta derecede ayrışmış	W3
Kayacın rengi değişmiştir. Süreksizlikler açık olabilir ve yüzeylerin rengi değişmiştir. Süreksizliklere yakın kesimlerinde orijinal doku değişmiş, ayrıca kayacın iç kesimlerini daha fazla etkilemiştir. Kaya oranı %50'den azdır	Çok ayrışmış	W4
Kayacın rengi değişmiş ve kayaç toprak haline gelmiştir. Fakat kaya tekstürü hala tanınabilir. Seyrek olarak ana kayaç parçaları bulunur. Ayrışma ürünü zeminin özellikleri kısmen ana kayacın özelliklerini yansıtır	Tamamen ayrışmış	W5

3.2 Metot

Öncelikle metot kısmında laboratuvarından elde edilmiş verilerden ve literatürsel verilerden yararlanılmıştır. Deneyler hem indek değerleri hem de mukavemet değerleri için ayrı ayrı bulunmuştur. Ayrıca bu deneylerin dışında düşen seviyeli permeabilite ve organik madde tayini, kompaksiyon deneyleri ve konsolidasyon deneyleri de yapılmıştır. Daha sonra şişen zemine oturan döşemelerin tasarım parametreleri de PTI metodu ile bulunmuştur. İklim senaryolarının oluşturulması ve PTI metodu bu bölümde ele alınmıştır.

3.2.1 Zemine Oturan Döşeme Tasarımında Kullanılan Teknikler

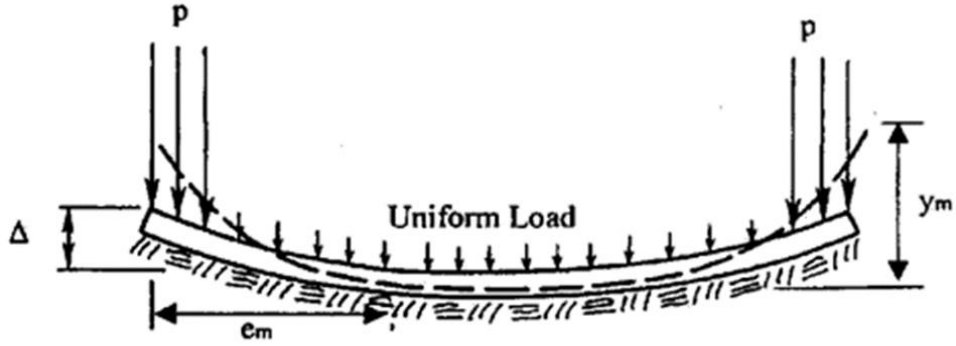
Şişme ve büzülme potansiyeline sahip killere Dünya'nın birçok noktasında rastlanılmaktadır. Özellikle de uzun süreli yağışlardan sonra uzun süre yağış almayan bölgelerde bu tür şişen-büzülen zeminlere rastlamak mümkündür. Türkiye'de ise özellikle orta ve doğu kesimlerde bu tür zeminlere rastlanılır. Özellikle aşırı yağış alan bir yerdeki zeminde büzülme potansiyeli fazlayken aşırı kurak yerlerdeki zeminde, şişme potansiyeli daha fazladır. Bu yüzden mühendisler, temelin oturacağı zeminin şişme büzülme aktivitesinin potansiyel şiddetinin tahmininde o çevrenin iklimini veya çevreyle alakalı bir indeksi de göz önünde bulundurmaları gerekir. Döşemeler ya da radye temeller şişen zeminlere oturduğu zaman, üst yapılarda hasar oluşması beklenmektedir. Bu yüzden bu yapıların tasarımında iklim koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır. Zemine oturtulacak döşemelerin tasarımında hem zemine hem de yapıya ait parametreler gereklidir. Fakat, şişme potansiyeli olan bir zemine oturtulan döşeme tasarımında, iklim de kullanılması gereken bir parametre olmalıdır. Bu amaçla, maksimum diferansiyel kabarma (y_m) ve köşesel nem değişim indeksinin (e_m) bilinmesi gerekir. Zemine oturan döşemelerin ya da radye temellerin altındaki şişen zeminlerde dikey yönlü şişme ya da kabarma, ya merkezi kabarma ya da köşesel kabarma olarak iki farklı şekilde gerçekleşir. Merkezi kabarma yapı etrafında ağaçların büyüyüp alt tabakalardaki zeminden su emmesi sonucu meydana gelir. Diğer bir sebep ise inşaat mevsimidir. Eğer inşaat yağışlı bir dönemde yapıлып sonra uzun süren yağışsız dönemler olursan zeminin su içeriği köşelerde azalır. Yani büzülme köşelerde meydana gelir. Şekil 3.5'de ağırlığı olmayan bir döşemede meydana gelen merkezi kabarma gösterilmiştir.



CENTER LIFT

Şekil 3.5 Merkezi kabarmanın gösterimi (Wray, 1989)

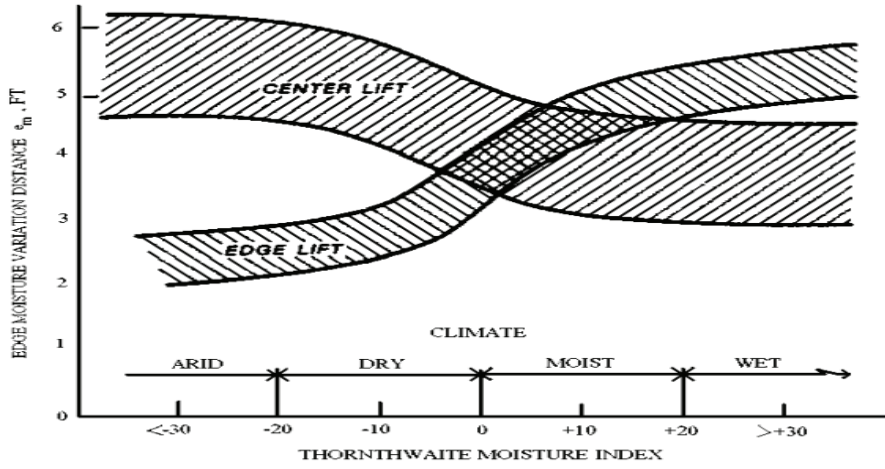
Köşe kabarması genellikle inşaattan sonra meydana gelir. Zemindeki bitki örtüsünün kaldırılması, zemindeki su içeriğini artırır. Şekil 3.6’da köşesel kabarma gösterilmiştir.



EDGE LIFT

Şekil 3.6 Köşesel kabarmasının gösterimi (Wray, 1989)

Şişen zeminlere oturan döşeme ya da radye temel tasarımlarında, Thornthwaite yağış indeksi ile köşedeki nem değişimi arasındaki ilişki Wray (1989) tarafından grafiğe dökülmüştür. Şekil 3.7’den yararlanarak döşeme tasarımı için gerekli tasarım parametresi olan e_m , Thornthwaite yağış indeksinden faydalananarak bulunabilir.



Şekil 3.7 Thronthwaite yağış indeksi ile köşesel nem değişimi arasındaki yaklaşık ilişki (Wray, 1989)

Şişme potansiyeli olan zeminlere oturan döşemelerin tasarımı normal zeminlere oturan döşemelerin tasarımından çok farklıdır. Bu tür tasarımlar için literatürde birçok metod vardır. En az 13 metodun olduğu bilinmektedir. Fakat bunlardan en yaygın olanları, walsh, post tensioning (art germe) metodu, Lytton, Fraser ve Wardle olsa da bugün en çok kullanılan yöntem Post Tensioning Institute (Art germe) metodudur. Bu metodun kullanılması için o yere ait Thornthwaite yağış indeksinin bilinmesi gereklidir.

3.2.2 Art germe metodu (Post tensioning institute)

Metodu açıklamadan önce art germe hakkında kısa bilgi verilecektir. Öncelikle art germe sistemleri, betonarme yapılarda uygulanan yapının taşıma yüklerini arttırmaya yarayan bir sistemdir. Betonun basınç dayanımı yüksektir fakat çekmeye karşı dayanımı ise oldukça düşüktür. “Art germe, betona çelik halatlar vasıtasıyla yanal yükler uygulayarak betonarme yapının taşıma kapasitesini artırır. Bu yöntemle elde edilen betona bilinçli olarak gerilim uygulanmasından dolayı öngermeli beton olarak adlandırılır. Kılıf içerisinden geçirilen art germe halatları, uzmanlar tarafından yapılan statik tasarıma uygun olarak yerleştirilir. Beton dökülüp yeteri sertliğe kavuşunca, sistem çalışma yüklerine maruz kalmadan önce, halatlar krikolar yardımıyla tasarımdaki yükler uygulanır. Bu şekilde betonun taşıma kapasitesi artırılır” (www.tekbem.com). Şekil 3.8’de art germe halatları gösterilmiştir. Şekil 3.9’ da ise art germe sistemi gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Art germe halatları (www.tekbem.com)



Şekil 3.9 Art germe sistemleri (www.tekbem.com)

3.2.3 Art germe metodunun avantajları

- İnce döşeme elde edilmesini sağlar.
- Geniş açıklıkları geçmeye olanak sağlar.
- Düz döşemeler tasarlamaya olanak sağlar.
- Daha ince yapılar tasarlanmasına olanak sağlar.
- Demir ve beton kullanımını azaltır.
- Genleşme derzi kullanmadan geniş döşemeler tasarlanmasına olanak sağlar.
- İnşaat süresi kısalmır.

- Çelik artgerme halatları kılıflar içerisinde grout ile kaplandığından herhangi bir korozyon problemi oluşmaz.
- Art germe ile projedeki kolon ve kiriş sayısı azalır.



Şekil 3.10 Art germeli zemin (arfen.com.tr)

3.2.4 Art germe sistemlerinin kullanım alanları

Art germe sistemlerinin yaygınlığı son 30 yılda hızla artmıştır. Yaygın olarak birçok sistemde kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

- Köprülerde
- Döşemelerde
- Temelerde
- Silolarda
- Otoparklarda
- Stadyumlarda
- AVM'lerde
- Su tanklarında
- Nükleer yapılarda
- Okul ve hastane binalarında
- Konutlarda

- Nükleer santrallerde
- Ayrıca demir ve beton maliyetini azaltmak, geniş açıklıkları geçmek ve ince yapısal elemanlar kullanmak için birçok projede değerlendirilmektedir.

3.2.5 Art germe çeşitleri

Yağlı kılıflı art germe ve şerbet enjeksiyonlu art germe olmak üzere iki çeşidi vardır: Yağlı kılıflı art germe sistemlerinde yağlı plastik kılıflar içerisinde bulunan tekil halatlar kullanılır. Yağlı kılıflara sarılmasının sebebi korozyona karşı korunmak içindir. Bu halatlı sistemler, kolaylıkla ve hızlı bir şekilde kurulabilir ve ekonomik çözümler sunar. Şerbet enjeksiyonlu art germe sistemlerde çelik veya plastik kılıfların içerisinde genellikle üç veya daha fazla halat ya da barlar kullanılır. Hhalat veya barlar gerildikten sonra kılıfın içerisine çimento şerbeti enjeksiyonu yapılır. Bundan dolayı bu ismi almıştır.

3.2.6 Post tensioning institue (art germe) metoduyla art germeli döşeme tasarımı koşulları

Bu metod ilk olarak Wray (1978)'in doktora tez çalışmasında yer almıştır. Bu metod daha sonra ilerleyerek zemine oturan döşemelerin tasarımında kullanılmıştır. Wray (1978)'de döşemeleri üç ana parametrenin etkilediğini belirtmiştir: Döşemenin altındaki şişen zemin profili, diferansiyel kabarma ve köşesel nem değişimi indeksi. Wray (1978) şişen zeminlere oturan yapılarda e_m değerini bulmak için Thornthwaite yağış etkinlik indeksine dayalı bir prosedür geliştirmiştir. Bu metodu daha sonra Post Tensioning Enstitüsü, 1980 yılında hiçbir prosedürü değiştirmeden devralmıştır. PTI (post tensioning institute) 1.versiyonu, kullanım kılavuzunda da belirtildiği gibi sadece nervürlü döşemeler için kullanım sağlamaktadır. 1996 yılında PTI'nın ikinci versiyonu kullanım kılavuzu yayımlanmıştır. Bu versiyonda zemin analizleri değişmemiştir. Fakat bu versiyon önceki versiyondan farklı olarak hem nervürlü hem de eşit kalınlıklı döşemeler için uygulanabilir. Ayrıca bu versiyon sadece şişen zeminlere uygulanmaktadır. Sıkışma ya da çökme karakterli zeminlere uygulanamaz . Bu versiyonda zemin analizleri, zeminin indeks özellikleri ile mineralojik özellikleri arasındaki korelasyonlara dayalıdır. PTI (2003) 3. versiyonu diğer versiyonlarından çok farklı ve büyük değişimlere uğramıştır. Tablolar ve şekiller tamamen değişmiştir. Ayrıca sıkışma ve çökme karakterli zeminler için de hükümler yer almaktadır. Tüm PTI vesiyonlarında e_m ve y_m tanımları

değişmemiştir. e_m , döşemenin alt köşesinden zeminin kuruma ve nemlenmeden dolayı su içeriğinin değiştiği yere kadar olan yatay mesafedir. 2003'ten önceki kılavuzlarda bu değerin şiddetini belirleyen tek faktörün iklim olduğu varsayılmıştır. Fakat 2003'den sonra bazı düzenlemelere gidilmiştir. Bu değeri etkileyen en önemli parametrenin doymamış difüzyon katsayısı olduğu anlaşılmıştır. Zemindeki kökler, çatlaklar, yarıklar e_m değerini artırır. PTI 2.versiyonda diferansiyel şişme olarak adlandırılan y_m parametresi, e_m ile ayrılmış iki nokta arasındaki zemin yüksekliği farkıdır. Zemin katmanının geçireceği şişme miktarı kilin türüne, miktarına, zemin tabaka kalınlığına, sürşarj yüküne yer altı su seviyesine vb. bağlıdır. Ayrıca derin köklerin zeminde oluşu ve ozmotik emmenin yüksek olduğu bölgelerin olması da bu parametreyi etkiler. Şişme modu genellikle y_m değerine bağlıdır. Tüm PTI tasarımlarında y_m ve e_m değerlerinin hesabı, döşemenin tamamen esnek olduğu varsayılarak yapılmıştır. Ayrıca tüm versiyonlarda e_m ve y_m değerlerini etkileyen en önemli parametrenin iklim olduğu varsayılmıştır. İklîmden başka bu değerleri etkileyen diğer faktörler, bitki örtüsü, kötü drenaj koşulları, inşaat mevsimi ve inşaat sonrası uygulamalardır. Hatta iklîme bağlı olmayan parametrelerin neden olduğu zemin deplasmanı, iklîmsel parametrelerin neden olduğundan çok daha büyük olabilir. Bu tez çalışmasında PTI (1996) 2. versiyonu kullanılmıştır. Bu prosedür zemine oturan nervürlü döşeme ve eşit kalınlıklı döşemeler içindir. Ayrıca plastisite indisi 15%'den fazla olan şişen zeminlerde bu versiyon kullanılır. İlerleyen bölümlerde bu iki parametrenin değeri 2.versiyon prosedürü kullanılarak bulunmuştur. Normal şartlarda Volflo 1.5 adı verilen bir programla bu değerler çok kolay bir şekilde bulunabilir. Fakat programın olmayışından dolayı bu değerler tablo ve şekillerden faydalanarak tahmini değerleri bulunmuştur. Öncelikle analizde kullanılan zemin parametreleri diferansiyel kabarma (y_m) ve köşesel nem değişim indeksidir (e_m). Fakat bu iki değer hem merkezi kabarma hem de köşesel kabarma durumları için tek tek hesaplanacaktır. Girdiler kat yükü, döşeme uzunluğu, kiriş aralığı genişliği, izin verilebilir deplasman, e_m ve y_m 'dir. Çıktı parametreleri, her koşul için çevresel yük, kiriş derinliğidir. Fakat programın olmayışından dolayı sadece girdi parametreleri hesaplanacaktır. Bu sayede yumuşak zeminlere oturacak döşemelerin tasarımında bu tezden elde edilmiş verilerden faydalanılarak daha uzun süren dayanıklı yapılar inşa

edilebilecektir. Öncelikle girdi parametrelerinden olan e_m 'in bulunması için Thornthwaite yağış etkinlik indeksinin bulunması gerekir. Bu değer bulunduktan sonra şekil 3.7'den faydalanılarak e_m değeri bulunabilir. Diğer bir parametre olan diferansiyel kabarma (y_m) değerini bulmak için birçok değerin bilinmesi gerekir. Kilin türü ve miktarı, zemin emme derinliği, e_m , emme şiddetinin değeri, zeminin permeabilite gibi değerlerinin bulunması gerekir. Bu değerler bulunduktan sonra Ek 2'de yer alan tablo yardımıyla y_m bulunmuş olacaktır. Metod kısmında bu parametrelerin nasıl bulunduğu ayrıntılı bir şekilde değinilmiştir.

3.2.7 İklim senaryolarının oluşturulması

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek için, iklimdeki eğilimin ve değişimin etkisini belirlemek gerekir.” Senaryo ise gelecekte olması muhtemel olayları resmeden hikayelerdir. İklimsel anlamda senaryolar emisyon senaryolarıdır. Yani sera gazları ve aerosoller gibi yeryüzünün radyasyon dengesini bozan maddelerin gelecekte atmosferdeki konsantrasyonlarının tahmin edilmesidir. Bu tür senaryolar, uluslararası iklim değişikliği paneli (IPCC) bünyesindeki bilim insanlarının katılımıyla gerçekleştirilir. 1988 yılında kurulan IPCC, geçmişten günümüze kadar beş değerlendirme raporu hazırlamıştır” (mgm.gov.tr). Şekil 3.11’de bu senaryolar gösterilmiştir.

Senaryo Adı	Yayınlanma Yılı	Kullanıldığı IPCC Değerlendirme Raporu
SA90	1990	1. ve 2. Değerlendirme Raporu (FAR, SAR)
IS92a-f	1992	3. Değerlendirme Raporu (TAR)
SRES A-B	2000	3. ve 4. Değerlendirme Raporu (TAR, AR4)
RCPs	2007	5. Değerlendirme Raporu (AR5)
SSPs	Henüz yayınlanmadı	6. Değerlendirme Raporu (AR6)

Şekil 3.11 IPCC kapsamında geliştirilen senaryolar (mgm.gov.tr)

“Günümüzde seçilen temsili konsantrasyon rotaları (RCPs:Representative concentration pathways) önceden kullanılan senaryolar yerine kullanılmaktadır. IPCC’nin belirlediği

dört adet RCP tipi belirlenmiştir. Işınımsal zorlama değerleri en küçükten en büyüğe sırası ile RCP3-PD(RCP2.6), RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5'dur". Bunlardan en çok kullanılanları RCP4.5 ve RCP8.5'dur. RCP2.6 ve RCP8.5 için 2100 sonrasında CO₂ emisyonunun sabit kalacağını belirtmektedir ve RCP4.5 ve RCP6.0; 2150'ye kadar kademeli şekilde CO₂ emisyon ve konsantrasyonun sabit kalacağını öngörmektedir. RCP8.5, CO₂ konsantrasyonunun 2000 ppm civarında 2250 yılına kadar ancak sabitleneceğini öngörmektedir. RCP3-PD(RCP2.6) ise 2070'ten sonra emisyonların azalmaya başlayacağını, buna bağlı olarak konsantrasyonların da 2300 yılına kadar zaman içerisinde azalarak 360 ppm seviyesine erişeceğini belirtmektedir. Şekil 3.12'de bu değerler verilmiştir.

RCPs	Işınımsal Zorlama Değeri	Değere Ulaşma Zamanı	Işınımsal Zorlama Değişimi	Toplam Konsantrasyon (CO ₂ eşdeğeri)
RCP 8.5	8.5 W/m ²	2100'de	Yükselme	~1370 ppm (2100'de)
RCP 6.0	>~6.0 W/m ²	2100 sonrası	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~850 ppm (2100'de)
RCP 4.5	~4.5 W/m ²	2100 öncesi	Hedefi geçmeden Stabilizasyon	~650 ppm (2100'de)
RCP3-PD / RCP2.6	~3.0 W/m ²	2100 öncesi	3.0 W/m ² 'e ulaşmadan zirve ve düşüş	Zirve ~490 ppm ve düşüş (2100'de)

Şekil 3.12 İklim senaryoları ve değerleri

Çalışmanın devamında Türkiye için literatürden bulunan gelecek iklim senaryoları çeşitli araştırmacılar tarafından oluşturulmuştur. Söz konusu tabloda gelecekte sıcaklığın kaç derece aralığında değişeceği ve yağış miktarındaki değişimin ne kadar olacağı iki farklı iklim senaryosu için verilmiş olup bu senaryolar oluşturulurken farklı yazılımlar kullanılarak çıkan sonuçlar arasında karşılaştırma yapılmıştır.

3.2.8 Çalışma alanı kili üzerinde önceden yapılmış deneysel çalışmalar

Çalışma alanı kilinin geoteknik özelliklerini belirlemek için birçok deneysel çalışma yapılmıştır. Çalışma alanında daha önceden iki farklı lokasyona ait deneysel veriler literatürde mevcuttur. Yazar, bu lokasyonlardan farklı olarak Kayapınar yöresinden UD tüpü yardımıyla numune alıp laboratuvar deneyleri yapmıştır. Bu üç farklı yerden alınmış numunelerin deneysel sonuçlarını karşılaştırmıştır. Taşkiran ve Kayadelen (2005) Diyarbakır bazaltüstü kilinin mineralojik özelliklerini saptamak amacıyla, çalışma alanından örselenmiş numuneler alarak Maden Tetkik Arama Müdürlüğü laboratuvarlarında (M.T.A) X-Ray difraksiyonu yöntemiyle mineral analizleri yapmışlardır. Bu işlemi Diclekent ve D.S.İ kuyuları civarından alınan iki adet numune üzerinden gerçekleştirmişlerdir. Bu işlemler sonucu elde edilen XRD difraktogramlar, yönlendirilmiş XRD difraktogramlar, etilen glikolle muamele edilmiş XRD difraktogramları ve 550 C/2H muamele edilmiş difraktogramlar elde edilmiştir (Kayadelen ve Taşkiran, 2005). Ek 3' de bu difraktogramlar gösterilmiştir. Mineral analizleri sonucu örneklerin içerdikleri mineraller şöyle sıralanabilir. Diclekent civarı, karışık tabakalı kil (smektit+klorit), kuvars, kalsit, feldspat. Havaalanı civarı için, karışık tabakalı kil (smektit+klorit), kalsit, kuvars, feldspat. Ayrıca numuneler üzerinde elde edilmiş laboratuvar deneyleri şekil 3.13'de verilmiştir (Taşkiran ve Kayadelen, 2005).

Doğal su muhtevası, %	32
Likit Limit, %	77
Plastik Limit, %	32
Plastisite Indisi, %	46
# 200 Elekten geçen, %	95
<0,002mm, %	58
Kolloid muhtevası(<0,001 mm), %	55
Aktivite	0,79
Rötre Limiti, % (Hacimsel)	9,7
Rötre Limiti, % (Lineer)	19
Kuru Birim Hacim Ağırlık, kN/m ³	14

Şekil 3.13 Diyarbakır, Diclekent ve Havaalanı yöresinden alınan kil numunelerin ortalama zemin parametreleri (Taşkiran ve Kayadelen, 2005)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan deneylerin sonuçları ve ve literatürden bulunan deneysel veriler kullanılarak Diyarbakır bazaltüstü kilinin özellikleri bulunmuştur. Daha sonra su bilançosu tablosu oluşturularak Thornthwaite yağış indeksi değerleri bulunmuştur. Daha sonra iklim senaryolarından çıkan yağış indeksi değerlerine göre şişen zemine oturan döşemeler için gerekli parametreler hem günümüz için hem de gelecekte 2050 yılı için farklı iklim senaryolarında 5 farklı değer için bulunmuştur.

4.1 Çalışma alanı kili üzerinde yazar tarafından yapılmış deneyler

Önceki çalışmalara ek olarak yazar, Diyarbakır kent merkezindeki Kayapınar yöresinden UD tüpü yardımıyla aldığı bir adet numune üzerinden laboratuvar deneyleri yapmıştır. Buna ek olarak, kilin şişme potansiyelini belirlemek için ödeometre testi yapmıştır. Tablo 3.5’de ve tablo 3.6’dan elde edilen deney sonuçları verilmiştir. Tablolarda deney isimlerinin yanındaki eklerden deneylere ait sonuç föylerini görmek mümkündür.

Tablo 3.5 Kayapınar civarından alınan numunelerin ortalama indeks değerleri

Likit Limit	62,5
Plastik limit (%)	30,7
Plastisite indisi (%)	31,8
No:4 kalan (%)	2,54
No: 200 geçen (%)	78,61
Su içeriği (%)	27,80
Zemin sınıfı	CH
Organik madde tayini (%)	0,14

Tablo 3.6 Kayapınar civarından alınan numunelerin mukavemet, konsolidasyon, permeabilite ve proctor deney sonuçları

Serbest basınç deneyi (Ek 5)	q_u , kPa	198,32
	c_u , kPa	99,16
Konsolidasyon deneyi (Ek 6)	Şişme yüzdesi, %	2,43
	Şişme basıncı, kgf/cm^2	0,349
Modifiye proctor deneyi (Ek 7)	γ_k , max gr/cm^2	1,655
	W_{opt} , %	20,04
Düşen seviyeli permeabilite (Ek 4)	cm/sn	1,249E-05

4.2 Farklı lokasyonlardan alınan numunelerin karşılaştırılması

Yazar tablo 3.7’de üç farklı yerden alınan kil numunelerinin deney sonuçlarını karşılaştırmıştır. Karşılaştırmalar sonucu farklı yerlerden alınan numunelerin benzer özellikler gösterdiği görülmüştür. Bu da kilin taşınmamış olduğunu gösterir.

Tablo 3.7 Diyarbakır kent merkezindeki üç farklı lokasyonun deney sonuçlarının karşılaştırması

Numune lokasyonları		Havaalanı ve Diclekent yöreleri	Kayapınar yöresi
Doğal su içeriği, %		32	27.80
Atterberg limitleri	Likit limit	77	62.5
	Plastik limit	32	30.7
	Plastisite indisi	46	31.8
Zemin sınıfı		CH	CH
200 nolu elekten geçen yüzde Aktivite		95	78.61
		0.79	0.46

4.3 Diyarbakır bazaltüstü kilinin şişme potansiyelinin nitel yöntemlerle değerlendirilmesi

Çeşitli araştırmacılar kilin şişme potansiyelini belirlemek için farklı ampirik yöntemler geliştirmişlerdir. Tablo 3.8’de bazaltüstü kilinin şişme dereceleri niteliksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Kimi korelasyonlar likit limiti baz alırken kimisi de plastik limit, kilin aktivitesi ya da rötre limiti baz alarak korelasyonlara gitmiştir. Tablo 3.8 incelendiğinde Diyarbakır bazaltüstü kilinin şişme potansiyelinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Yani bu kil şişme özelliğine sahip bir kildir. Plastik limit, likit limit, kolloid içeriği, aktivite vb. ile başvuru korelasyonlarda kilin yüksek ya da çok yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 3.8 Nitel yöntemlerle bazaltüstü kilinin şişme derecesinin belirlenmesi

Şişme derecesini belirlemek için ampirik korelasyonlar							
Yazarlar	Altmeyer (1955)	Holtz ve Gibbs (1956)	Holtz (1959)	Seed ve ark. (1962)	Chen (1975)	Wayne, Osman ve Elfatih, (1984)	Mollamahmutoğlu ve Taşkiran (2000)
Baz alınan koşul	Lineer rötre ve rötre limitine göre	Endeks özelliklerine göre	Su muhtevasına göre	Plastisite indisine göre	Su muhtevasına göre	Hacim değişikliğine göre	Likit limit değerine göre
Şişme derecesi	Şişme derecesi kritik	Şişme potansiyeli çok yüksek	Çok yüksek	Yüksek	Çok yüksek	Hafif yapılarda olan hasar yüksek	Şişme potansiyeli yüksek

4.4 Diyarbakır bazaltüstü kilinin geoteknik özellikleri

- Yüksek plastisiteli inorganik killer (CH) sınıfına girer.
- No 200'den geçen yüzde 78 olduğundan ince taneli zemin
- Organik madde içeriği çok az
- Permeabilitesi çok düşük
- Tüm lokasyonlardan elde edilen verilerden hakim mineral yapısı kildir.
- Kilin yapısında gözle görülür geniş ve büyük çatlaklar görülmüştür. Bu da Diyarbakır ilinin ikliminin kurak olmasından kaynaklı olduğu söylenebilir.
- Kil rengi koyu kahverengi-kırmızımsı tonlardadır. Bazalt birimleri üzerinde bulunurlar. Ortama rüzgâr veya erozyonla taşınmamışlardır. Bu da bu kilin çok geniş alanlarda benzer özellik göstereceği aşıkardır.
- Bazaltüstü kili şişme özelliğine sahip bir kildir.
- Plastik limit, likit limit, aktivite gibi parametreler ile başvuru olan tüm korelasyonlarda kil, çok yüksek veya yüksek şişmeye sahip olduğu ortaya çıkmıştır.
- Taşkiran (2000) yaptığı çalışmada bu kilin üst yapılara orta derecede hasar verebileceğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca yollar, az katlı yapılar, zemin üstü döşemelerinin ve duvarların hasar aldığı tespit edilmiştir.

- Deneysel çalışmalardan ve literatürden elde edilen şişme değerleri niteliksel yöntemlerden elde edilen aralıklar dahilinde olduğu için ön çalışmalarda dikkate alınabilir.
- Diyarbakır bazalt üstü kilinin hakim minerali smektittir (montmorillonit) (Taşkiran ve Kayadelen, 2005).

4.5 Diyarbakır ili için su bilançosu tablolarının oluşturulması

Tablo 3.9’ da Diyarbakır için güncel su bilançosu tablosu oluşturulmuştur. Ortalama sıcaklık ve yağış değerleri meteoroloji genel müdürlüğünden temin edilmiş olup 1990-2020 yılları arasındaki Diyarbakır ili için sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Güncel su bilançosu oluşturulurken bu 30 yıllık periyottaki ortalama sıcaklık ve yağış değerleri baz alınmıştır. Her ay için sıcaklık indisi değerleri bulunmuştur. Denklem 1.12’deki formül kullanılarak potansiyel evapotranspirasyon (PE) değerleri bulunmuştur. Fakat PE bulunmadan önce enlem düzeltme faktörüyle çarpıldıktan sonra elde edilen değer PE olarak kullanılmalıdır. PE bulunduğundan sonra, her ay için zemindeki mevcut su miktarı, su eksikliği ve su fazlalığı hesaplandıktan sonra denklem 1.13 kullanılarak Thornthwaite yağış etkinlik indeksi bulunmuş olur.

4.6 Gelecekte iki farklı iklim senaryosu için su bilançosunun hesaplanması

Öncelikle su bilançosunun hesaplanması için gelecekte belli bir tarihte ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinin, o yıl için bilinmesi gerekir. Bu çalışmada 2050 yılı baz alınarak su bilançosu hesabı yapılmıştır. 2050 yılındaki sıcaklık ve yağış değerlerini bulmak için literatürde Türkiye için yapılmış iklim projeksiyonlarından faydalanılmıştır. Bu çalışmada 2050 yılı için belirlenen sıcaklık ve yağış artış veya azalışı Diyarbakır’ın güncel iklim verilerine eklenmiştir. Böylelikle Diyarbakır için 2050 yılındaki, tamamen iklim projeksiyonlarındaki değerler kullanılarak tahmini ortalama sıcaklık ve yağış değerleri bulunmuştur. RCP4.5 ve RCP8.5 olmak üzere iki farklı iklim senaryosu için ayrı ayrı hesap yapılmıştır. Ayrıca iki senaryo da yağış için azalma ya da artma yüzdelere sahiptir. Yağışın artış ve azalışın göre de ayrı ayrı hesap tabloları oluşturulmuştur. Demircan vd. (2017) çalışmalarında 2041-2071 yılları arasındaki iki farklı iklim senaryosu için tahmini sıcaklık artış miktarlarını tablo 3.10’ daki gibi bulmuşlardır. Yine aynı periyot için, iki

farklı senaryo ve iki farklı durumda yani yağış miktarının azalma durumu ve artış durumu için tablo 3.11’de yağışın tahmini değerleri verilmiştir.

Tablo 3.9 Diyarbakır ili için güncel su bilançosu tablosu

Aylar	Yağış (mm)	Ortalama sıcaklık (°C)	Sıcaklık indisi (i)	Enlem düzeltme faktörü	PE	Su dengesi	Su haznesi	Su eksikliği	Su fazlalığı
Ocak	95	2,5	0,35	0,85	1,67	93,33	100	0	93,33
Şubat	92	4,5	0,85	0,84	4,72	87,28	100	0	87,28
Mart	97	8,9	2,39	1,03	19,63	77,37	100	0	77,37
Nisan	95	13,7	4,60	1,11	45,79	49,21	100	0	49,21
Mayıs	65	19	7,53	1,23	91,12	-26,12	73,88	0	0
Haziran	10	25,8	12	1,24	158,83	-148,83	0	74,95	0
Temmuz	1	30,7	15,61	1,26	220	-219	0	219	0
Ağustos	1	30,6	15,53	1,18	205,14	-204,14	0	204,14	0
Eylül	8	25,1	11,5	1,04	126,81	-118,81	0	118,81	0
Ekim	49	17,9	6,9	0,96	63,91	-14,91	0	14,91	0
Kasım	63	9,6	2,68	0,84	18,33	44,67	44,67	0	0
Aralık	92	4,2	0,77	0,82	4,08	87,92	100	0	32,59
Toplam	668		80,71		960,03			631,81	339,78
YEİ*=-4									

Su dengesi=yağış-PE, su haznesi=önceki ayın su dengesi+o aya ait su dengesi (=0 eğer sonuç negatifse ve =100 eğer ≥ 100 mm), su eksikliği=|su dengesi|-önceki ayın su dengesi (eğer o ayın su dengesi =0 ise) ve su fazlalığı=su dengesi+önceki ayın su dengesi-100 (eğer o ayın su dengesi 100 ise, *yağış etkinlik indeksi

Tablo 3.10 Türkiye için farklı iklim senaryolarında sıcaklık artış aralığı (°C) (Demircan vd., 2017)

Senaryolar	RCP4.5		RCP8.5		RCP4.5		RCP8.5	
	RCP4.5		RCP8.5		RCP4.5		RCP8.5	
Dönem	Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar	
2041-2071	1,5-2	1,5-2	2-3	2-3	2-3	3-4	2-3	2-3

Tablo 3.11 Türkiye için farklı iklim senaryolarında yağış tahminleri (%) (Demircan vd., 2017)

Senaryolar	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Dönem	Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar	
2041-2071	-20, +30	-30, +30	-30, +30	-40, +40	-60, +60	-60, +60	-40, +40	-40, +40

Tablo 3.12, tablo 3.13 tablo 3.14 ve tablo 3.15’ de Diyarbakır iline ait 2050 yılı için iki farklı iklim senaryosuyla oluşturulmuş su bilançosu tabloları yer almaktadır.

Tablo 3.12 2050 yılı için RCP4.5 + yağış ↓* senaryosuna göre Diyarbakır'a ait su bilançosu tablosu

Aylar	Yağış (mm)	Ortalama sıcaklık (°C)	Sıcaklık indisi (i)	Enlem düzeltme faktörü	PE	Su dengesi	Su haznesi	Su eksikliği	Su fazlalığı
Ocak	76	4	0,71	0,85	2,18	73,82	100	0	73,82
Şubat	73,6	6	1,32	0,84	5,06	68,54	100	0	68,54
Mart	67,9	10,9	3,25	1,03	21,73	46,17	100	0	46,17
Nisan	66,5	15,7	5,65	1,11	50,38	16,12	100	0	16,12
Mayıs	45,5	21	8,78	1,23	102,83	-57,33	42,67	0	0
Haziran	4	28,8	14,17	1,24	201,23	-197,23	0	154,56	0
Temmuz	0,4	33,7	17,97	1,26	284,40	-284	0	284	0
Ağustos	0,4	33,6	17,89	1,18	264,69	-264,29	0	264,29	0
Eylül	4,8	27,1	12,92	1,04	148,53	-143,73	0	143,73	0
Ekim	29,4	19,9	8,1	0,96	71,68	-42,28	0	42,28	0
Kasım	37,8	11,6	3,58	0,84	20,19	17,61	17,61	0	0
Aralık	73,6	5,7	1,22	0,82	4,43	69,17	86,78	0	0
Toplam	480		95,56		1177,33			888,86	204,64
YEİ**= -28									

*yağışların azaldığı senaryo

**yağış etkinlik indeksi

Tablo 3.13 2050 yılı için RCP8.5 + yağış ↓* senaryosuna göre Diyarbakır'a ait su bilançosu tablosu

Aylar	Yağış (mm)	Ortalama sıcaklık (°C)	Sıcaklık indisi (i)	Enlem düzeltme faktörü	PE	Su dengesi	Su haznesi	Su eksikliği	Su fazlalığı
Ocak	66,5	4	0,71	0,85	2	64,5	100	0	64,5
Şubat	64,4	6	1,32	0,84	4,71	59,69	100	0	59,69
Mart	58,2	10,9	3,25	1,03	20,72	37,48	100	0	37,48
Nisan	57	15,7	5,65	1,11	48,75	8,25	100	0	8,25
Mayıs	39	21	8,78	1,23	100,67	-61,67	38,33	0	0
Haziran	4	29,8	14,92	1,24	214,64	-210,64	0	172,31	0
Temmuz	0,4	34,7	18,79	1,26	302,01	-301,61	0	301,61	0
Ağustos	0,4	34,6	18,70	1,18	281,17	-280,77	0	280,77	0
Eylül	4,8	27,1	12,92	1,04	146,91	-142,11	0	142,11	0
Ekim	29,4	19,9	8,1	0,96	70,03	-40,63	0	40,63	0
Kasım	37,8	11,6	3,58	0,84	19,31	18,49	18,49	0	0
Aralık	64,4	5,7	1,22	0,82	4,12	60,28	78,77	0	0
Toplam	426,3		97,94		1215,04			937,43	169,92
YEİ= -32									

*yağışların azaldığı senaryo

Tablo 3.14 2050 yılı için RCP8.5 + yağış ↑* senaryosuna göre Diyarbakır'a ait su bilançosu tablosu

Aylar	Yağış (mm)	Ortalama sıcaklık (°C)	Sıcaklık indisi (i)	Enlem düzeltme faktörü	PE	Su dengesi	Su haznesi	Su eksikliği	Su fazlalığı
Ocak	123,5	4	0,71	0,85	2	121,5	100	0	121,5
Şubat	119,6	6	1,32	0,84	4,71	114,89	100	0	114,89
Mart	135,8	10,9	3,25	1,03	20,27	115,08	100	0	115,08
Nisan	133	15,7	5,65	1,11	48,75	84,25	100	0	84,25
Mayıs	91	21	8,78	1,23	100,67	-9,67	90,33	0	0
Haziran	16	29,8	14,92	1,24	214,64	-198,64	0	108,31	0
Temmuz	1,6	34,7	18,79	1,26	302,01	-300,41	0	300,41	0
Ağustos	1,6	34,6	18,70	1,18	201,17	-199,57	0	199,57	0
Eylül	11,2	27,1	12,92	1,04	146,91	-135,71	0	135,71	0
Ekim	68,6	19,9	8,1	0,96	70,03	-1,43	0	1,43	0
Kasım	88,2	11,6	3,58	0,84	19,31	68,89	68,89	0	0
Aralık	119,6	5,7	1,22	0,82	4,12	115,48	100	0	84,37
Toplam	909,7		97,94		1215,04			745,43	520,09
YEİ= 6									

*yağışların arttığı senaryo

Tablo 3.15 2050 yılı için RCP4.5 + yağış ↑* senaryosuna göre Diyarbakır'a ait su bilançosu tablosu

Aylar	Yağış (mm)	Ortalama sıcaklık (°C)	Sıcaklık indisi (i)	Enlem düzeltme faktörü	PE	Su dengesi	Su haznesi	Su eksikliği	Su fazlalığı
Ocak	123,5	4	0,71	0,85	2,18	121,32	100	0	121,32
Şubat	119,6	6	1,32	0,84	5,06	114,54	100	0	114,54
Mart	126,1	10,9	3,25	1,03	21,73	104,37	100	0	104,37
Nisan	123,5	15,7	5,65	1,11	50,38	73,12	100	0	73,12
Mayıs	84,5	21	8,78	1,23	102,83	-18,33	81,67	0	0
Haziran	16	28,8	14,17	1,24	201,23	-185,23	0	103,56	0
Temmuz	1,6	33,7	17,97	1,26	284,40	-282,8	0	282,8	0
Ağustos	1,6	33,6	17,89	1,18	264,69	-263,09	0	263,09	0
Eylül	11,2	27,1	12,92	1,04	148,53	-137,33	0	137,33	0
Ekim	68,6	19,9	8,1	0,96	71,68	-3,08	0	3,08	0
Kasım	88,2	11,6	3,58	0,84	20,19	68,01	68,01	0	0
Aralık	119,6	5,7	1,22	0,82	4,43	115,17	100	0	83,18
Toplam	884		95,56		1177,33			789,86	413,35
YEİ= -5									

*yağışların arttığı senaryo

Diyarbakır için çeşitli senaryolar için oluşturulan yağış etkinlik indeksi tablo 3.16'da verilmiştir. Tablo 3.9'a göre Diyarbakır'ın şu anki Thornthwaite yağış indeksine göre çıkan değeri, iklimin yarı kurak ve az nemli olduğunu gösteriyor. 2050 yılında RCP4.5 ve RCP8.5 yağışların azaldığı senaryolar için bulunan yağış etkinlik indeksine göre Diyarbakır'ın iklimi yarı kuraktır. RCP4.5 ve yağışların arttığı senaryoya göre ise yarı kurak ve az nemli iklim görülmektedir. Son olarak RCP8.5 yağış artışı senaryosuna göre ise Diyarbakır ikliminin yağış indeksine göre yarı nemli olduğu tablo 1.14'e göre belirlenmiştir.

Tablo 3.16 Su bilançosu tablolarına göre yağış etkinlik indeksi değerleri

YEİ (Thornthwaite yağış etkinlik indeksi)					
	2021	2050			
Şehir	Günümüz	RCP4.5 yağış azalışı	RCP8.5 yağış azalışı	RCP4.5 yağış artışı	RCP8.5 yağış artışı
Diyarbakır	-4	-28	-32.	-5	6

4.7 Şişen zeminlere oturan döşeme tasarımı için gerekli parametrelerin bulunması

Zemine oturan döşemeler, maksimum zemin hareketi, döşemede meydana gelen maksimum kesme kuvveti ve maksimum eğilme kuvvetine göre tasarlanmalıdır. Bunlar şöyle sıralanabilir:

1-Döşeme yükü (ölü ve canlı yük)

2-döşeme uzunluğu (kısa ve uzun kenar uzunluğu)

3-Döşeme plağının kalınlığı (iklimsel olaylardan etkilenen parametre)

4-*em* (iklimsel olaylardan etkilenen parametre) (Köşesel nem değişim indeksi) (Thornthwaite yağış indeksi ile ilişkilidir).

5-*ym* (iklimsel olaylardan etkilenen parametre) (diferansiyel kabarma)

6-Thornthwaite yağış indeksi (İklimsel parametre, aktif zon derinliği ile ilişkilidir).

7-Döşemeye etkileyen kısa ve uzun doğrultudaki momentler(*ML*) ve *MS*)

8-Döşemeye etkileyen kesme kuvveti (*VL*)

9-Alt zeminin geoteknik karakteristikleri (kil türü, miktarı, permeabilite, sabit emme derinliği, *em*).

Yukarıdaki değerlerden sadece momentler, *ym* ve *em* , kesme kuvveti, döşeme kalınlığı, iklim senaryolarındaki değişimi dikkate alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Bunun için Post tensioning institute metodunun 2.versiyonundaki adımlar izlenerek bu parametrelerin yaklaşık değerleri bulunmuştur.

Şişen zeminlere oturan döşemelerin tasarımı için belirli tasarım parametrelerinin bilinmesi gerekir. Bu parametrelerin üçü zemine ait beşi de yapıya ait parametrelerdir. Bundan dolayı diferansiyel kabarma (y_m) ve köşesel nem değişim indeksinin (e_m) bilinmesi gerekir. Üzeri döşeme veya radye temelle kaplı olan şişen zeminlerdeki kabarma, ya merkezi ya da köşesel kabarma şeklinde gerçekleşir. Hem diferansiyel kabarma hem de köşesel nem değişim indeksi için merkezi ve köşesel kabarmanın tasarım için bulunması gerekir. PTİ klavuzunda yer alan bilgiler doğrultusunda y_m ve e_m değerlerinin nasıl bulunacağı aşağıdaki gibi verilmiştir. Öncelikle e_m değerinin bulunması için şekil 3.7'deki grafik kullanılmalıdır. Bu şekilde Thornthwaite yağış etkinlik indekisinin bilinmesi gerekir. Daha sonra bu indeks değerine göre e_m değeri bulunmuş olur. Fakat e_m değeri hem merkezi hem de köşesel kabarma durumları için bulunmalıdır. Diğer bir önemli parametre ise y_m değerinin bulunmasıdır. Bu değerin bulunması için bazı zemin parametrelerinin bilinmesi gerekir. Bu parametreler; kilin türü ve miktarı, sabit zon derinliği, y_m , e_m , denge hali zemin emmesinin şiddeti, zemin permeabilitesidir. Bu değerlerin bilinmesiyle diferansiyel kabarma bulunabilir. Aşağıda sırasıyla bu parametrelerin nasıl bulunduğu sırasıyla açıklanmıştır.

1-Öncelikle tablo 3.16'dan bir Thornthwaite yağış etkinlik indeksi seçilir.

2-Şekil 3.7'deki grafikten e_m , hem merkezi hem de köşesel kabarma durumu için bulunur.

3-Zemindeki kil türü ve miktarı bulunur. Kilin türü ise şöyle bulunabilir.

a-Zeminin plastik limiti ve plastisite indisi bulunmalıdır.

b-No 200'den geçen miktara göre kil yüzdesi belirlenmelidir.

c-Kilin aktivitesi belirlenir. Bunun için denklem 3.1 kullanılır.

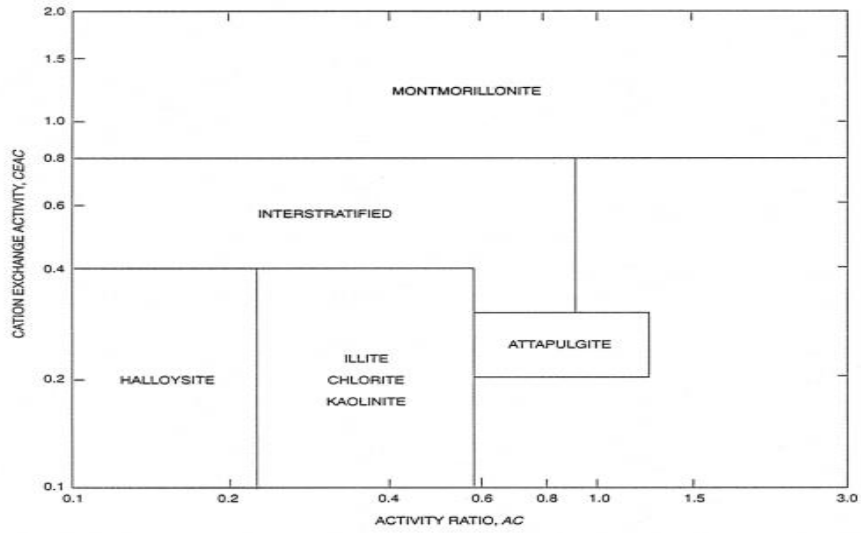
d-Katyon değişim aktivitesi denklem 3.2 kullanılarak bulunur.

$$A_c = \frac{PI}{No\ 200'den\ geçen\ yüzde \leq 0.002mm} \quad (3.1)$$

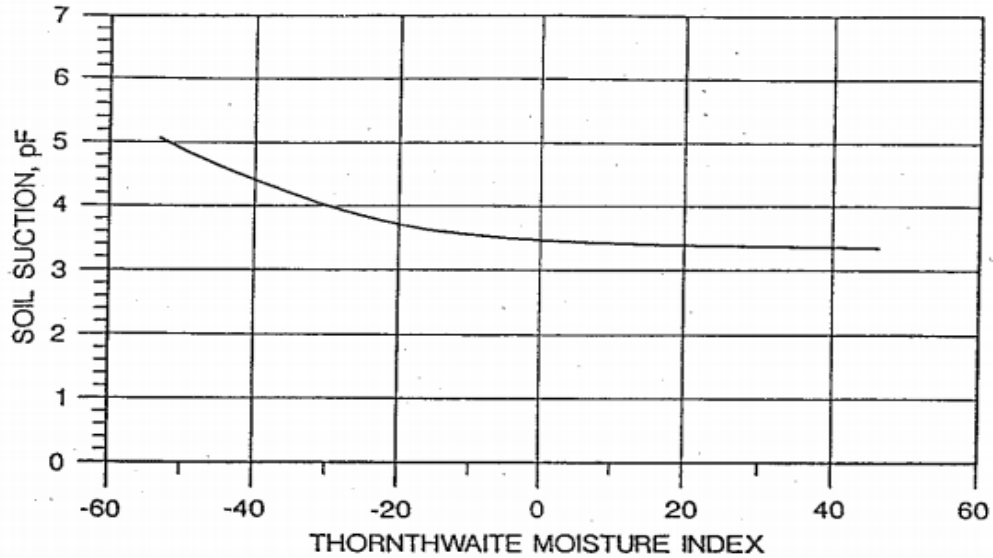
$$CEAC = \frac{PI^{1.17}}{No\ 200'den\ geçen\ yüzde \leq 0.002mm} \quad (3.2)$$

e-Kilin aktivitesi ve katyon değişim aktivitesi bulunduktan sonra şekil 3.14'den faydalanılarak hakim kil minerali bulunur.

f-Sabit zon derinliği bulunur. Yani aktif zon tabakasının kalınlığı bulunur. Bu değerin laboratuvarıda elde edilmesi zordur. Bunun için şekil 3.15'deki grafik kullanılır. Yağış etkinlik indeksinin bilinmesiyle, bu değer kolay bir şekilde bulunur. Fakat bu değer nadiren 3.6 pF değerini geçer.



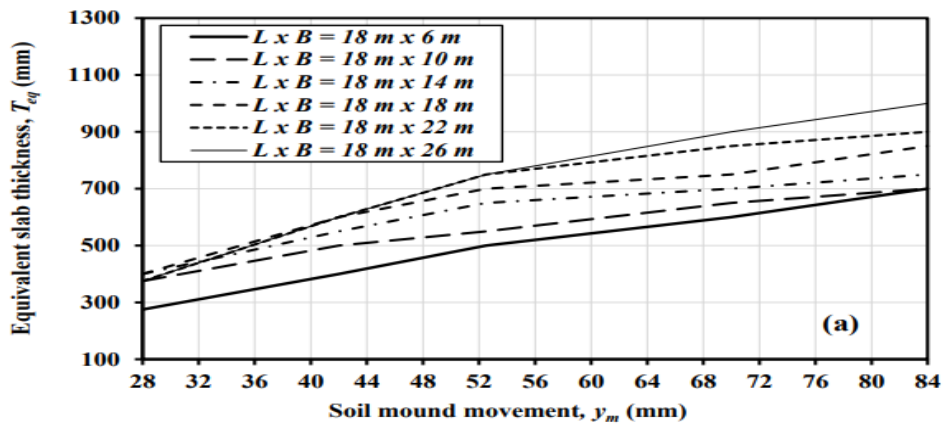
şekil 3.14 Kil aktivitesi ve katyon değişim oranı yardımıyla kilin türünü belirleyen izelge (Wray, after Peering and Holtz, 1978)



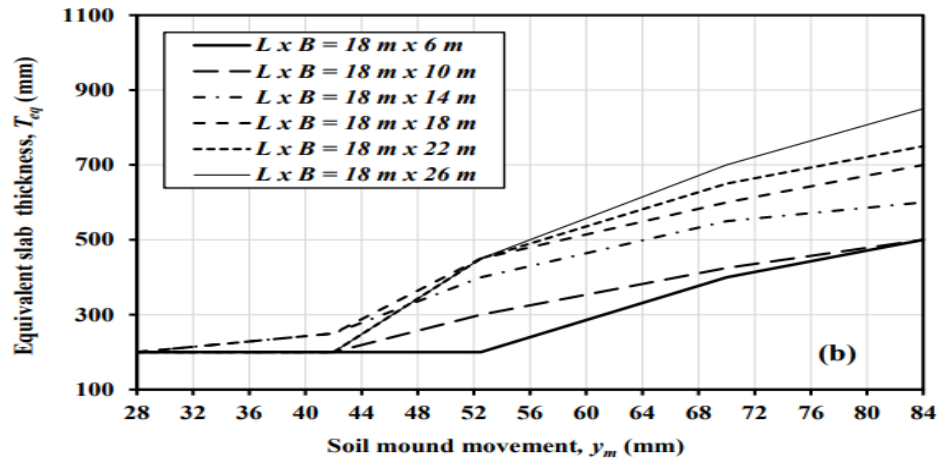
şekil 3.15 Zemin emme şiddetinin Thornthwaite yağış indeksiyle değişimi

g-Su geçirirliiği Thornthwaite yağış etkinlik indeksinin yarı değeri olarak alınabilir. Bu değer 12.7 mm/ay değerinden az 17.8 mm/ay değerinden fazla olamaz.

h-Tüm bu değerler bulunarak Ek 2’de verilen abak yardımıyla y_m değeri bulunmuş olur. Bu değer hem merkezi kabarma hem de köşesel kabarma durumları için ayrı ayrı bulunmalıdır. Şişen zemine oturan döşemenin kalınlığı, programın olmayışından dolayı daha önceden literatürde yapılan çalışmalardan elde edilen korelasyonlar kullanılarak yaklaşık değerleri bulunmuştur. Bu korelasyonlar şekil 3.16 ve 3.17’da gösterilmiştir.



Şekil 3.16 Döşeme boyutlarının ve diferansiyel zemin hareketinin, döşemenin kalınlığına olan etkisi: merkezi kabarma durumu için (Shams, 2019)



Şekil 3.17 Döşeme boyutlarının ve diferansiyel zemin hareketinin, döşemenin kalınlığına olan etkisi: köşesel kabarma durumu için (Shams, 2019)

Bu grafiklerden yararlanılarak her y_m değeri için döşeme kalınlığının tahmini ve yaklaşık değerleri bulunmuştur. Bulunan değerler döşeme boyutlarının 18X18 olduğu durum için bulunmuştur. Söz konusu y_m parametresinin grafiğe göre değeri olmadığı zaman bu parametrenin en yüksek değerine göre hesap yapılmıştır. Diferansiyel şişme (kabarma) bulunurken sabit zon derinliğinin 2.1m olduğu varsayılmıştır. Çünkü laboratuvarından elde edilmiş bir sabit zon derinliği yoktur. Bunun için abakta yer alan en yüksek zon tabakası derinliği olan 2.1 m kullanılmıştır. Zemin emmesinin değeri de Thornthwaite yağış etkinlik indeksinin değerine göre şekil 3.15'deki grafikten bulunmuştur. Zemin permeabilitesi ise yağış etkinlik indeksinin yarı değeri olarak alınabilir. Bu değer cm/yıl olarak elde edildiği varsayılır. Fakat cm/ay cinsine çevrilip kullanılmalıdır. Bu sayede tablo 3.17, tablo 3.18, tablo 3.19, tablo 3.20 ve tablo 3.21'de, bulunan tüm parametreler farklı iklim senaryoları için gösterilmiştir.

Tablo 3.17 Güncel Thornthwaite yağış indeksi için bulunan y_m ve e_m değerleri

Durum	YEİ	Zemin emmesi (pf)	e_m (m)	y_m (m)	Tahmini döşeme kalınlığı (mm)
Merkezi kabarma	-4	3.4	1	0.09	700
Köşesel kabarma		3.4	0.75	0.07	400

Tablo 3.18 Thornthwaite yağış indeksinin -28 olduğu değer için bulunan y_m ve e_m değerleri

Durum	YEİ	Zemin emmesi (pf)	e_m (m)	y_m (m)	Tahmini döşeme kalınlığı (mm)
Merkezi kabarma	-28	3.6	1.32	0.28	720
Köşesel kabarma		3.6	0.6	0.14	500

Tablo 3.19 Thornthwaite yağış indeksinin -32 olduğu değer için bulunan y_m ve e_m değerleri

Durum	YEİ	Zemin emmesi (pf)	$e_m(m)$	$y_m(m)$	Tahmini döşeme kalınlığı (mm)
Merkezi kabarma	-32	3.6	1.44	0.3	800
Köşesel kabarma		3.6	0.6	0.14	500

Tablo 3.20 Thornthwaite yağış indeksinin -5 olduğu değer için bulunan y_m ve e_m değerleri

Durum	YEİ	Zemin emmesi (pf)	$e_m(m)$	$y_m(m)$	Tahmini döşeme kalınlığı (mm)
Merkezi kabarma	-5	3.6	1.08	0.07	680
Köşesel kabarma		3.6	0.75	0.05	280

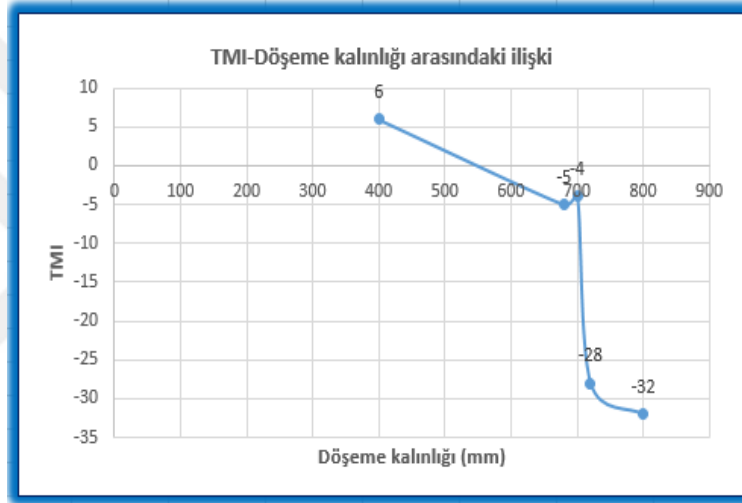
Tablo 3.21 Thornthwaite yağış indeksinin 6 olduğu değer için bulunan y_m ve e_m değerleri

Durum	YEİ	Zemin emmesi (pf)	$e_m(m)$	$y_m(m)$	Tahmini döşeme kalınlığı (mm)
Merkezi kabarma	6	3.4	0.93	0.03	400
Köşesel kabarma		3.4	1.08	0.04	200

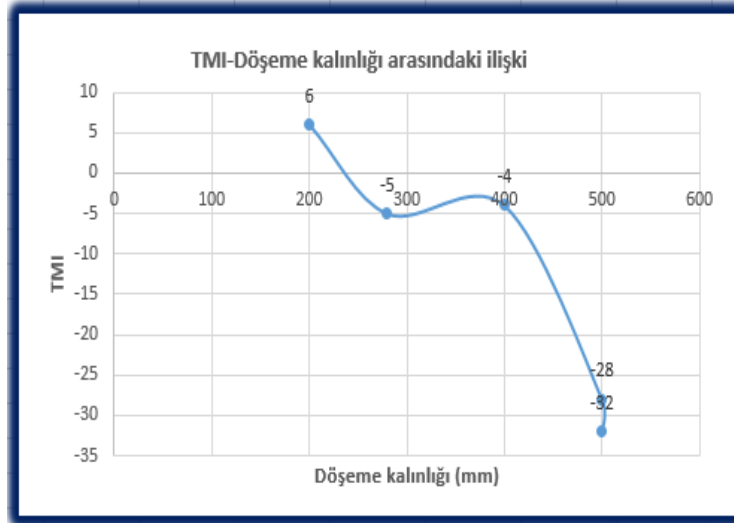
Zemine oturan döşemelerin tasarımı için gerekli parametreler aşağıda varsayılan değerler göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Bu değerler yaklaşık olup çok yaygın olarak bu tür döşemeler için kullanılan değerlerdir. Merkezi şişme durumu daha kritik çıktığı için tasarım bu duruma göre yapılmıştır. Bu değerler tablo 3.22’de gösterilmiştir. Döşeme kalınlığı=0,05m, Döşeme uzun kenarı=18m, Döşeme kısa kenarı=18m; Döşemeye etkiyen toplam yük=1 MPa=1000KN. Ayrıca parametrelerin iklimle nasıl değiştiğini daha iyi anlayabilmek için şekil 3.18; şekil 3.19; şekil 3.20; şekil 3.21; şekil 3.22; şekil 3.23; şekil 3.24; şekil 3.25; şekil 3.26 ve şekil 3.27’de değişik karşılaştırmalar grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 3.22 Zemine oturan döşemeler için gerekli parametrelerin iklimsel senaryolardaki değerleri

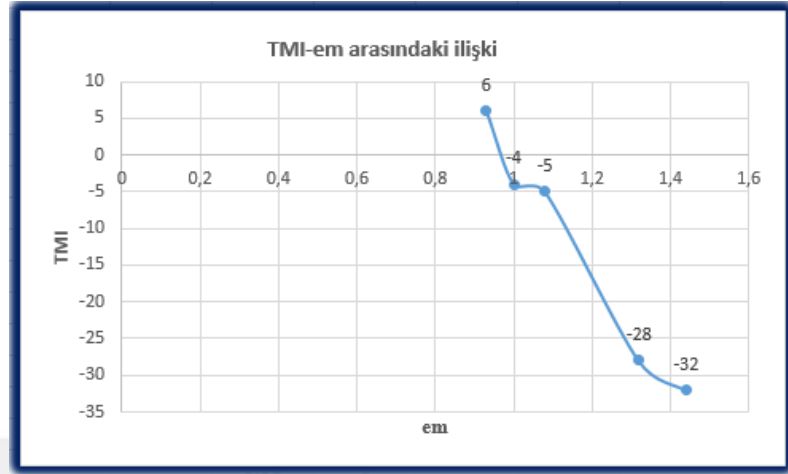
Thornthwaite yağış indeksi	em	ym	ML=MS	VL
6 (RCP8.5)	0.93	0.03	0.0082	15.07
-4 (Günümüz)	1	0.09	0.011	19.22
-5 (RCP4.5)	1.08	0.07	0.012	19.83
-28 (RCP4.5)	1.32	0.28	0.019	29.83
-32 (RCP8.5)	1.44	0.3	0.022	32.70



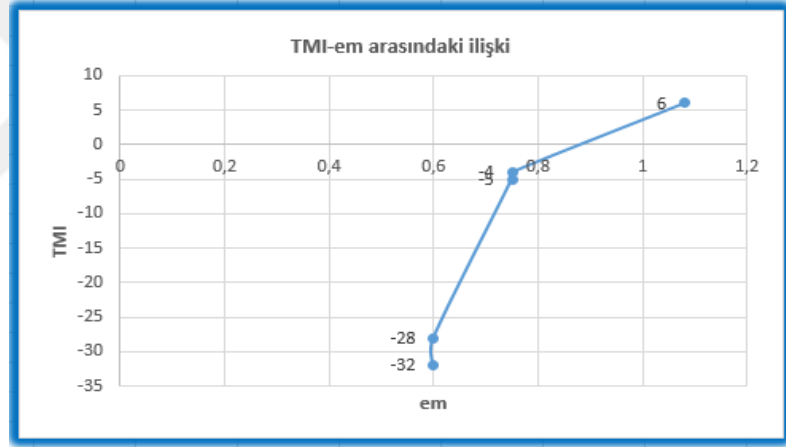
Şekil 3.18 Merkezi kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile döşeme kalınlığı arasındaki ilişki



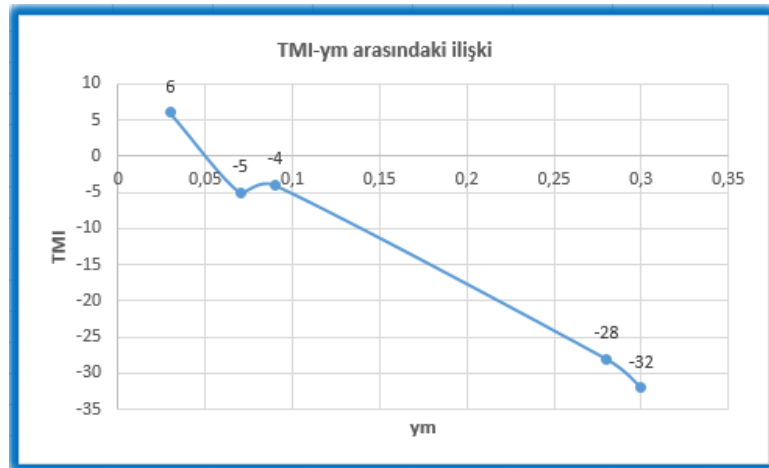
Şekil 3.19 Köşesel kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile döşeme kalınlığı arasındaki ilişki



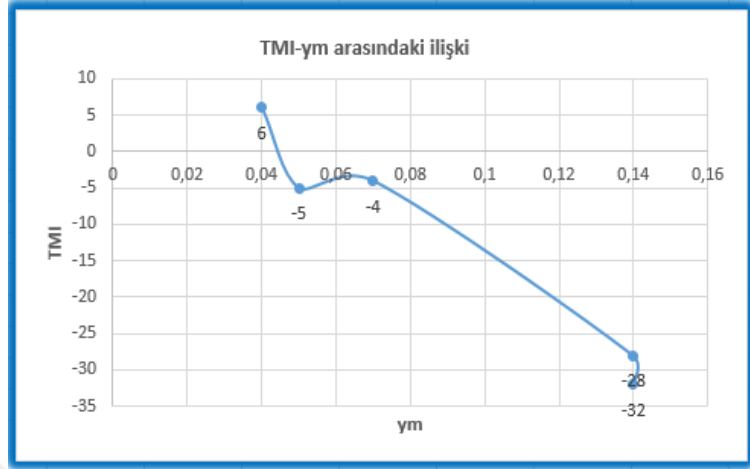
Şekil 3.20 Merkezi kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile em arasındaki ilişki



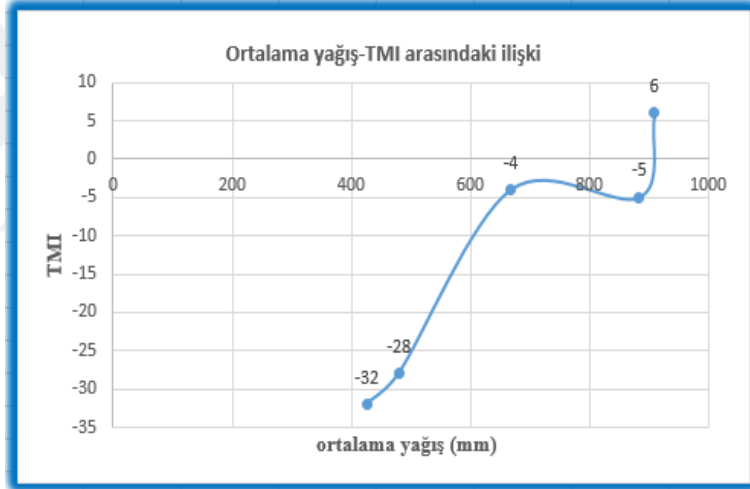
Şekil 3.21 Köşesal kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile em arasındaki ilişki



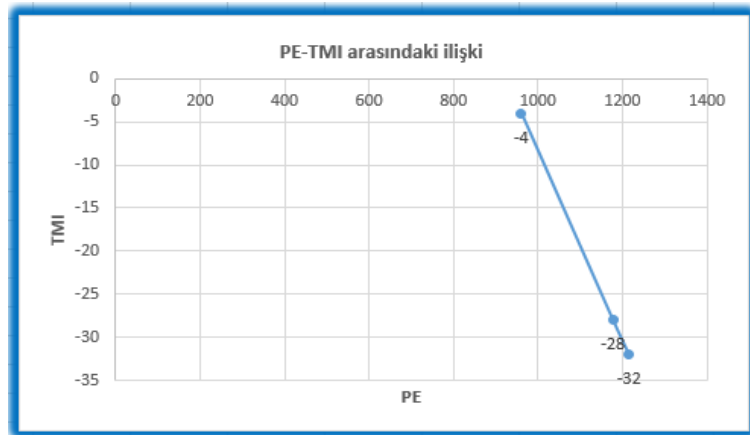
Şekil 3.22 Merkezi kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile ym arasındaki ilişki



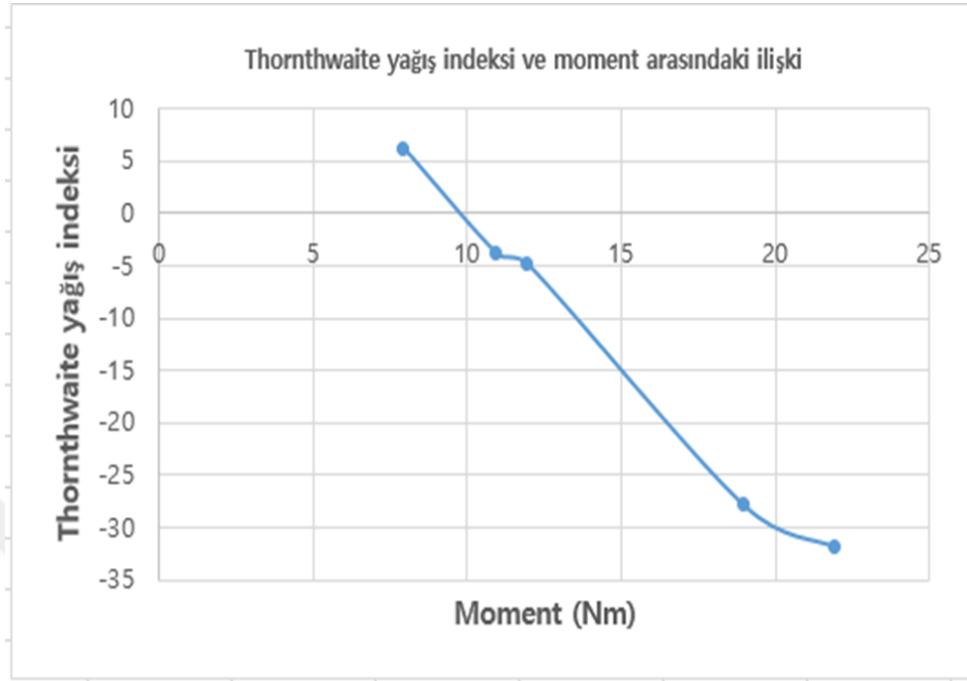
Şekil 3.23 Köşesal kabarma durumu için Thornthwaite yağış indeksi ile ym arasındaki ilişki



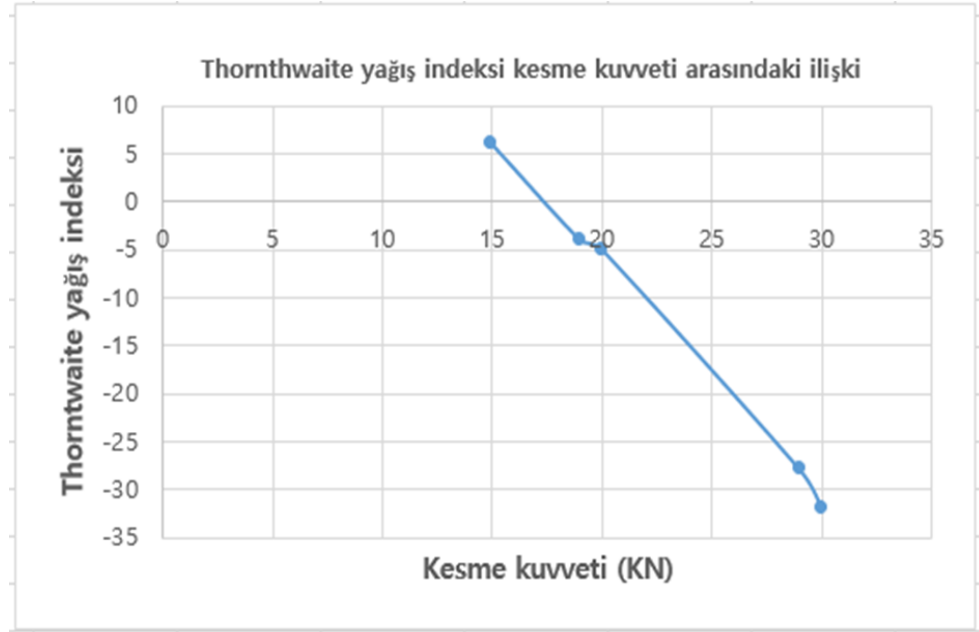
Şekil 3.24 Ortalama yıllık yağış ile Thornthwaite yağış indeksi arasındaki ilişki



Şekil 3.25 Potansiyel evapotranspirasyon ile Thornthwaite yağış indeksi arasındaki ilişki



Şekil 3.26 Thornthwaite yağış indeksi ile döşemeye etkiyen moment arasındaki ilişki



Şekil 3.27 Thornthwaite yağış indeksi ile döşemeye etkiyen kesme kuvveti arasındaki ilişki

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Literatürden ve deneysel sonuçlardan elde edilen veriler karşılaştırıldığında ve üç farklı lokasyona ait verilerin tane boyu dağılımı ve hidrometre analizleri incelendiğinde bazalt üstü kilinin CH (yüksek plastisiteli kil) sınıfına girdiği görülmüştür.” Diyarbakır bazalt üstü kilinin hakim minerali smektittir (montmorillonit)” (Taşkiran ve Kayadelen, 2005). Bu kil daha önceden literatürden ele edilen verilerle karşılaştırıldığında hakim mineral yapısı aynı çıkmaktadır. Önceki çalışmalarda Diyarbakır merkezde iki farklı lokasyondan elde edilen deneysel çalışmalarda hakim mineral yapısının smektit + kloritten oluşan karışık tabakalı kil olduğu görülmüştür. Bunun asıl sebebi ise bazalt ortamının yüksek kotlarda olması dolayısıyla ortama rüzgâr, yağmur vb. etkilerle yabancı malzeme taşınmasının güçleşmesidir. Bu yüzden bazaltlar üzerindeki kahverengi ve kırmızımsı bazaltüstü kilinin geniş çevrelerde benzer özellikler göstereceği belirtilmiştir. Diyarbakır bazalt üstü kilinin hakim minerali smektit olduğundan şişme özelliğine sahip kil sınıfına girmektedir. Seed (1962) grafiğinde zeminlerin şişme derecesini kil yüzdesi ve kil aktivitesi arasındaki ilişkiye dayandırmıştır. Söz konusu kil, bu grafikten yararlanıldığında yine yüksek şişme derecesine sahip olduğu görülmektedir. Söz konusu kilin aktivite değerine bakıldığında normal killer sınıfına girmektedir. Söz konusu kilin şişme potansiyeli niteliksel yöntemlerle değerlendirildiğinde kullanılan tüm korelasyonlarda kilin yüksek ya da çok yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Tablo 3.8’de çeşitli indeks özelliklerine göre kilin şişme derecesi belirlenmiştir. Diyarbakır ikliminin yarı kurak olmasından dolayı kilin yapısında gözle görülebilir büyük ve geniş çatlaklar farkedilmiştir. Bu çatlakların çok ve geniş yarıklar şeklinde olması, zeminin su ihtiyacının çok fazla olduğunun göstergesidir. Bu da zemin su aldığı anda suyun zeminde geniş alanlara yayılmasına sebep olacağı ve zeminin şişme potansiyelini arttıracak tahmin edilmektedir.

Mevcut kilin şişme özelliğini belirlemek için örselenmemiş numune üzerinde gerçekleştirilen sabit hacimli şişme (CVS) ve serbest şişme (FS) deneyleri sonucu; şişme yüzdesinin 2.43 olduğu şişme basıncının 0.349 kgf/cm² olduğu görülmüştür. Taşkiran (2000) yaptığı çalışmada bu kilin üst yapılara orta derecede hasar verebileceğini ortaya

çıkarmıştır. Ayrıca yollar, az katlı yapılar, zemin üstü döşemelerinin ve duvarların hasar aldığı tespit edilmiştir. Deneysel çalışmalardan ve literatürden elde edilen şişme değerleri niteliksel yöntemlerden elde edilen aralıklar dahilinde olduğu için ön çalışmalarda dikkate alınabilir. İnceleme alanında yapılan çalışmalarda kayaçlarda ayrışma derecesinin bazalt birimi için W3, orta derecede ayrışmış ve W2, az ayrışmış sınıfına girmektedir. Karotlar üzerinde yapılan deneyler kapsamında RQD sonuçları değer aralığının %28 ile %72 arasında olduğu görülmektedir. Diyarbakır için güncel iklim verileriyle oluşturulan su bilançosu tablosundan elde edilen Thornthwaite yağış etkinlik indeksine göre, Diyarbakır'ın iklimi yarı kurak az nemlidir. Thorntwaite yağış indeksi azaldıkça döşeme kalınlığı artmıştır. Yani günümüzde inşa edilen bir zemin üstü döşemesinin kalınlığı, 2050 yılında inşa edilecek olan döşemenin kalınlığından azdır. em ve ym parametrelerinin artması gelecekte inşa edilecek olan zemin döşemelerinin daha büyük momentlere göre tasarlanmasına sebep olacaktır. Momentin fazla çıkması demek yapının daha fazla hareket etmesi anlamına gelir. Fazla moment ise fazla donatıyla azaltılabilir. Bu da yapının maliyetini arttırır.

RCP4.5 (CO₂ konsantrasyonunun 2100 yılına kadar 650 ppm'ye ulaşılması varsayılan senaryo) senaryosuna göre ve yağışların %20 -%60 aralığında azalacağı, sıcaklıkların ise 1,5-5 aralığında artacağı tahmin edilen iklim senaryosuna göre, Diyarbakır için 2050 yılına ait su bilançosu tablosu oluşturulmuştur. Bulunan yağış etkinlik indeksi değerine göre Diyarbakır ikliminin yarı kurak olduğu tablo 1.14'e bakılarak anlaşılmaktadır. Bu da Diyarbakır ikliminin 2050 yılında kurak olacağı anlamına gelmektedir. Yine aynı şekilde RCP8.5 senaryosuna göre (aşırı derecede sera gazı salınımının olacağı senaryo) yağışların %20 -%60 aralığında azalacağı, sıcaklıkların ise 1,5-5 aralığında artacağı tahmin edilen iklim projeksiyonuna göre, Diyarbakır için 2050 yılına ait su bilançosu tablosundan elde edilen yağış etkinlik indeksi bulunmuştur. Diyarbakır ikliminin yine yarı kurak çıktığı tablo 1.14'e bakılarak anlaşılmaktadır. Fakat RCP4.5 senaryosuyla oluşturulan su bilançosu tablosundan elde edilen Thornthwaite yağış etkinlik indeksi değeri RCP8.5 senaryosu için oluşturulan değerden daha fazla çıkmıştır. Bu da RCP8,5 senaryosunun RCP4.5 senaryosuna göre daha kötü bir senaryo olduğunu göstermektedir.

Ayrıca RCP8.5, sera gazı salınımının aşırı artacağı senaryo olduğu için sıcaklıkların aşırı artması anlamına gelir. Thornthwaite yağış etkinlik indeksi de sıcaklıkla yani kuraklıkla ilgili bir parametre olduğundan bu değer de RCP8.5 senaryosuna göre daha çok azalacağı anlamına gelir. RCP4,5 ve sıcaklıkların 1,5-5 aralığında artacağı ve yağışların %30-%60 arasında artacağı iklim projeksiyonuna göre oluşturulan su bilançosu tablosundan yararlanılarak Thornthwaite yağış etkinlik indeksi elde edilmiştir. Bulunan bu değere göre Diyarbakır'ın iklimi yarı kurak yarı nemlidir. RCP8.5 senaryosuna göre ise Diyarbakır'ın 2050 yılındaki iklimi yarı nemli olarak bulunur. Bu senaryolarda indeks değerinin önceki değerlerinden fazla çıkması sıcaklıkla beraber yağışların artmasıdır. Çünkü yağışların artmasıyla beraber zeminin su rezervinin artması tahmin edilmektedir. Dolayısıyla bu da Thornthwaite ait yağış indeks değerinin artmasına sebep olmaktadır. Tüm bu senaryolar dikkate alındığında yağışların ve sıcaklıkların azalacağı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları için Thornthwaite yağış etkinlik indeksinde ciddi bir azalma görüldüğü ortaya çıkmıştır. Ayrıca indeks değeri ne kadar negatif çıkarsa iklimin o kadar kurak olduğu önceki bölümlerde ele alınmıştır. Dolayısıyla Diyarbakır ilinin gelecekte ciddi bir kuraklıkla karşı karşıya kalacağı bu hesaplamalar sonucu tahmin edilmektedir. Ayrıca CO₂ konsantrasyonunun artması Thornthwaite yağış etkinlik indeksinin değerini kaydadeğer bir şekilde etkilemektedir. Örneğin iklim senaryolarında en kötü senaryo olan RCP8.5, CO₂ konsantrasyonunun en yüksek değerde olacağı senaryodur. Dolayısıyla RCP8.5 senaryosuna göre oluşturulan Thornthwaite yağış etkinlik indeksi RCP4.5 senaryosuyla oluşturulandan hep daha küçük değerler almıştır. Bunun da CO₂ konsantrasyonuna bağlı olarak sıcaklıkların aşırı artması anlamına gelir ve dolayısıyla da yağış indeksini önemli ölçüde etkiler. Diyarbakır için en kötü senaryo olan RCP8.5 için elde edilen yağış indeksi -32 olup Diyarbakır için bulunan en düşük indeks değeridir. Yine aynı senaryo ve yağışların arttığı duruma göre ise bu değer +6 olup Diyarbakır için bulunan en yüksek indeks değeridir. Yağışların artması, Thornthwaite yağış etkinlik indeksi değerinin de artmasına sebep olmuştur. Şişen zeminlere oturan döşeme tasarımı için gerekli olan e_m ve y_m parametreleri 5 farklı Thornthwaite yağış etkinlik indeksi değeri için bulunmuştur. İki parametrenin sonuçları hem köşesel hem de merkezi kabarma durumu için karşılaştırıldığında e_m değerinin hep y_m değerinden büyük çıktığı

görülmüştür. Bunun sebebi kuraklığa bağlı olarak zemin döşemesinin su ihtiyacının artmasına bağlı olarak suya duyulan derinliğin artmasıdır. Bulunan y_m değerleriyle döşeme kalınlığı değerlerine bakıldığında, hem merkezi hem de köşesel kabarma durumları için bulunan y_m parametrelerinin değerinin artmasıyla döşeme kalınlığının da kaydadeğer bir şekilde arttığı görülmüştür. Bunun sebebinin ise döşeme temelindeki diferansiyel hareketin azaltılması için zeminin diferansiyel hareketine karşı döşemenin atalet momentini, yani kalınlığını arttırması gerektiğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Çünkü ancak bu şekilde aşırı deformasyonlar önlenmiş olur. Tüm senaryolardan elde edilen veriler doğrultusunda merkezi kabarma durumu köşesel kabarma durumuna göre tasarımda daha kritiktir. Örneğin aynı döşeme boyutları, aynı yükleme koşullarında; merkezi kabarma durumu için gerekli döşeme kalınlığı, köşesel kabarma durumu için gerekli döşeme kalınlığından daha yüksek çıkmıştır. Thronthwaite yağış etkinlik indeksinin negatif olduğu durumlarda e_m ve y_m parametrelerinin değeri, merkezi kabarma durumunda, köşesel kabarma durumundaki değerinden hep büyük çıkmıştır. Bu da merkezi kabarma durumunun tasarımda en önemli rolü oynadığını kanıtlamaktadır. Sonuç olarak iklimsel değişimler etkisini birçok şekilde göstermektedir. Aynı şekilde iklimin, yapıların tasarımına da önemli ölçüde etki ettiği bu çalışmada görülmüştür. Özellikle zeminle bağlantılı olan yapı elemanları iklimden en çok etkilenen kısımlardır. Özellikle temeller ve zemin döşemeleri zeminle bağlantısı direkt olduğundan dolayı iklimsel olaylardan daha çok etkilenirler. Bunu önlemek için çeşitli önlemler alınsa da uzun vadede dayanıklılıkları ve uzun ömürlü olmaları için yeterli olmayabilir. Uzun vadede dayanıklı ve uzun ömürlü yapılar elde edilmek isteniyorsa iklim parametrelerinin de tasarım aşamasında göz önünde bulundurulması mühendisler için önem kazanmalıdır. Bu çalışmada da görüldüğü üzere iklimsel değişimlere bağlı olarak meydana gelen kuraklık döşemenin kalınlığını arttırmıştır. Bunun sebebi ise zeminin ileride daha fazla diferansiyel hareket yapacağından dolayı kalınlığın arttırılmasıdır. Mühendislerin yapıların tasarım aşamasında iklimsel indeksleri de hesaba katarak uygun yapı için gerekli parametreleri bulabilirler. Analizler değerlendirildiğinde, zemin-atmosferik sınırların geoteknik yapıların stabilitesini etkilemektedir. Bu yüzden iklimsel değişimler tasarımda dikkate alınmalıdır. Parametreler değerlendirildiğinde iklimin değişimine bağlı olarak

zeminde de önemli derece hareket olmuştur. Mühendislerin iklimsel olayları da temel ve döşeme tasarımında kullanmaları gerekir. Bunun için yeni bir standart geliştirebilirler .Bu sayede olası yapı hasarlarından en az derecede etkilenilmiş olunur. Söz konusu döşeme için bulunan parametreler yaklaşık korelasyonlardan elde edilmiştir. Yani iklimsel olaylar ve zeminin etkileşimi biraz basitleştirilmiş olup bu çalışma ileride yeniden değerlendirilmeli ve yeniliklere gidilmelidir. İklim projeksiyonları Türkiye için gelecekte sıcaklığın kaç derece artacağını ve yağışların ne kadar azalacağını göstermektedir. Fakat Diyarbakır ili için sıcaklığın ya da yağışın ne kadar değişeceği ile ilgili bir tahminde bulunulmamıştır. Bu yüzden çalışmada Türkiye için hazırlanan projeksiyona göre su bilançoları oluşturulmuştur. İleride her il için iklim projeksiyonları oluşturulursa bu sayede daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir. Tezde Thornthwaite yağış indeksine göre belirlenen zemin emmesi değerleri tamamen korelasyonlara dayanmaktadır. Zemin emmesi laboratuvarında elde edilmesi zor olduğundan ve gelecekteki iklim olaylarıyla nasıl değişeceği laboratuvarında belirlenemeyeceğinden korelasyonlar kullanılmıştır.Daha güvenilir sonuçlar elde edilmek isteniyorsa zemin emmesinin güncel değeri bulunabilir. Tezde şişen zeminlere oturan art germeli döşemelerin tasarımı için gerekli zemin parametreleri korelasyonlar ve grafikler yardımıyla bulunmuştur. Fakat bu değerler bu tür döşemeler için geliştirilmiş program yaardımıyla bulunabilir. Bu parametrelerin dışında birçok gerekli parametre de kolay bir şekilde bulunabilir. Döşemenin tasarımı için gerekli momentlere bakıldığında, 2050 yılına ait gerekli moment değerleri, günümüzde kullanılan tasarım momentlerinden iki kat fazla çıkmıştır.Bunun da döşemenin eğilmeye karşı daha fazla moment harcaması demektir. Yani zeminin daha fazla hareket etmesi anlamına gelir. Ayrıca döşeme tasarımı için gerekli olan kesme kuvveti değerleri her senaryo için yaklaşık 2 kat artmıştır. Bundan da ileride döşemenin inşasında daha fazla donatı kullanılması gerekeceğini anlayabiliriz. Söz konusu kilin şişme potansiyeli niteliksel yöntemlerle değerlendirildiğinde kullanılan tüm korelasyonlarda kilin yüksek ya da çok yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Tablo 3.7’de çeşitli indeks özelliklerine göre kilin şişme derecesi belirlenmiştir. Fakat şunu da unutmamak gerekir ki bu korelasyonlar ampiriktir ve gerçeği tamamen yansıtmayabilirler. Bundan dolayı laboratuvarından elde edilen şişme parametreleri, şişmenin derecesini belirlemeye yarayan güvenilir

kaynaklardır. Çalışmada Thornthwaite yağış indeksini bulurken Thornthwaite'in 1948'de önerdiği formül kullanılmıştır. Fakat ilerleyen yıllarda bu indeksi bulurken farklı formüller geliştirilmiştir. Bu yüzden farklı formüllerin kullanılması farklı sonuçlar doğurabilir bu da bu tez çalışmasında çıkan değerlerden farklı sonuçlar elde edilmesine yol açar. 2050 yılı için oluşturulan su bilançosu tablosu tamamen iklim projeksiyonlarından elde edilen veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Bu da konuya biraz basit yaklaşıldığını göstermektedir. Yani sonuçlar tahmini değerlerdir gerçeği %100 yansıtmamaktadır.



KAYNAKLAR

- Ahmed, A. (2017). *Effects of climatic loading in flexible pavement subgrades in Texas*. Ph.D thesis, University of Texas Arlinguhjnton, Arlington, TX, USA.
- Altmeyer, W.T. (1955). Discussion of engineering properties of expansive clays. *Journal of the soil mechanics and foundations division*, ASTM, 17-19.
- Amakye, S.Y. ve Abbey, S.J. (2021). Understanding the performance of expansive subgrade materials treated with non-traditional stabilisers. *Clean Energy Technology*, 4, 100159.
- Arfen Ltd (b.t). Erişim tarihi:2 Aralık 2021. <http://arfen.com.tr/ard-germe-nedir-885>
- AS2870, (2011). *Residential slabs and footings*. Standards Australia, Sydney, Australia.
- Austroroads. (2004). *Impact of climate change on road infrastructure*. (AP-R243/04). Sydney, Australia.
- Birsoy, Y. ve Ölgem, M.K. (b.t.). Thornthwaite yöntemi ile su bilançosunun ve iklim tipinin belirlenmesinde bilgisayar kullanımı.
- Bölük, E. (2016). *Thronthwaite iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi*. Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Can, S.A. (2014). *Niğde yerleşim alanı killi zeminlerin şişme potansiyelinin belirlenmesi ve kireç ile iyileştirilmesi*. (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Climate.data.org (b.t). Erişim tarihi: 20 Aralık 2021. <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/diyarbak%C4%B1r/diyarbak%C4%B1r-285/>
- Coduto, D.P. (1994). Foundation design principles and practices. *Prentice Hall*, New Jersey, 641-663.
- Demircan, M., Gürkan, H., Arabacı, H., Eskioğlu, H., ve Coşkun, M. (2014). Climate change projections for Turkey: Three models and two scenarios. *8.Coğrafya sempozyumu*, Ankara.
- Demir, S. ve Kılıç, M. (2010). Şişen zeminlerin tanımlanması ve zemin iyileştirme yöntemleri. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 95-104.
- Docplayer, (b.t.). Erişim Tarihi: 1 Ocak 2022. <https://docplayer.biz.tr/39927054-Zemine-oturan-dosemeler-zemin-tarafından-tasınan-dosemeler-asma-dosemeler-yapının-diger-kisimleri-tarafından-tasınan-dosemeler.html>
- Dönmez, Y. (1984). Klimatoloji ve metodları. İ.T.Ü Coğrafya Enstitüsü, 102.
- Dye, H.B., vd., (2006). Geotechnical evaluation of the design of post-tensioned slabs on expansive soils using the PTI third edition procedure for Arizona conditions.

- Unsaturated soils, Geotechnical special publication*, 147, 355-366.
- Erguvanlı, K. (1982). *Mühendislik jeolojisi* (1227). İ.T.Ü, İstanbul.
- Ercan, T., vd., (1991). *Karacadağ volkanitlerinin jeolojisi ve petrolojisi*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Fityus, S., Walsh, P., ve Kleeman, P. (1998). The influence of climate as expressed by the Thornthwaite index on the design depth of moisture change of clay soils in the Hunter Valley. *Conference on geotechnical engineering and engineering geology in the Hunter Valley*. Springwood, Australia.
- Forouzan, A.J. (2016). *Prediction of swelling behaviour of expansive soils using modified free swell index, methylene blue and swell odeometer tests*. (Yüksek lisans tezi). ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gibbs, H.J. (1969). Discussion, Proceedings of the speciality session no 3 on expansive soils and moisture movement in partly saturated soils, *Seventh International Conference on soil mechanics and foundation engineering*, Mexico City.
- Grim, R.E (1959). Physico chemical properties of soils: Clay minerals. *Journal of the soil mechanics and foundations division, ASCE*, 85, 1-17.
- Gromko, G.J. (1974). Review of expansive soils. *Journal of the geotechnical engineering division* , ASCE, 100, 667-687.
- Holtz, W. G. ve Gibbs, H. J. (1956). Engineering properties of expansive clays. *Transactions of ASCE*, 121, 641-663.
- Holtz, R.D. ve Kovacs, W.D. (1981). *Introduction to geotechnical engineering*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, USA.
- Hişmanoğlu, E. (2006). *Şanlıurfa Germuş yöresi killilerinin özellikleri ve şişme potansiyelinin irdelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- İkizler, S.B. (2018). A moisture index map of Turkey for design of slabs resting on expansive soils by the GIS approach. *Teknik dergi*, 521, 8731-8751.
- İkizler, S.B. ve Aytekin, M. (2001). Şiran yöresi kilinin geoteknik özellikleri, *10.Ulusal kil sempozyumu* (394-402). Konya.
- Karim, M.R., Hughes, D., Kelly, R. ve Lynch, K. (2019). A rational approach for modelling the meteorologically induced pore water pressure in infrastructure slopes. *Eur. J. Environ. Civ. Eng.*, 24, 2361-2382.
- Karunarathne, A.M.A.N, Gad, E., Disfani, M., Sivanerupan, S. ve Wilson, J.L (2016). Review of calculation procedures of Thornthwaite moisture index and its impact on footing design. *Australian geomechanics*, 51(1),85-95.

- Keskin, S.N., (1993). *İstanbul neojen kilinin şişme davranışına, ön konsolidasyonun, mineralojik özelliklerin ve çevresel faktörlerin etkisi*. (Doktora tezi). İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kryanski, L.M. (1973). The need for uniformity in testing of expansive soils.. *Proceedings of workshop on expansive clays and shales in highway design and construction* (vol.1).
- Leao, S.Z. (2014). Mapping potential risk for housing damage from ground movement due to climate change. *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, 5, 387-392.
- MTA, (b.t.). Erişim tarihi: 20 Kasım 2021. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kaolin>
- Mather, J.K. (1974). *Climatology: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hills, New York, USA.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (b.t.). Erişim tarihi: 30 Kasım 2021. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=DIYARBAKIR>
- Mitchell, J.K. (1974). *Fundamental of soil behaviour*. 2.Ed. Wiley, New York.
- Mitchell, P.W. (2012). Footing design for tree effects considering climate change, *Proceedings 2012 ANZ Geomechanics Conference* (290-295), Melbourne.
- Mitchell, P.W. (2013). Climate change effects on expansive soil movements, *In proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Paris, France.
- Michael, A.P. vd., (2016). Beyond agriculture: A review of the Thornthwaite Moisture index with respect to road pavements and other infrastructure applications. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(6), 528-540.
- Mollamahmutoğlu, M. ve Taşkıran, T. (2000). *Diyarbakır ili, Kayapınar-Yeniköy-Bağcılar yöresi kilinin şişme potansiyelinin irdelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Ankara.
- MTA, (2021). *Mika mineralinin özellikleri*. Maden Tetkik Arama Müdürlüğü, Ankara.
- Nelson, J. ve Miller, D.J. (1992). *Expansive soils: Problems and Practice in foundation and pavement engineering*. John Wiley and Sons, New York.
- Olaiz, A.H., vd. (2017). Comparison and applications of the Thornthwaite moisture index using GIS, *In proceedings of the PanAm Unsaturated soils* (280-289). Dallas, TX, USA.
- Pk, S. (2017). *Effects of climate change on soil embankments*. (Masters thesis). Graduate program in civil engineering, York University, Toronto, Ontario.

- Pk, S. ve Bashir, R. (2018). Effect of climate change on the stability of earthen embankments. *Ministry of Transportation*, Ontario, Canada.
- Popescu, M.E. (1986). Comparison between the behaviour of swelling and of collapsing soils. *Engineering geology*, Vol. 23. 145-163.
- Reed, R.F. ve Kelley, M. (b.t.). Impact of climatic variation on design parameters for slab on ground foundations in expansive soils. *Advances in Unsaturated geotechnics*, 435-455.
- Seed, H.B., Richard, J., Woodward, J. ve Lundgren, R. (1962). Prediction of swelling potential for compacted clays. *Journal of the soil mechanics and foundations division*, Proc. of the ASCE, 53-87.
- Shams, M.A. (2019). *Analysis and Design of Stiffened Slab Foundations on Reactive Soils using 3D Numerical Modelling*. (PhD thesis). Curtin University, Faculty of Science and Engineering School of Civil and Mechanical Engineering, Australia.
- Siyahi, B. ve Hekimoğlu, S. (1996). *Sıkıştırılmış kil zeminin şişme büzülme davranışlarının incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği bölümü, Ankara.
- Sun, X., Li, J., Zhou, A. (2017). Assesment of the impact of climate change on expansive soil movements and site classifications. *Australian Geomechanics*, vol.52, 39-50.
- Şimşek, R. ve Nazik, M. (1979). *Yukarı Dicle havzası hidrojeolojik etüd raporu*. DSİ, Jeoteknik Hizmetler Müdürlüğü, Ankara.
- Taşkıran, T. ve Kayadelen, C. (2005). Diyarbakır rezidüel kilinin köken-mineral yapı-mühendislik davranışı ilişkileinin irdelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(1), 177-186.
- Tekbem Ltd. (2021). Erişim tarihi: 25 Aralık 2025. <http://www.tekbem.com/urunler-ve-hizmetler/insaat/ard-germe/>
- Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, Vol.38, 55-94.
- Thornthwaite, C.W. ve Mather, J.R. (1955). The water balance. *Centerton, N. J. Publ. Climatol.*, 8, 1-104.
- Tuncan, A. (1995). Bazı kil minerallerinin fizikokimyasal özelliklerinin laboratuvar da tayini, *7.Ulusal kil sempozyumu (187-200)*. Ankara.
- Uddin, F. (2018). *Montmorillonit: An introduction to properties and utilization*, IntechOpen.
- Uzundurukan, S. (2006). *Zeminlerin şişme özelliklerine etkiyen temel parametrelerin belirlenmesi ve modellenmesi*. (Doktora tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen

Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Witczak, M.W., vd., (2014). *Models incorporated into the current enhanced integrated climatic model for version 1.0 of the ME-PDG*. Arizona state university, Tempe, AZ, USA.

Wray, W.K. (1978). *Development of a design procedure for residential and light commercial slabs on ground constructed over expansive soils*. (PhD dissertation). Department of Civil Engineering, Texas A&M University, College Station, TX, USA.





EKLER

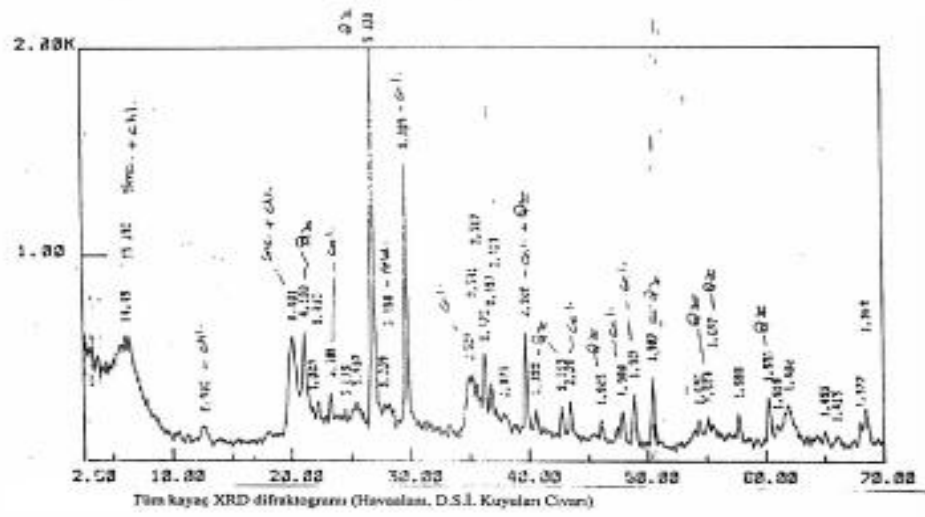
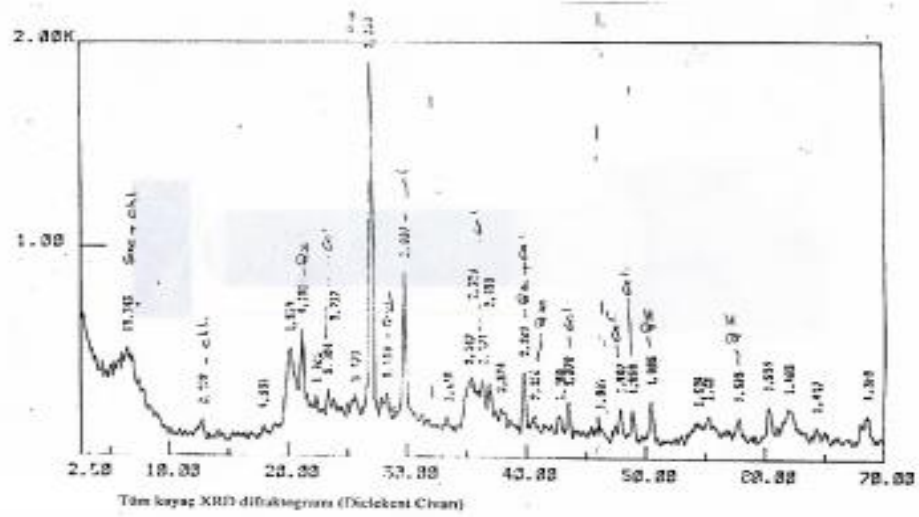
Ek 1: Potansiyel evapotranspirasyon enlem düzeltme faktörleri

Nor. Lat.	Jan.	Feb.	Mar	Apr	May	June	July	Aug.	Sept	Oct.	Nov	Dec.
0°	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5°	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10°	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15°	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
20°	0.85	0.80	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
25°	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
26°	0.92	0.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
27°	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.90	0.90
28°	0.91	0.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	0.98	0.90	0.90
29°	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	0.98	0.90	0.89
30°	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
31°	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
32°	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
33°	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	0.97	0.88	0.86
34°	0.88	0.85	1.04	1.07	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86
35°	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
36°	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84
37°	0.86	0.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83
38°	0.85	0.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83
39°	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82
40°	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
41°	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.95	0.82	0.80
42°	0.82	0.83	1.03	1.12	1.25	1.27	1.28	1.19	1.04	0.95	0.82	0.79
43°	0.81	0.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	0.95	0.81	0.77
44°	0.81	0.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	0.95	0.80	0.76
45°	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
46°	0.79	0.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
47°	0.74	0.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	0.93	0.78	0.73
48°	0.76	0.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	0.93	0.77	0.72
49°	0.75	0.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	0.93	0.76	0.71
50°	0.74	0.78	1.02	1.15	1.32	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

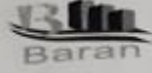
Ek 2: y_m 'i bulmak için gerekli tasarım parametreleri tablosu

Percent Clay (%)	Depth to Constant Suction (FT)	Constant Suction (pF)	Velocity of Moisture Flow (inches /month)	DIFFERENTIAL SWELL (INCHES)							
				EDGE DISTANCE PENETRATION - (FT)							
				1 FT	2 FT	3 FT	4 FT	5 FT	6 FT	7 FT	8 FT
40	3	3.2	0.1	0.002	0.003	0.005	0.007	0.008	0.010	0.012	0.013
			0.3	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.039
			0.5	0.009	0.017	0.025	0.033	0.041	0.049	0.056	0.064
			0.7	0.012	0.023	0.035	0.046	0.056	0.067	0.077	0.087
		3.4	0.1	0.004	0.007	0.011	0.014	0.018	0.021	0.025	0.028
			0.3	0.011	0.021	0.032	0.042	0.052	0.061	0.071	0.080
			0.5	0.018	0.035	0.052	0.068	0.084	0.099	0.113	0.128
			0.7	0.025	0.049	0.071	0.093	0.114	0.133	0.153	0.171
		3.6	0.1	0.009	0.018	0.026	0.035	0.043	0.051	0.059	0.067
			0.3	0.027	0.052	0.075	0.098	0.120	0.141	0.160	0.180
			0.5	0.044	0.084	0.121	0.155	0.187	0.218	0.246	0.274
			0.7	0.061	0.114	0.163	0.207	0.248	0.286	0.321	0.355
		3.8	0.1	0.022	0.043	0.063	0.082	0.100	0.118	0.135	0.152
			0.3	0.064	0.121	0.171	0.217	0.260	0.299	0.336	0.370
			0.5	0.105	0.191	0.264	0.329	0.387	0.440	0.488	0.533
			0.7	0.144	0.255	0.347	0.426	0.495	0.557	0.614	0.665
	5	3.2	0.1	0.004	0.007	0.011	0.015	0.019	0.022	0.026	0.030
			0.3	0.011	0.022	0.033	0.044	0.055	0.065	0.076	0.087
			0.5	0.019	0.037	0.055	0.073	0.090	0.107	0.125	0.141
			0.7	0.026	0.052	0.076	0.101	0.125	0.148	0.171	0.194
		3.4	0.1	0.008	0.016	0.024	0.032	0.039	0.047	0.055	0.062
			0.3	0.024	0.047	0.070	0.093	0.115	0.137	0.158	0.179
			0.5	0.040	0.078	0.116	0.152	0.187	0.221	0.255	0.287
			0.7	0.056	0.109	0.160	0.209	0.256	0.302	0.345	0.388
		3.6	0.1	0.020	0.039	0.059	0.078	0.096	0.115	0.133	0.150
			0.3	0.060	0.116	0.170	0.222	0.272	0.320	0.366	0.410
			0.5	0.099	0.190	0.275	0.355	0.430	0.501	0.568	0.633
			0.7	0.138	0.262	0.375	0.479	0.575	0.665	0.749	0.829
		3.8	0.1	0.049	0.096	0.142	0.186	0.228	0.269	0.309	0.347
			0.3	0.147	0.278	0.395	0.505	0.605	0.699	0.786	0.869
			0.5	0.244	0.447	0.623	0.775	0.919	1.047	1.164	1.274
			0.7	0.340	0.607	0.831	1.023	1.193	1.347	1.486	1.614
	7	3.2	0.1	0.006	0.013	0.019	0.026	0.032	0.038	0.045	0.051
			0.3	0.019	0.039	0.058	0.076	0.095	0.114	0.132	0.150
			0.5	0.032	0.064	0.095	0.126	0.157	0.187	0.217	0.246
			0.7	0.045	0.089	0.133	0.176	0.217	0.258	0.299	0.339
		3.4	0.1	0.014	0.028	0.042	0.055	0.069	0.083	0.096	0.109
			0.3	0.042	0.083	0.124	0.163	0.202	0.241	0.278	0.316
			0.5	0.070	0.138	0.204	0.268	0.330	0.391	0.450	0.508
			0.7	0.098	0.192	0.283	0.369	0.453	0.534	0.613	0.689
		3.6	0.1	0.035	0.070	0.104	0.137	0.170	0.202	0.235	0.266
			0.3	0.106	0.206	0.303	0.395	0.484	0.570	0.653	0.734
			0.5	0.176	0.340	0.493	0.637	0.772	0.901	1.023	1.140
			0.7	0.248	0.472	0.676	0.864	1.040	1.204	1.356	1.504
		3.8	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-

Ek 3: Diyarbakır iline ait kayaç XRD difraktogramlar



Ek 4: Düşen seviyeli permeabilite deney sonuçları föyü



BARAN ZEMİN VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

DÜŞEN SEVİYELİ PERMEABİLİTE DENEYİ

FİRMA/MÜŞTERİ : ILKNUR YAR
PROJE : Diyarbakır Bazalt Kilinin Geoteknik Özellikleri
LAB. KAYIT NO : Ş-0856
RAPOR TARİHİ : 20.11.2021
NUMUNE NO : T.NUM.
DENEY STANDARDI : TS 1900-2 / T1 Madde 5.9 Deney 9

Kalıp Çapı	10.13	cm
Kalıp Yüksekliği (L)	11.87	cm
Düzenek Kesit Alanı (A)	80.60	cm ²
Hortum Kesit Alanı (a)	0.340	cm ²

Zaman t, (dk)	Düşüm h, (cm)	Permeabilite K (cm/sn)
0	100	-
60	2.24	5.284E-05
180	1.26	4.002E-06
360	1.02	9.798E-07
720	0.21	3.664E-06
1440	0.09	9.821E-07

Permeabilite (K) =	1.249E-05 cm/sn
--------------------	-----------------

*Deney sonuçları sadece test edilen deney numunelerine aittir.

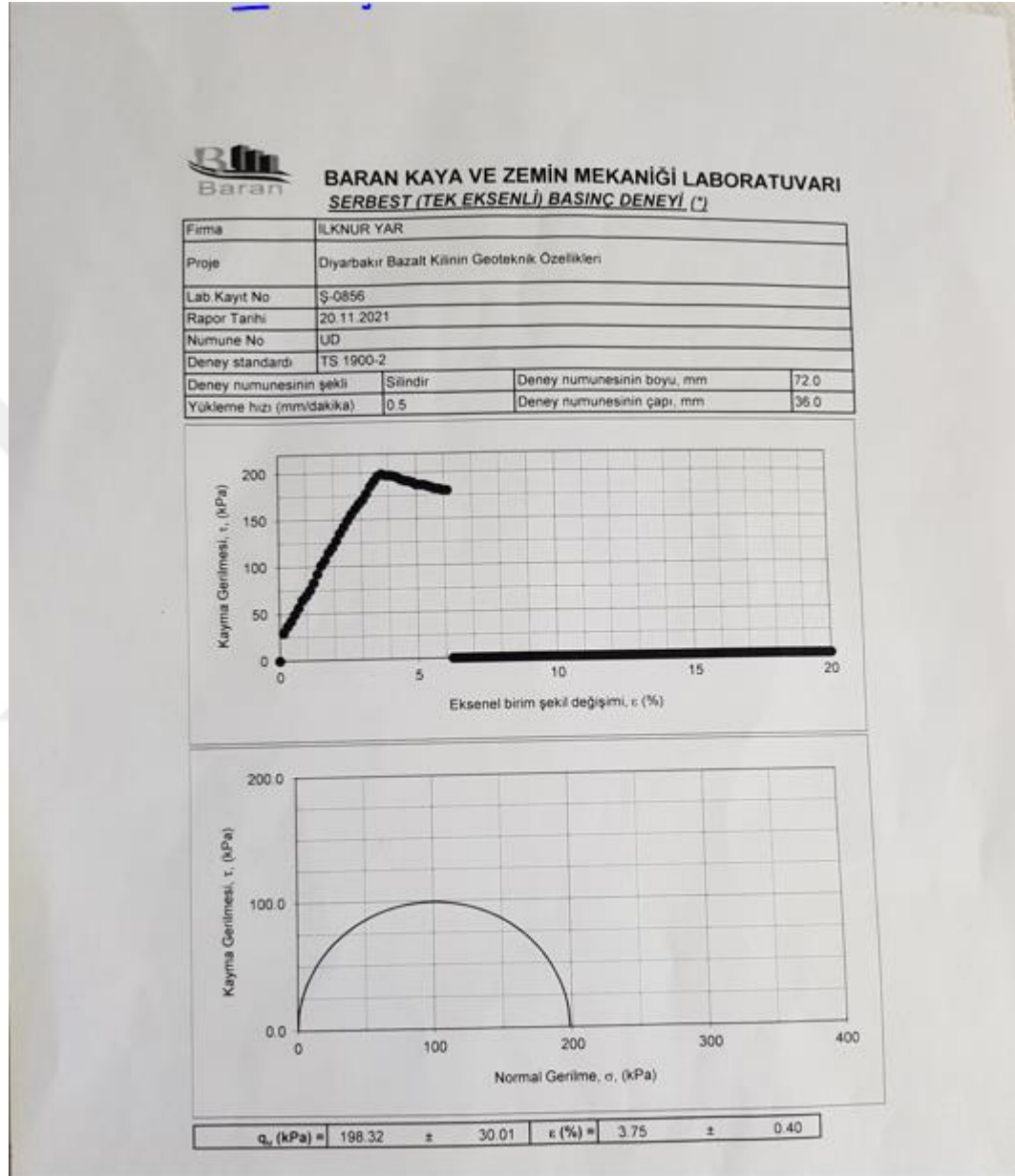
*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen veya tamamen kopyalanamaz, değiştirilemez.

*Deney sonuçlarındaki bilgiler müşteri beyanıdır. Numunelerin uzman kişi veya kişilerce alınıp alınmadığı,

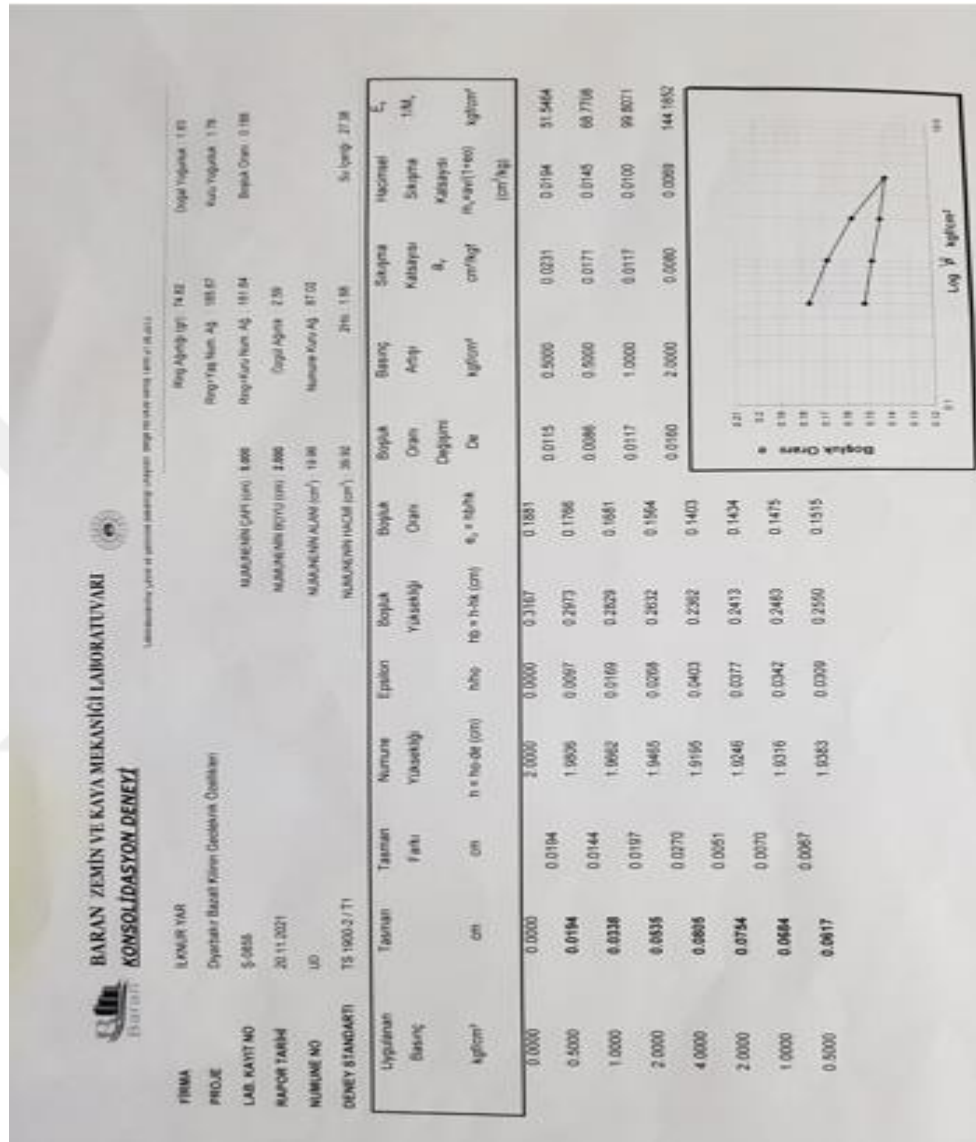
Numunenin alındığı yerin kısmen veya tamamen değişmesi, değiştirilmesi

nedeni ile meydana gelebilecek her türlü değişikliklerden laboratuvarımız sorumlu değildir.

Ek 5: Serbest basınç deney sonuç föyü



Ek 6: Konsolidasyon deneyi sonuç föyü



Ek 7: Modifiye proktor deneyi sonuç föyü

BARAN ZEMİN VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI		PROKTOR DENEY FORMU	
Forma (Müşteri) Adı	İLKUR YAR	Rapor Tarihi	20.11.2021
Müşterinin Onayı	T.NUM.	Laboratuvar Kayıt No	5-0856
Proje Adı	Dişarbakır Bazalt Kilinin Geoteknik Özellikleri		
Seçilme Yöntemi	MODİFİYE		
Kalıp Hacmi (cm ³)	2129.5		
İşlet Standartı	AASHTO T - 99		

1 - KURU BİRİM AĞIRLIK HESABI

Kalıp Numarası	1	2	3	4	5
Kalıp + Yaş Numune Ağırlığı (W _u , gr)	9320	9516	9706	9646	9578
Kalıp Ağırlığı (W _k , gr)	5464	5464	5464	5464	5464
Yaş Numune Ağırlığı (W _w , gr)	3856	4052	4242	4182	4114
Kalıp Hacmi (cm ³)	2129.5	2129.5	2129.5	2129.5	2129.5
Yaş Birim Ağırlık γ = (W _w - W _k) / V	1.811	1.903	1.992	1.964	1.932
Kuru Birim Ağırlık γ _d = 100 * γ / (100 + w)	1.552	1.607	1.655	1.595	1.547

2 - SU İÇERİĞİNİN HESABI

Kap Numarası	1	2	3	4	5
Kap Ağırlığı (W _k , gr)	80.28	75.54	75.24	76.64	71.70
Kap + Yaş Num. Ağırlığı (W _u , gr)	175.18	171.07	174.81	182.56	183.78
Kap + Kuru Num. Ağırlığı (W _s , gr)	161.60	156.22	157.97	162.65	161.43
Su Ağırlığı W _w = (W _u - W _s) , gr	13.6	14.9	16.8	19.9	22.4
Kuru Num. Ağırlığı W _s = (W _s - W _k) , gr	81.3	80.7	82.7	86.0	89.7
Su İçeriği (w = 100 * W _w / W _s), %	16.7	18.4	20.4	23.1	24.9

Maksimum Kuru Birim Ağırlık (gr/cm ³)	1.655	Oyutmuş Su İçeriği (%)	20.4
---	-------	------------------------	------

The graph plots Dry Unit Weight (γd) in gr/cm³ on the y-axis (ranging from 1.00 to 2.00) against Water Content (w) in % on the x-axis (ranging from 10 to 26). Five data points are plotted, and a smooth curve is drawn through them. The peak of the curve is at γd = 1.655 and w = 20.4%.

AÇIKLAMA :

*Deney sonuçları sadece test edilen deney numunelerine aittir.
 *Deney sonuçları laboratuvarımızdan ayrılmadan önceki veya tamamen değiştirilmiştir, değiştirilmiştir.
 *Deney sonuçlarındaki bilgiler müşteri beyanındır. Numunelerin uygun olup veya bilgileri doğru alınmadığı, numunelerin alındığı yerin kurumu veya tamamen değiştirilmiştir, değiştirilmiştir nedeni ile meydana gelebilecek herhangi bir değişiklikten laboratuvarımız sorumlu değildir.
 *Tüm deney sonuçlarının doğruluğu yükümlüdür.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

Yar, İlknur

Web sayfası

(Research Gate, Academia, vs.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	2022
Lisans	Dicle Üniversitesi	2019
Lise	Tunceli Fen Lisesi	2015

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2018	Pflastra GmbH	İntörn

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca, İtalyanca

Yayınlar

1.Silo temeli altındaki zayıf zeminin optimum iyileştirme boyutlarının plaxis yardımıyla bulunması

2.

3.

4.

Özel İlgiler

Spor, doğa, hayvanlar, gezi

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	İlknur Yar		
Öğrenci No	19806018		
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Dr.Öğrt. Üyesi Hayrullah Akyıldız		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	-		
Tez Başlığı	Diyarbakır bazaltüstü kilinin geoteknik özellikleri ve olası iklim senaryolarında geoteknik yapıların tasarım parametrelerine olan etkisi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	106		
Raporlama Tarihi	24/03/2022		
Benzerlik Oranı (%)	19		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 106 sayfalık kısmına ilişkin, 24/03/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 19 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
☐Kaynaklar hariç
☒Alıntılar hariç/dâhil
☐Diğer (Açıklayınız)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: İlknur Yar
Tarih:24/03/2022

İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Hayrullah Akyıldız
Tarih:24/03/2022

İmza:

Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Fuat Toprak
Tarih:24/03/2022

İmza: