



T.C.

NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MERMER TOZ ATIKLARI İLE STABİLİZE EDİLMİŞ KİL ZEMİN  
MUKAVEMETİNİN, DONMA-ÇÖZÜLME ETKİSİ VE ZAMANA BAĞLI OLARAK  
DEĞİŞİMİNİN CBR (CALİFORNİA TAŞIMA ORANI) DENEYLERİ İLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ

AYŞEGÜL YORULMAZ

Eylül 2018



T.C.  
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MERMER TOZ ATIKLARI İLE STABİLİZE EDİLMİŞ KİL ZEMİN  
MUKAVEMETİNİN, DONMA-ÇÖZÜLME ETKİSİ VE ZAMANA BAĞLI OLARAK  
DEĞİŞİMİNİN CBR (CALİFORNİA TAŞIMA ORANI) DENEYLERİ İLE  
DEĞERLENDİRİLMESİ

AYŞEGÜL YORULMAZ

Yüksek Lisans Tezi

Danışman  
Prof. Dr. Osman SİVRİKAYA

Eylül 2018

Ayşegül YORULMAZ tarafından Prof. Dr. Osman SİVRİKAYA danışmanlığında hazırlanan “Mermer Toz Atıkları İle Stabilize Edilmiş Kil Zemin Mukavemetinin, Donma-Çözülme Etkisi ve Zamana Bağlı Olarak Değişiminin CBR (California Taşıma Oranı) Deneyleri İle Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Osman SİVRİKAYA Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Özcan TAN Konya Teknik Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Firdevs UYSAL Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

**ONAY:**

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından ....../....../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun ....../....../20.... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

**Doç. Dr. Murat BARUT**  
**MÜDÜR V.**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ayşegül YORULMAZ

## ÖZET

### MERMER TOZ ATIKLARI İLE STABİLİZE EDİLMİŞ KİL ZEMİN MUKAVEMETİNİN, DONMA-ÇÖZÜLME ETKİSİ VE ZAMANA BAĞLI OLARAK DEĞİŞİMİNİN CBR (CALİFORNİA TAŞIMA ORANI) DENEYLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YORULMAZ, Ayşegül

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

: Prof. Dr. Osman SİVRİKAYA

Eylül 2018, 286 sayfa

Bu tez çalışmasında, mermer toz atıkları ile stabilize edilmiş kil zeminin mukavemeti üzerinde, donma-çözülme ve kür süresi etkisinin CBR deneyleri ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Bentonit ve Kaolen kil zeminlerine, katkısız ve belirlenen oranlarda Kalsitik ve Dolomitik mermer tozu karıştırılarak kıvam limitleri, plastisite indisi ve zemin sınıfları belirlenmiştir. Standart proktor deneyleri ile belirlenen optimum su içeriğinde hazırlanan numunelerin; anlık, 7 günlük, 1 ve 2 aylık kür süreleri ve donma-çözülme sonrası CBR deneyi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca numuneler üzerinde SEM ve EDS analizleri yapılarak artan atık oranına bağlı olarak mikro yapı açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Deney sonucunda atık mermer tozlarının plastisite indisinin azaltılması ve zemin stabilizasyonu üzerinde olumlu etki göstermiştir. Dayanım değerlerinde anlık deney verilerinde büyük bir değişiklik olmazken, kür süresi ile dayanımda artışlar meydana gelmiştir. Donma-çözülme deneylerinde ise 3. ve 5. çevrimlere kadar dayanımın azaldığı ve daha sonra artışların olduğu görülmüştür.

*Anahtar Sözcükler:* Atık; Mermer tozu; Stabilizasyon; Kil; İndeks özellikler; Kaliforniya taşıma oranı (CBR); Donma-çözülme davranışı; Kür süresi

## SUMMARY

### EVALUATION OF THE STRENGTH OF CLAY SOIL STABILIZED BY MARBLE DUST WASTES WITH FREEZE-THAW EFFECT AND TIME-DEPENDENT CHANGE BY MEANS OF CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) TESTS

YORULMAZ, Ayşegül

Niğde Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor

: Prof. Dr. Osman SİVRİKAYA

Eylül 2018, 286 pages

In this thesis, the freeze-thaw and curing time effect on the strength of the clay soil stabilized with marble dust wastes was evaluated by means of CBR tests. The consistency limits, plasticity index and soil classification of Bentonite and Kaolinite unstabilized and stabilized by Calcitic and Dolomitic marble powders with different contents were determined. The immediate, 7-day, 1-month and 2-month curing and freeze-thaw effects of the samples prepared at optimum water content obtained by Standard Proctor test on CBR test were examined. In addition, SEM and EDS analyzes were carried out on the samples and the microstructure was evaluated in terms of the waste marble rate. As a result of the experimental work, the decrease of the plasticity index with the waste marble dust had a positive effect on the soil stabilization. It was observed that while there was no significant change in the instant strength tests data, the strength increased with curing time. In the freeze-thaw experimental work, it was found that the strength decreased at the 3rd and 5th cycles dependent on clay type then increased.

*Keywords:* Waste; Marble powder; Stabilisation; Clay; Index properties; California Bearing Ratio (CBR); Freezing-thawing behavior; Curing time

## ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, mermer toz atıkları ile stabilize edilmiş kil zemin mukavemetinin, donma-çözülme etkisi ve zamana bağlı olarak değişiminin CBR deneyleri ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Deney programı kapsamında Bentonit ve Kaolen killерinin, katkısız ve belirlenen %5, %10, %20, %30, %50 oranlarında Kalsitik ve Dolomitik mermer tozu karıştırılarak kıvam limitleri, plastisite indisi ve zemin sınıfları belirlenmiştir. Standart proktor sıkıştırma enerjisinde hazırlanarak belirlenen optimum su içeriğine bağlı olarak hazırlanan numuneler; anlık, 7 günlük, 1 aylık ve 2 aylık kür süreleri ve donma-çözülme sonrası CBR deneyi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Numuneler üzerinde SEM ve EDS analizleri yapılarak artan atık oranına bağlı olarak mikro yapı açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Deney sonucunda atık mermer tozlarının plastisite indisinde azalan eğilim göstermesi zemin stabilizasyonu üzerinde olumlu etki göstermiştir. Anlık deney verilerinde büyük bir değişiklik olmazken kür süresi ve donma çözülme deneylerinde olumlu etkinin olduğu görülmüştür.

Yüksek lisans tez çalışmamın konusunun belirlenmesinde ve çalışmanın her aşamasında bilgi, görüş ve desteğini esirgemeyen danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Osman SİVRİKAYA'ya ve çalışma boyunca bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren ve tezin laboratuvar çalışmaları aşamasında yardımcı olan, desteklerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Firdevs UYSAL hocama teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan, hep desteklerini hissettiğim, bana güç veren başta babam Ramazan YORULMAZ, annem Ayşe YORULMAZ'a sevgileriyle destek veren kardeşlerime ve aynı laboratuvarı paylaştığım yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Kemal AYDIN'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışması FEB2017/11 numaralı ve “Mermer Toz Atıkları ile Stabilize Edilmiş Kil Zemin Mukavemetinin, Donma-Çözülme Etkisi ve Zamana Bağlı Olarak Değişiminin CBR (California Taşıma Oranı) Deneyleri ile Değerlendirilmesi” isimli proje ile Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xi
FOTOĞRAFLAR VE MALZEMELER DİZİNİ .....	xv
SİMGE VE KISALTMALAR .....	xvi
BÖLÜM I GİRİŞ .....	1
BÖLÜM II KİLLİ ZEMİNLER .....	3
2.1 Kil .....	3
2.2 Kil Mineralleri .....	4
2.2.1 Kaolen .....	7
2.2.2 İllit .....	9
2.2.3 Montmorillonit .....	10
BÖLÜM III ZEMİNLERİN STABİLİZASYONU .....	13
3.1 Zemin Stabilizasyonu Tanımı .....	13
3.2 Zemin Stabilizasyonu Yapılmasının Amaçları .....	13
3.3 Zemin İyileştirme Yöntemleri .....	14
3.4 Mekanik Stabilizasyon .....	15
3.5 Kimyasal Stabilizasyon .....	15
3.5.1 Kireç ile stabilizasyon .....	16
3.5.2 Çimento ile stabilizasyon .....	18
3.5.3 Bitüm ile stabilizasyon .....	20

3.5.4. Metal cüruf ile stabilizasyon.....	21
3.5.5 Uçucu kül ile stabilizasyon .....	22
3.5.6 Silis dumanı ile stabilizasyon .....	24
3.5.7 Mermer tozu ile stabilizasyon.....	25
BÖLÜM IV KİLLİ ZEMİNLERİN STABİLİZASYONU ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	29
BÖLÜM V DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	41
5.1 Malzeme ve Mühendislik Özellikleri .....	41
5.1.1 Mineral özellikleri.....	41
5.1.2 Kimyasal içerikleri.....	44
5.2 Deney Programı .....	44
5.3 Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Çalışmalar.....	46
5.3.1 Özgül ağırlıkların belirlenmesi .....	46
5.3.2 Su muhtevasının belirlenmesi.....	47
5.3.3 Likit limitin belirlenmesi (Casagrande yöntemi).....	48
5.3.4 Plastik limit deneyi .....	50
5.3.5 Rötire limitinin belirlenmesi .....	51
5.3.6 Standart proktor deneyi.....	52
5.3.7 CBR deneyi.....	54
5.3.8 Küre bırakma ve donma-çözülme deneyi .....	57
5.4 Deneysel Çalışmalar Sonucu Elde Edilen Bulgular .....	58
5.4.1 Standart Proktor deney bulguları .....	59
5.4.2 CBR (Kalifornia Taşıma Oranı) deneyinden elde edilen bulgular .....	61
5.5 Katkı Malzemelerinin Kıvam Limitlerine Etkisi .....	62
5.6 Katkı Malzemelerinin CBR Değeri Üzerindeki Etkisi .....	74
5.7 Kür Sürelerinin CBR Değeri Üzerindeki Etkisi .....	82
5.7.1 Yedi günlük kür sonundaki CBR değerleri.....	82

5.7.2 Bir ay kür sonundaki CBR değerleri.....	86
5.7.3 İki ay kür sonundaki CBR değerleri .....	90
5.7.4 Kür süresi etkilerinin karşılaştırılması.....	94
5.8 Donma-Çözülme ve Malzeme Kaybının CBR Değeri Üzerindeki Etkisi .....	99
5.9 SEM Analizlerine Göre Mikro Yapı.....	105
BÖLÜM VI SONUÇLAR .....	109
KAYNAKLAR .....	112
EKLER.....	119
ÖZGEÇMİŞ .....	286



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Killerin sınıflandırılması.....	4
Çizelge 2.2. Kil minerallerinin iklim ve ana kaya koşullarına göre oluşumu .....	5
Çizelge 2.3. Kil minerallerinin sınıflandırılması .....	6
Çizelge 2.4. Kil minerallerinin karşılaştırmalı özellikleri .....	12
Çizelge 3.1. Stabilizasyon yöntemleri .....	14
Çizelge 3.2. Stabilizasyonda kullanılacak kirecin kimyasal ve fiziksel özellikleri .....	18
Çizelge 3.3. Zemin çimento stabilizasyonuna uygun zemin granülometrisi sınır değerleri .....	19
Çizelge 3.4. Silis dumanının kimyasal kompozisyonu .....	25
Çizelge 3.5. Mermer tozunun fiziksel özellikleri .....	27
Çizelge 4.1. Kompaksiyon ve CBR deney sonuçlarının karşılaştırılması .....	32
Çizelge 4.2. Serbest basınç mukavemetleri ile bu mukavemetlerin %25, %35 ve %50'sine karşılık gelen yük değerleri .....	36
Çizelge 5.1. Bentonit, Kaolen ve atık malzemelerin kimyasal içeriği.....	44
Çizelge 5.2. Kıрма taşla yapılan deneyde penetrasyon (batma) miktarlarına göre standart gerilmeler .....	54
Çizelge 5.3. ASTM'ye göre kullanılacak olan kompaksiyon enerjileri .....	55
Çizelge 5.4. CBR sayısına göre zeminlerin sınıflandırılması ve kullanımı.....	55
Çizelge 5.5. Kaolen, Bentonit ve atık malzemelerin indeks özellikleri.....	58
Çizelge 5.6. Farklı oranlardaki KMT atığının Kaolen ve Bentonit'in kıvam limitleri değerlerine etkisi ve tespit edilen zemin sınıfları .....	63
Çizelge 5.7. Farklı oranlardaki DMT atığının Kaolen ve Bentonit'in kıvam limitleri değerlerine etkisi ve tespit edilen zemin sınıfları .....	63
Çizelge 5.8. Plastisite indisi ve şişme potansiyeli arasındaki bağıntı .....	69
Çizelge 5.9. KMT ve DMT ile stabilize edilmiş zemin numunelerinin donma çözülme sonrası malzeme kayıpları .....	100
Çizelge 5.10. Katkısız Kaolen anlık, 2 ay ve 11. çevrim EDS analiz sonuçları .....	106
Çizelge 5.11. Kaolen %50 KMT anlık, 2 ay ve 11. çevrim EDS analiz sonuçları .....	107
Çizelge 5.12. Kaolen %50 DMT Anlık, 2 ay ve 11. çevrim EDS analiz sonuçları .....	108

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kil zemin mikro yapısının şematik gösterimi.....	3
Şekil 2.2. (a) Tek silika tetrahedronu, (b) Tek alüminyum (veya magnezyum).....	5
oktahedronu .....	5
Şekil 2.3. Kaolenit yapısının şematik gösterimi .....	8
Şekil 2.4. Kaolenitin atomik yapısı.....	8
Şekil 2.5. İllit yapısının şematik diyagramı .....	9
Şekil 2.6. Montmorillonit yapısının şematik diyagramı .....	10
Şekil 3.1. Dane boyutuna göre iyileştirme yöntemlerinin uygulanabilirliği.....	14
Şekil 3.2. Kirecin kompaksiyon karakteristiklerine etkisi.....	17
Şekil 3.3. 1-5µm arasında değişen mermer tozu danecikleri .....	25
Şekil 4.1. 2.5 mm için (a), 5.0 mm için (b) % CBR-% BOF Cüruf ilişkisi.....	30
Şekil 4.2. Numunelerin katkı oranına bağlı olarak 1 günlük 7 günlük ve 30 günlük mukavemetleri .....	31
Şekil 4.3. Donma-Çözülme öncesi ve sonrası serbest basınç mukavemetlerindeki değişimin grafiksel gösterimi.....	35
Şekil 4.4. Atık mermer tozlarının Donma-Çözülmeye etkisi .....	35
Şekil 5.1. Bentonit malzemesinin XRD analizi .....	41
Şekil 5.2. Kaolen malzemesinin XRD analizi .....	42
Şekil 5.3 Kalsitik mermer tozunun XRD analizi .....	42
Şekil 5.4 Dolomitik mermer tozunun XRD analizi .....	42
Şekil 5.5. Bentonit (a), Kaolen (b), KMT (c), DMT (d) malzemelerinin XRD 2 analiz sonuçlarına göre mineral türleri .....	43
Şekil 5.6. Casagrande deney grafiği .....	50
Şekil 5.7. Rötire limitinin yaklaşık yöntem ile bulunması.....	51
Şekil 5.8. Standart proktor deney grafiği.....	53
Şekil 5.9. Penetrasyon direnci grafiği.....	57
Şekil 5.10. Hidrometre deney sonuçları.....	59
Şekil 5.11. Kaolen kilinin standart proctor deney sonuçları.....	60
Şekil 5.12. Bentonit kilinin Standart Proctor deney sonuçları.....	60
Şekil 5.13. Kaolen ve Bentonit kilinin Penetrasyon direnci (a) ve CBR değeri (b) .....	62

Şekil 5.14. Kaolen kiline eklenen KMT (a) ve DMT (b) atık oranlarının likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri üzerindeki etkisi .....	64
Şekil 5.15. Bentonit kiline eklenen KMT (a) ve DMT atık oranlarının (b) likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri üzerindeki etkisi ..	65
Şekil 5.16. Kaolen kiline eklenen atık oranlarının likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ), rötre limit ( $w_R$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri üzerindeki etkisi.....	67
Şekil 5.17. Bentonit kiline eklenen atık oranlarının likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ), rötre limit ( $w_R$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri üzerindeki etkisi.....	68
Şekil 5.18. Plastisite grafiğinde KMT atığı (a) DMT atığı (b) etkisiyle zeminlerin değişimi.....	70
Şekil 5.19. Likit limit değerlerinin literatür ile karşılaştırılması .....	72
Şekil 5.20. Plastik limit değerlerinin literatür ile karşılaştırılması .....	72
Şekil 5.21. Rötre limiti değerlerinin literatür ile karşılaştırılması .....	73
Şekil 5.22. Plastisite indisi değerlerinin literatür ile karşılaştırılması .....	73
Şekil 5.23. Kaolen kiline ilave KMT atığı oranlarının, Penetrasyon direncine (a) ve CBR değerine (b) etkisi .....	75
Şekil 5.24. Kaolen kiline ilave DMT atığı oranlarının, Penetrasyon direncine (a) ve CBR değerine (b) etkisi .....	76
Şekil 5.25. Bentonit kiline ilave KMT atığı oranlarının, Penetrasyon direncine (a) ve CBR değerine (b) etkisi .....	77
Şekil 5.26. Bentonit kiline ilave DMT oranlarının, Penetrasyon direncine (a) ve CBR değerlerine (b) etkisi .....	78
Şekil 5.27. Katkı ve su muhtevasına göre CBR oranının değişimi karşılaştırması .....	80
Şekil 5.28. CBR sonuçları.....	80
Şekil 5.29. Saf ve % 5 kireçli deniz kili yaş CBR değerleri ile Kaolen+KMT atığı kuru CBR değerlerinin karşılaştırılması.....	81
Şekil 5.30. Kireçsiz ve kireçli durumlarda yapılan yaş CBR deney sonuçlarının Kaolen+KMT atığı CBR deney sonuçları ile karşılaştırılması.....	82
Şekil 5.31. Kaolen kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının, 7 günlük kür sonrası Penetrasyon direnci.....	83
Şekil 5.32. Kaolen kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının, 7 günlük kür sonrası Penetrasyon direnci.....	83
Şekil 5.33. Kaolen kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının, 7 günlük kür süresi sonrası CBR değerine etkisi .....	84

Şekil 5.34. Bentonit kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının, 7 günlük kür sonrası Penetrasyon direnci.....	85
Şekil 5.35. Bentonit kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının, 7 günlük kür sonrası Penetrasyon direnci.....	85
Şekil 5.36. Bentonit kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının 7 günlük kür süresi sonrası CBR değerine etkisi .....	86
Şekil 5.37. Kaolen kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının 1 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci.....	87
Şekil 5.38. Kaolen kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının 1 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci.....	87
Şekil 5.39. Kaolen kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının 1 aylık kür süresi sonrası CBR değerine etkisi.....	88
Şekil 5.40. Bentonit kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının 1 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci.....	89
Şekil 5.41. Bentonit kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının 1 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci.....	89
Şekil 5.42. Bentonit kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının 1 aylık kür süresi sonrası CBR değerine etkisi.....	90
Şekil 5.43. Kaolen kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının 2 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci.....	91
Şekil 5.44. Kaolen kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının 2 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci.....	91
Şekil 5.45. Kaolen kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının, 2 aylık kür süresi sonrası CBR değerine etkisi.....	92
Şekil 5.46. Bentonit kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının 2 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci.....	93
Şekil 5.47. Bentonit kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının 2 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci.....	93
Şekil 5.48. Bentonit kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının, 2 aylık kür süresi sonrası CBR değerine etkisi .....	94
Şekil 5.49. Kaolen kilinin KMT ile stabilizasyonunda kür süresinin CBR üzerindeki etkisi.....	95
Şekil 5.50. Kaolen kilinin DMT ile stabilizasyonunda kür süresinin CBR üzerindeki etkisi.....	95

Şekil 5.51. Bentonit kilinin KMT ile stabilizasyonunda kür süresinin CBR üzerindeki etkisi.....	96
Şekil 5.52. Bentonit kilinin DMT ile stabilizasyonunda kür süresinin CBR üzerindeki etkisi.....	96
Şekil 5.53. Kuru CBR değerlerinin doğal durum ile %5 kireç kullanılarak ve Kaolen kiline KMT ve DMT atığı kullanılarak değişik zamanlarda kür edilerek karşılaştırılması.....	98
Şekil 5.54. Kaolen kiline ilave edilen %5 MT atığının, çevrim sayısına bağlı olarak CBR değerindeki etkisi.....	101
Şekil 5.55. Kaolen kiline ilave edilen %50 MT atığının çevrim sayısına bağlı olarak CBR değerindeki etkisi.....	102
Şekil 5.56. Bentonit kiline ilave edilen %5 MT atığının çevrim sayısına bağlı olarak CBR değerindeki etkisi.....	103
Şekil 5.57. Bentonit kiline ilave edilen %50 MT atığının, çevrim sayısına bağlı olarak, CBR değerindeki etkisi.....	104
Şekil 5.58. Katkısız kaolen anlık (a), 2 ay küre bırakılan (b), 11. çevrime bırakılan numunelerin (c) SEM ve EDS analiz grafikleri.....	106
Şekil 5.59. Kaolen %50 KMT anlık (a), 2 ay küre bırakılan (b), 11. çevrime bırakılan numunelerin (c) SEM ve EDS analiz grafikleri.....	107
Şekil 5.60. Kaolen %50 DMT anlık (a), 2 ay küre bırakılan (b), 11. çevrime bırakılan (c) numunelerin SEM ve EDS analiz grafikleri.....	108

## FOTOĞRAFLAR VE MALZEMELER DİZİNİ

Fotoğraf 2.1. Kaolen kili.....	7
Fotoğraf 2.2. Bentonit kili.....	11
Fotoğraf 3.1. Kireçle zemin stabilizasyonu .....	17
Fotoğraf 3.2. Çimento ile zemin stabilizasyonu .....	19
Fotoğraf 3.3. Bitüm ile stabilizasyon.....	20
Fotoğraf 3.4. Metal cüruf.....	21
Fotoğraf 3.5. Uçucu külün zemin stabilizasyonunda kullanımı .....	23
Fotoğraf 3.6. Silis dumanı.....	24
Fotoğraf 3.7. Mermer tozu.....	26
Fotoğraf 3.8. 15-20 tonluk mermer blokları .....	26
Fotoğraf 5.1. Piknometre deney aşamaları .....	47
Fotoğraf 5.2. Su muhtevası deney aşamaları .....	48
Fotoğraf 5.3. Deneyin homojen kıvama getirilmesi .....	48
Fotoğraf 5.4. Casagrande deney aşamaları .....	49
Fotoğraf 5.5. Plastik limit deneyi için alınan numune parçaları.....	50
Fotoğraf 5.6. Plastik limit deneyi çubuk numuneler.....	51
Fotoğraf 5.7. Standart proktor deney numunesi hazırlama.....	52
Fotoğraf 5.8. Otomatik kompaktör .....	52
Fotoğraf 5.9. CBR deneyi yapım aşamaları.....	56
Fotoğraf 5.10. Kapalı kür kabini.....	57
Fotoğraf 5.11. (a) Otomatik numune sıkıştırıcı, (b) CBR kalıp seti, (c) Numune hazırlama işlemi ve (d) Deney sonrası numune görünümü .....	74
Fotoğraf 5.12. CBR deneyinin gerçekleştirilmesi .....	74
Fotoğraf 5.13. Donma çözülme kabini .....	99
Fotoğraf 5.14. Çevrim sonrası Bentonit kilinde meydana gelen çatlaklar.....	100

## SİMGE VE KISALTMALAR

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
w	Su muhtevası
w <sub>S</sub>	Büzülme limiti
w <sub>P</sub>	Plastik limit
w <sub>L</sub>	Likit limit
I <sub>P</sub>	Plastisite indeksi
I <sub>L</sub>	Likit limit indeksi
w <sub>n</sub>	Doğal su muhtevası
γ <sub>s</sub>	Dane birim hacim ağırlığı
γ <sub>n</sub>	Doğal birim hacim ağırlığı
γ <sub>kmaks</sub>	Maksimum kuru birim hacim ağırlığı
w <sub>opt</sub>	Optimum su muhtevası
m	Metre
mm	Milimetre
g	Gram
kg	Kilogram
%	Yüzde
O	Oksijen
Al	Aliminyum
Si	Silisyum
Mg	Magnezyum
Ca	Kalsiyum
CL	Düşük plastisiteli kil
ML	Düşük plastisiteli silt
MH	Yüksek plastisiteli silt
CH	Yüksek plastisiteli kil

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
CBR	California Taşıma Oranı
KMT	Kalsitik Mermer Tozu
DMT	Dolomitik Mermer Tozu
USCS	Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi
N-XRD 2	Desen Çekimi ve Mineral Analizi
N-XRF 2	Kantitatif Temel Oksit Analizi
SEM	Scanning Electron Microscopy
EDS	Energy Dispersive Spectroscopy
UK	Uçucu Kül
MT	Mermer Tozu
SK	Sönmüş Kireç
BOF	Çelikhane Cürufu
BOS	Çelikhane Cürufu
K	Kuvars Kumu Tozu
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alüminyum Oksit
SiO <sub>2</sub>	Silisyum Dioksit
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sodyum Sülfat
CaO	Kalsiyum Oksit
H <sub>2</sub> O	Su

# BÖLÜM I

## GİRİŞ

Türkiye, doğal taş endüstrisinin ve ticaretinin geliştiği başlıca ülkelerden biridir. Her üretim faaliyetinde olduğu gibi doğal taş ocaklarında ve fabrikalarında atık kaçınılmazdır. Atık malzemeler doğal kaynakların ve çevrenin kirlenmesine sebep olabilmektedir. Günümüzde atık malzemelerin yeniden üretimde kullanılması veya farklı amaçlar doğrultusunda kullanımının araştırılması oldukça popülerdir.

Son yıllarda atık malzemelerin gerek çevreye olumsuz etkileri gerekse de depolanması konusunda ciddi çevre sorunları yaşanmaktadır. Günümüz teknolojisi atık malzemelerin yeniden üretime katılmasına imkân sağlasa da bu malzemelerin büyük bir kısmı atık depolama sahalarında gelişigüzel bırakılmaktadır. Atık malzemelerin inşaat malzemesi olarak veya doğrudan inşaat uygulamalarında kullanılması son yıllarda önem kazanan çalışma alanlarındadır (Çelik vd. 2003; Gürer vd. 2004; Karaca 2009; Edil 2011). Bu şekilde bu atıkların hem ekonomiye kazandırılması hem de çevreye olabilecek zararlı etkilerinin ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Zeminlerin stabilizasyonunda katkı maddesi olarak atık malzemelerin kullanımı söz konusudur. Bu durum, zeminlere istenen özellikleri kazandırırken atık malzemelerin değerlendirilmesini sağlamaktadır. Kireç, çimento, uçucu kül, silis dumanı gibi endüstriyel atık maddelerin bu amaç için kullanımı ön plana çıkmaktadır. Bu maddelere doğal taşların işlenmesi esnasında oluşan doğal taş atık tozu da eklenebilir. Karaca vd., (2012), doğal taş atıklarının kullanılacağı en önemli ve en büyük alanın inşaat sektörü olduğunu belirtmiştir. Doğal taş tesis atıklarının zemin stabilizasyonunda kullanımının anlaşılması ve yaygınlaştırılması bu alanda yapılması önem arz eden konulardandır.

Doğal taş atık malzemelerinden olan mermer tozu, çok büyük bir kısmı atık olarak kalmakta ve çevresel problemlere neden olmaktadır. Bu malzemeler, inşaat sektöründe mozaik, harç, sıva, karo vb. üretiminde, çimento sanayinde beyaz çimento üretiminde ve kâğıt sanayi, tarım ve gübre sanayi, yem sanayi, diğer bazı sanayi sektörlerinde katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Buna rağmen bu alanlarda yeniden değerlendirilen

miktarın düşük oranlarda olması, atık sahalarında büyük yığınlar oluşmasına neden olmaktadır. Tekrar değerlendirilemeyen atıkların çevre için problem oluşturduğu bilinen bir gerçektir. Çevre kirliliğinin önlenmesi, atıkların ekonomiye yeniden kazandırılmasına ve buna bağlı olarak yeni kullanım alanlarının oluşturulmasına bağlıdır.

Bu tez çalışmasında, laboratuvar ortamında oluşturulan bir zemin numunesinin mermer toz atıkları (Dolomitik Mermer ve/veya Kalsitik Mermer tozları) ile stabilizasyonu neticesinde zemin numunesinin CBR değerindeki değişimler detaylı olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında, mineral ve kimyasal içeriği belli olan Bentonit ve Kaolen kil numuneleri içine mermer toz atıkları %5, %10, %20, %30 ve %50 oranlarında karıştırılması ile stabilize edilmiş zemin numuneleri elde edilmiştir. Aynı katkı oranlarıyla karıştırılmış zemin numuneleri Standart Proctor deneyi ile tespit edilen optimum su içeriğinde CBR kalıplarına sıkıştırılmış ve atık oranlarının CBR değerinin değişimine olan etkisi değerlendirilmiştir. Bu kapsamda belirlenen oranlarda hazırlanan numuneler tespit edilen süreler (7, 30 ve 60 gün) boyunca uygun koşullar altında küre bırakılmış ve stabilize edilmiş kilin mukavemetinde meydana gelen değişim zamana bağlı olarak da değerlendirilmiştir. Ayrıca atık malzeme-kil karışım numunesi belirlenen çevrim sayısı (1, 3, 5, 7, vb.) kadar donma-çözülme işlemine maruz bırakılmış ve CBR deneyleri gerçekleştirilmiştir. SEM ve EDS analizleri gerçekleştirilerek mikro yapıdaki değişimler tespit edilmiştir.

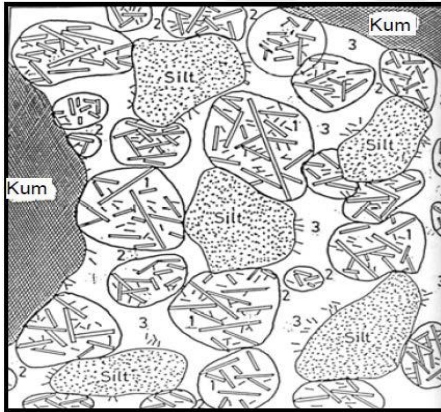
Tez altı bölümden oluşmaktadır. Bölüm 1 Giriş bölümü olup bu bölümde tezin hangi problem ve amaca yönelik olduğu belirtilmiştir. Bölüm 2’de killi zeminler hakkında bilgilere yer verilmiştir. Bölüm 3’de zemin stabilizasyonu, amacı, gerekli görüldüğü zeminler ve yüzeysel zemin stabilizasyon türleri anlatılmıştır. Bölüm 4’de killi zeminlerin stabilizasyonu ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Bölüm 5’de deneysel çalışmalar anlatılmıştır. Bölüm 6’da deneysel çalışmalar neticesinde elde edilen verilere ait irdelemeler ve sonuçlara yer verilmiştir.

## BÖLÜM II

### KİLLİ ZEMİNLER

#### 2.1 Kil

Kil, ana kimyasal bileşimi sulu alüminyum silis ve diğer bazı elementlerden oluşan hamur halinde şekil verilebilecek kadar plastik ve kohezif özelliğine sahip, pişirildiğinde büyük dayanım artışı gösteren, kuruduğu zaman hacmi azalan ve çatlayan, ıslandığı zaman hacmi artan ve sıkıştırıldığında suyunu dışarıya atabilen, koloidal dane boyundaki ince dokulu malzeme olarak tanımlanır. Genellikle 2µm'dan daha küçük daneli malzeme olmasıyla birlikte bu boyutun altında kil dışında da mineraller bulunabilmektedir (Şekil 2.1). Kil doğada bol miktarda bulunan minerallerdendir. Fakat saf kil bulmak oldukça zordur (Kızılcelik, 2010).



- 1-Kümeleşmiş kil yapısı içindeki boşluklar
- 2-Kümeleşmiş partiküller arası boşluklar
- 3-Kümeleşmiş yapılar arasındaki büyük boşluklar

Şekil 2.1. Kil zemin mikro yapısının şematik gösterimi (URL-1, 2018)

Killer, x- ışınları ve elektron mikroskobu ile incelendiğinde homojen bir yapı gösteren tabakalardan oluşan mineral yapıda oldukları görülmüştür. (Uysal, 2010). Kilin içerisinde en çok kalker, silis, mika ve demir oksit bulunur. Kili meydana getiren maddeler sulu alüminyum silikatlarıdır. Kil  $m Al_2O_3$  ,  $n SiO_2$  ,  $p H_2O$  genel kimyasal bileşim formülü ile ifade edilir. Dane çapları 2µm'dan azaldıkça elektrik yükleri de artmaktadır (Kızılcelik, 2010).

Kil minerallerini çok büyük ve karmaşık bir mineral dizisine sahip olmaları, içeriklerinde ihtiva ettikleri yabancı maddelerin varlığı, oluşum yeri ve özelliklerinin

değişik oluşu gibi nedenlerden dolayı killer birçok şekilde sınıflandırılabilirler. Genelde bu sınıflandırmalar Çizelge 2.1’de verildiği gibidir (Mohammed Ali, 2012).

**Çizelge 2.1.** Killerin sınıflandırılması (Mohammed Ali, 2012)

<b>Killerin Sınıflandırılması</b>			
<b>Mineralojik Özelliklerine Göre</b>	<b>Yapılarına Göre</b>	<b>Kimyasal İçeriklerine Göre</b>	<b>Fiziksel Özelliklerine Göre</b>
1- Kaolin Grubu	1- Amorf Grup	1- Yüksek Alüminyum içerikli	1- Plastiklik özelliğine
2- Montmorillonit Grubu		2- Boksit içerikli	2- Dane boyutuna
3- Mika Grubu		3- Silikat içerikli	3- Refrakter özelliği
4- Klorit Grubu	2- Kristal Grup	4- Demir içerikli	4- Renk özelliğine
5- İllit Grubu		5- Kalsit içerikli	5- Üretildikleri yatak veya bölgeye göre
6- Attapulgit Grubu		6- Karbonat içerikli	

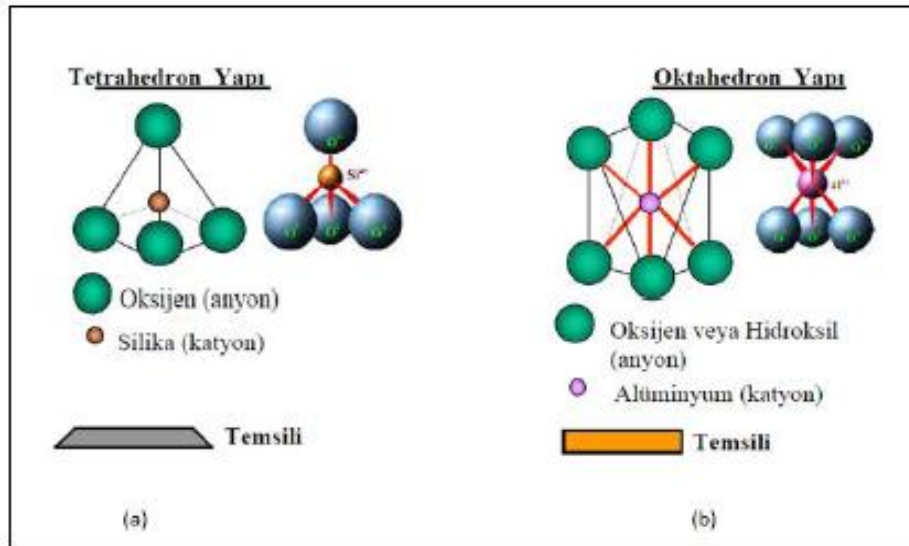
## 2.2 Kil Mineralleri

Kil minerallerinin türü, kökenleri ve oluşma ortamları ile yakından ilgilidir. Kayacın kile dönüşmesi ve karakterini kazanmasında; ortam sıcaklığı, yağış, nemlilik, yeraltı suyu seviyesi, drenaj koşulları, pH ve tuzluluk, bitki örtüsü, eğim ve ana kayaç türü önemli rol oynar (Çizelge 2.2). Dolayısı ile killerin mineral yapılarının oluşum koşulları ve kökenleri ile birlikte değerlendirmek; zemin yapısını daha gerçekçi tanıyarak mühendislik problemlerini tahmin etmek yönünden önemlidir. Ayrıca, geniş ölçekli alan çalışmalarında çalışmaya yön vermekte ve alanın geoteknik karakterini daha iyi anlamaya imkan tanımaktadır (URL-1, 2018).

**Çizelge 2.2.** Kil minerallerinin iklim ve ana kaya koşullarına göre oluşumu (Acar, 2017)

Kil Minerali	Oluşumu
Kaolinit	Volkanik kayaçların aşınması sonucu genellikle tropik ve astropik alanlarda oluşur.
Klorit	Metamorfik ana kaya alanlarında, genellikle deniz tortularında ve çökeltik kayalarda oluşur. Normal olarak yüksek oranlarda bulunmaz.
İllit	Sıcak ve kurak bölgelerde çökelti kayaların aşınması ile oluşur.
Montmorillonit	Zayıf drenaj şartlarında volkanik kül ve kayaların aşınması sonucu, genellikle kurak alanlarda illit ile beraber bulunur.

Kil mineralleri, çok küçük boyutlu partiküllerden ibaret, kristalli minerallerdir. Pul veya çok küçük plaka şeklinde olan kil mineralleri, atomik yapıyı tekrarlayan birçok kristal yapıya sahiptir. Farklı tabaka yapıları içinde farklı metalik iyonlar (Mg, Ca, K, Na ve Fe) farklı kil mineralleri oluştururlar. Tüm kil mineralleri 2µm'den küçük olmayıp aynı zamanda 2µm'den küçük danelerin hepsi kil minerali değildir. Kil boyutlu daneler ve kil mineralleri farklı şeylerdir. Kil mineralleri tabakalardan meydana gelmektedirler (Muratoğlu, 2010). Her kil minerali; tetrahedral (dört yüzlü) veya silika ile oktahedral (sekiz yüzlü) veya alümina olmak üzere iki adet kristal levhadan oluşmaktadır. Bu levhalar değişik bağlar ve farklı metalik iyonlarla birbirine bağlanarak farklı kil minerallerini oluşturur (Şekil 2.2) (URL-1, 2018).



**Şekil 2.2.** Tek silika tetrahedronu (a), Tek alüminyum (veya magnezyum) oktahedronu (b) (Taşçı, 2011)

Tetrahedral levha tek silis atomunu kuşatan dört oksijen atomundan oluşan silika tetrahedral birimlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Her tetrahedronun tabanındaki oksijenler aynı düzlem üzerindedirler ve düzleme katılmayan oksijen köşelerinin hepsi aynı yönü işaret eder. Oktahedral levhalar ise alüminyum, magnezyum, demir veya diğer atomları kuşatan altı oksijen veya hidroksilden oluşan oktahedral birimlerinin birleşmesinden oluşmaktadır. Oksijen veya hidroksillerin levhadaki dizileri iki düzlem üzerindedir (Taşcı, 2011).

Oktahedral ve tetrahedral yapılar, oktahedral ve tetrahedral levha şekillerini alarak birlikte polimer yapı oluşturur. Oluşan levhaların bağlanması ve düzenlenmesi, farklı yapıların oluşmasına sebep olur. Temel yapıdaki değişimler neticesindeki bilinen kil mineralleri oluşur. Bu oluşumlara bakılarak, bütün kil mineralleri, iki temel levha yapısının değişik şekillerde biraraya gelmesiyle oluşur (Taşcı, 2011).

Ana yapısal tabaka yapraklarının miktarı ve oranına, oktahedronlar ve tetrahedronlardaki bir diğerinin yerini alan katyonların bulunmasına ve tabaka yükü durumlarına göre kristal haldeki kil minerallerini yedi grup altında sınıflandırmıştır (Çizelge 2.3) (Muratoğlu, 2010).

**Çizelge 2.3.** Kil minerallerinin sınıflandırılması (Muratoğlu, 2010)

Grup İsmi	Mineraloji	İdeal Formülü
Kaolinit, Serpantinit	Kaolinit Halloysit	$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$
Mika	İllit	$K_{<2}Al_3[(Si_{>6}Al_{<2})O_{20}](OH)_4nH_2O$
Vermikülit	Trioktahedral vermikülit	$(Mg,Fe^{2+})[Si_{>6}Al_{<2}O_{20}](OH)_4nH_2O$
Simektit	Montmorillonit	$M^{+}_{x+y}(Al,Fe^{2+})_{4-y}[(Si_{8-x}Al_x)O_{20}](OH)_4nH_2O$
	Beidellit	$M_xAl_4[(Si_{8-x}Al_x)O_{20}](OH)_4nH_2O$
	Notronit	$M_xFe^{3+}_{4-y}[(Si_{8-x}Al_x)O_{20}](OH)_4nH_2O$
	Saponit	$(M^{+}_xMg_6)[(Si_{8-x}Al_x)O_{20}](OH)_4nH_2O$
Profillit ve Talk	Profillit	$Al_4[Si_8O_{20}](OH)_4$
	Talk	$Mg_6Si_8O_{20}(OH)_4$
Klorit	Donbassit	$Al_4[Si_8O_{20}](OH)_4Al_4(OH)_{12}$
Paligorskit, Sepiyolit	Paligorskit Sepiyolit	$Mg_5[Si_8O_{20}](OH)_2(OH_2)_4H_2O$ $Mg_8[Si_{12}O_{30}](OH)_4(OH_2)_4nH_2O$

Burada, temel olarak belirli bir katyonu içeren tetrahedral ve oktahedral levhaların değişik şekilde bir araya gelmeleriyle meydana gelmiş olan ve doğada yaygın olarak bulunan kil mineralleri kısaca açıklanmıştır.

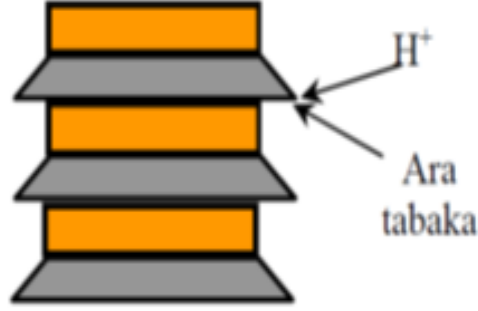
### 2.2.1 Kaolen

Beyaz renkte olan saf kile Kaolen veya Kaolin denir. Fotoğraf 2.1’de de görüldüğü gibi granit kayalardan elde edilen beyaz ve yumuşak bir kil türüdür. Feldspat içeren granitik veya volkanik kayaların kaolinit mineraline dönüşmesi sonucu oluşurlar. Kaolin oluşumu tabiatta en yaygın olan ve genellikle bir arada bulunan Si-Al-Fe elementlerinin birbirlerinden ayrılmalarına bağlıdır. Kaolin, içinde hidratlı alüminyum silikat ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) bulunan kaolinitten oluşmuştur (Öztürk, 2012).



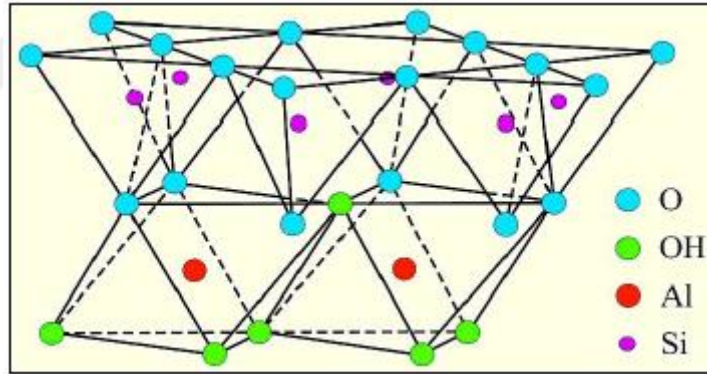
**Fotoğraf 2.1.** Kaolen kili (URL-2, 2018)

Kaolinit bir tetrahedral ve bir oktahedral levhanın sürekli tekrarlanan katmanlarından oluşmuştur. Bir katmanda bir oktahedral ve bir tetrahedral levha olduğundan 1:1 kil minerali şeklinde anılır. Kalınlığı yaklaşık olarak 0.72 nm olup diğer iki yöndeki uzanımı belirsiz ve birbirini izleyen bu katmanlar oktahedral levhanın hidroksilleri ile tetrahedral levhanın oksijenleri arasındaki hidrojen bağı ile birbirlerine bağlanır (Şekil 2.3). Kaolinit kil mineralleri arasında en düşük şişme potansiyeline sahip kildir (Taşcı, 2011).



**Şekil 2.3.** Kaolenit yapısının şematik gösterimi (Taşcı, 2011)

Kaolinitin minerolojik yapısında tabakalar arasındaki kuvvetli hidrojen bağları suyun tabakalar arasına girip şişme oluşturmasını engellemektedir. Doğada sık olarak rastlanan kaolinit mineralleri su ile karşılaştıklarında büyük oranda hacim değişimine sahip olmazlar. Bu minerallerin şişme ve plastik özellikleri düşüktür. Şekil 2.4’de kaolinit mineral grubunun atomik yapısı görülmektedir (Öntürk, 2011).



**Şekil 2.4.** Kaolenitin atomik yapısı (Muratoğlu, 2010)

Kaolenin ateşe karşı dayanıklılığının 1750-1770 °C arasında olması, onun en önemli özelliklerinden biridir. Özelliklerinden bir diğeri ise, soda ve bazı organik maddeler katılınca çok az su ile döküm kabiliyetini kazanabilmesidir (Seyhan, 1972).

Bir kaolende plastisite indisi ne kadar yüksekse o kadar plastik denilmektedir. Elde edilen likit limit değerleri ile plastik limitlerin birbirinden çıkarılması ile plastisite indisi bulunmaktadır. Bu değer bize kaolenin plastik formdan akıcı hale geçtiği, yani kolayca çalışılabilir aralığın elde edildiği su miktarı %’sini verir. Yapılan hesaplamalar

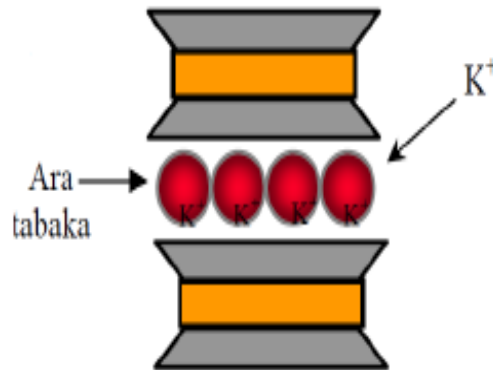
sonucunda,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ilavesi artırıldıkça kaolenin plastisite indisi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Öntürk, 2011).

Kaolen minerali çoğunlukla kâğıt, seramik, lastik, plastik, ilaç ve boya endüstrisinde kullanılmaktadır. Türkiye’de üretilen kaolenlerin %80’i çimento sektöründe, %20’si seramik, cam, kâğıt ve diğer sektörlerde tüketilmektedir. Bu da Türkiye’deki kaolenlerin ham olarak tüketildiğini göstermektedir (Özaydın, 2008).

### 2.2.2. İllit

İllit, montmorillonit gibi bir 2:1 tabakalı mineral olup, Illinois Üniversitesi profesörlerinden R.E. Grim tarafından keşfedilmiştir. Killi zeminlerde illitin katmanları arasında bağ potasyum iyonu ile sağlanmaktadır. Silis levhasında altıgen boşluğuna yerleşen potasyum iyonları ( $\text{K}^+$ ) katmanları kuvvetli bir şekilde bir arada tutmaktadır. Ayrıca silika levhasındaki silisyumun alüminyum ile izomorf yer değiştirmesi de söz konusudur. İllitin tabaka kalınlığı 0,96 nm olup, İllit minerali kaolin ve montmorillonit arasında bir davranış ortaya koymaktadır (Şekil 2.5) (Muratoğlu, 2010).

İllitin Kristal yapısı mikaya benzese de, daha az potasyum ve daha az izomorf yer değiştirme söz konusudur. Bu nedenle, kimyasal olarak diğer mikalardan daha aktiftirler (Taşcı, 2011).

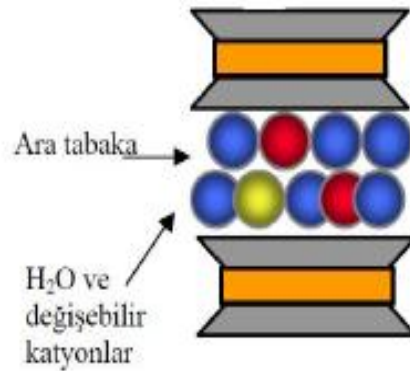


Şekil 2.5. İllit yapısının şematik diyagramı (Taşcı, 2011)

### 2.2.3 Montmorillonit

Montmorillonit (Mg, Ca)  $Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot 8H_2O$  formülü ile gösterilen bir kil mineralidir. Bentonitin iyi bir sondaj çamuru yapımında kullanılması için seçilmesini sağlayan özelliklerini, montmorillonit kil minerali vermektedir (Bilge, 2011). Montmorillonit minerali şişme ve genişleme özelliğinden dolayı su ile benzerlik göstermektedir. Doygun halden kurduğunda büzülme ve kırılma meydana gelir. Yatay boyutları 1000 Å ile 5000 Å, kalınlığı ise 10 Å ile 50 Å arasındadır. Yüzey alanı genel olarak 800 m<sup>3</sup>/gr olan montmorillonit mineralinin dane boyutuna bağlı olarak yüzey alanı 1150 m<sup>3</sup>/gr'a kadar çıkabilmektedir (Kızılcelik, 2010).

Montmorillonit minerali 2 tetrahedral tabakanın arasına 1 oktahedral tabakanın sıkışması ile oluşur. Bu nedenle kristalleri 2:1 olarak gösterilir. Bu tabakalar arasındaki bağ çok zayıf bir bağ olması ve oktahedral levhada (-) negatif yük boşluğu olması sebebiyle su, rahatlıkla tabakalar arasına girer ve tabakaları birbirinden ayırarak zeminde hacim değişikliğine sebep olur. Şekil 2.6'da montmorillonitin şematik taslağı görülmektedir (Acar, 2017).



Şekil 2.6. Montmorillonit yapısının şematik diyagramı (Taşcı, 2011)

Bentonit doğal haliyle yumuşak, suda hemen dağılan, el ile temas ettiğinde yağlı bir izlenim veren özelliktedir (Fotoğraf 2.2). Partiküllerin çok ince ve temas yüzeyinin büyük olması nedeni ile oldukça yüksek su alma gücüne sahiptir. Yağ ve gliserini kolaylıkla emer. Diğer kil çeşitleri gibi Bentonitin de oluşumu ile ilgili çeşitli görüşler ortaya atılmıştır. Kesinlikle bir tanım yapılmamasına karşılık çok kişinin benimsediği

bir yol olarak feldispat, serpantin veya püskürük maddelerin su ve havanın etkisi ile değişimi sonucu bentonitin meydana geldiği ileri sürülmektedir (Bilge, 2011).



**Fotoğraf 2.2.** Bentonit kili (URL-3, 2018)

*Bentonit kilinin özellikleri şöyle sıralanabilir;*

- Bentonit şişme özelliğinden dolayı kendi hacim ve ağırlığının birçok katı kadar suyu emebilir. Kendi hacimlerinin 10 veya 30 katı kadar şişen bentonitlerin kazandığı plastik şekil sayesinde sondaj çamurunda kullanılır.
- Bentonitin geçirgenliği önleme özelliklerinden yararlanılarak baraj ve gölet inşaatlarında, heyelan önleme yapılarının inşaatında, sızdırmazlık perdesi inşaatında, tünellerin yapımında, kazı şevleri ile bina temellerinin desteklenmesinde ve köprü, üst geçit ayaklarının inşaatında, diyafram duvarları oluşturmada kullanılmaktadır.
- Bentonitlerin geçirgenliği çok az olduğundan donma dayanımları diğer killerden düşüktür.
- Sondaj çamurunun en önemli özelliklerinden biri de kuyunun duvarlarına ince ve geçirgen olmayan bir film (pasta) çökerterek su kaçağını önlemek, böylece killi formasyonların şişmesini engellemek ve çöküntüye mani olmaktır.
- Bentonitin şişmesi akışkanın akmaya karşı direncini yükseltir (Bilge, 2011).

Kil minerallerinin karşılaştırılmalı özellikleri Çizelge 2.4’de verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Kil minerallerinin karşılaştırılmalı özellikleri (Taşcı, 2011)

<b>Özellik</b>	<b>Kaolinit</b>	<b>Montmorillonit</b>	<b>İllit</b>
Dane Boyutu (µm)	0.5-5.0	0.01-1.0	0.02-2.0
Dane Şekli	6 köşeli pul	Eş boyutlu yaprak	Pul
Dış Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> /g)	10-30	70-120	70-100
İç Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> /g)	-	550-650	-
Plastisite	Düşük	Yüksek	Orta
Likit Limit	29-70	110-710	60-120
Plastisite İndisi	26-38	51-100	34-60
Kohezyon	Düşük	Yüksek	Orta
Şişme Kapasitesi	Düşük	Yüksek	Orta
Elektrik Yükü	0	0.5-0.9	1.0-1.5
KDK (meq/100g)	3-15	80-150	10-40
Özgül Gravite	2.6-2.8	2.35-2.7	2.6-3.0
Tabakalar arası mesafe (nm)	0.7	1.0-2.0	1.0
Tabakalar arası bağ	Hidrojen	Van der Waal's bağları	Potasyum iyonları
Net negatif yük (cmolc/kg)	2-5	80-120	15-40

## BÖLÜM III

### ZEMİNLERİN STABİLİZASYONU

#### 3.1 Zemin Stabilizasyonu Tanımı

Zemin iyileştirmesi; gerekli olan taşıma gücü ve oturma kriterlerini sağlamayan zeminin içerisindeki mevcut boşlukların mekanik araçlarla azaltılması, zemin boşluklarının çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulması, yeraltı su seviyesinin düşürülmesi veya zeminin su içeriğinin azaltılması ya da çeşitli elemanların kullanılması ile mevcut zeminin güçlendirilmesidir (Ayan, 2009).

Zemin stabilizasyonu ise zemine ilave edilen maddeler ile zeminin puzolanik reaksiyona girerek zemin özelliklerinin iyileşmesi olayıdır.

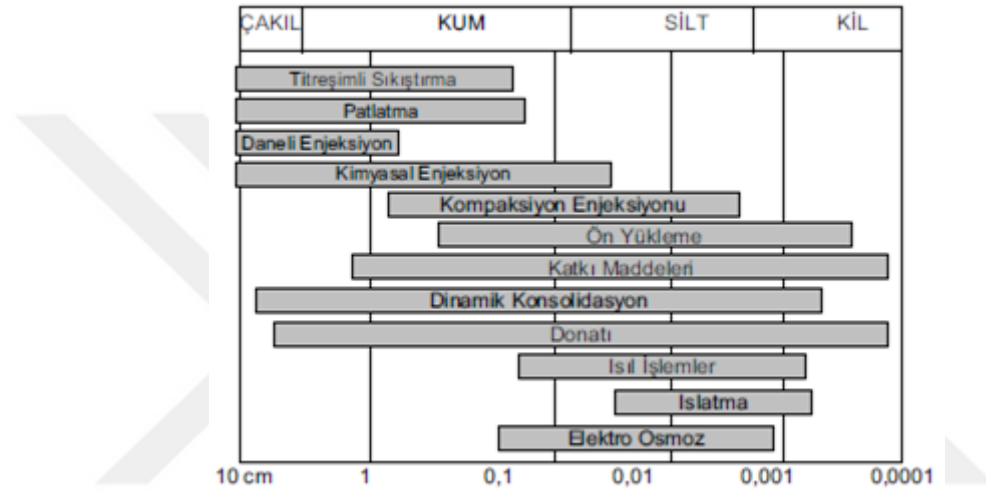
#### 3.2 Zemin Stabilizasyonu Yapılmasının Amaçları

Zemin iyileştirme yöntemleri genel bir ifade ile mekanik araçlarla zeminin boşluk oranının azaltılması veya zemin boşluklarının çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulması amacıyla yapılır. Zemin iyileştirme yöntemleri aşağıdaki amaçlar için yapılır (Çetin, 2011; Bilge, 2011).

- Zayıf zeminlerin mukavemetlerini artırmak,
- Toplam oturmayı azaltıp konsolidasyonu hızlandırmak,
- Permeabiliteyi düşürerek geçirimsizliği sağlamak,
- Dolgu ve şevlerin stabilitesini sağlamak,
- İstinat duvarlarını desteklemek,
- Zeminin potansiyel sıvılaşma riskini azaltmak,
- Deprem ve heyelan gibi doğal afetlere karşı önlem almak
- Kumlu zeminlerin sıkılığı, killi zeminlerin kıvamını iyileştirmek.
- Sıkışabilirliği azaltmak.
- Şişme ve büzülme potansiyeli düşürmek.
- Borulanmaya karşı mukavemeti arttırmak.

### 3.3 Zemin İyileştirme Yöntemleri

Zemin stabilizasyon yöntemleri zeminin kohezyonlu olup olmadığına, suya doygunluğuna, konsolidasyon durumuna, zeminin tabaka derinliğine ve içindeki organik madde miktarına göre farklılık arz eder. Zemin cinslerine göre stabilizasyon yöntemleri Şekil 3.1 yardımıyla ifade edilmiştir. Stabilizasyon amacına göre kullanılacak zemin ıslah yöntemleri ise Çizelge 3.1’de yer almaktadır (Yılmaz, 2015).



Şekil 3.1. Dane boyutuna göre iyileştirme yöntemlerinin uygulanabilirliği (Yılmaz, 2015).

Çizelge 3.1. Stabilizasyon yöntemleri

Stabilizasyon			
Derin Stabilizasyon		Yüzeysel Stabilizasyon	
Kohezyonlu Zeminler	Kohezyonsuz Zeminler	Katkılı Stabilizasyon	Katkısız Stabilizasyon
ÖnYükleme Yöntemi	Derin Kompaksiyon	Mekanik Stabilizasyon	Kompaksiyon
Kum Direnleri Yöntemi	Derin Vibrasyon	Çimento ile Stabilizasyon	Direnaj
Elektro-ozmoz Yöntemi	Kompaksiyon Kazıkları	Kireç ile Stabilizasyon	-
Isı İle Stabilizasyon	Patlayıcılar	Bitüm ile Stabilizasyon	-
-	Enjeksiyon	-	-

Şekil 3.1’de ve Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi, farklı amaçlar için zemin cinsine bağlı olarak değişik stabilizasyon metotları uygulanmaktadır. Zeminin olumsuz özellikleri belirlendikten sonra, uygun stabilizasyon metoduna karar verilir. Zemin stabilizasyonu ile zeminin olumsuz özellikleri ıslah edilir.

### **3.4 Mekanik Stabilizasyon**

Mekanik stabilizasyon yük altında kalıcı deformasyonlar meydana getirmeyen stabil zeminlerin elde edilmesi amacıyla iki veya daha fazla zeminin farklı oranlarda birbiriyle karıştırılması sonucu istenilen şartları sağlayan zeminin elde edilmesi olarak tanımlanabilir (Yılmaz, 2015). Burada amaç zeminin yük altında sıkışması sonucu gösterdiği kalıcı deformasyondan sonra yeniden deformasyona uğramaması yani oturmuş bir zemin elde edilmesidir (Cömert, 2012).

Mekanik stabilizasyonun amaçları şu şekilde ifade edilebilir.

- Gradasyonun düzeltilmesi,
- Likit limit ve plastisite indisi değerlerinin düşürülmesi,
- Drenaj özelliklerinin artırılması,
- Oturmaların ve donma-çözülme etkilerinin azaltılması,
- Dayanım ve durabilite özelliklerinin artırılması,
- Kapilaritenin azaltılması (Yılmaz, 2015).

### **3.5 Kimyasal Stabilizasyon**

Zeminlerin belirli mühendislik özelliklerini iyileştirmek ve bazı fiziksel özelliklerini değiştirmek için zemine değişik katkı maddeleri karıştırılabilir (Gücek, 2011). Katkı maddeleriyle stabilizasyonda, çevre ve yükleme şartlarına göre zeminin geoteknik özelliklerinin güvenli, ekonomik ve doğal bir malzeme ile iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (Yılmaz, 2015). Yaygın olarak kullanılan katkı maddeleri arasında mermer tozu, kireç, çimento, uçucu küller, asfalt ve bazı kimyasal maddeler sayılabilir. Bu stabilize edici maddeler şişen zemine ilave edilerek zeminin özelliklerini iyileştirilebilir (Gücek, 2011).

İyileştirme için zemine katılabilen malzemeler geniş kapsamlı ve değişken özelliklere sahiptir. Kullanılacak olan katkı maddesinin türü uygulanacak zeminin cinsine, kullanım amacına, amaçlanan mühendislik özelliklerine, mühendislik özelliklerinin minimum gereksinimlerine, malzemelerin bulunma durumuna, maliyetine ve çevresel kaygılara bağlıdır (Erdem, 2017).

Katkı maddeleri ile zemin stabilizasyonu öncelikle ulaşım yapılarının tabakalarında kullanılmaya başlanmıştır daha sonra su yapılarında ve hafif yapı temellerinde bu uygulamadan yararlanılmıştır. Böylece mühendislik özellikleri yetersiz olan zeminlerin iyileştirilmesi sağlanmıştır. Kimyasal stabilizasyon yöntemi, zemin özelliklerinin iyileştirilmesi açısından en etkin ve uygun maliyetli yöntemdir (Yılmaz, 2015).

Kimyasal stabilizasyonun ana amaçları şu şekilde özetlenebilir (Yılmaz, 2015):

- Hacim sabitliğini sağlama,
- Dayanımı arttırma,
- Meydana gelebilecek deformasyonları azaltma,
- Durabiliteyi arttırma,
- Permeabiliteyi azaltma,
- Aşınabilirliği azaltma,
- Taşıma gücünü arttırma,
- Oturmaları azaltma,
- Değişkenliği kontrol etme,
- Şişme ve büzülme azaltma,
- Şev kaymalarını önlemek üzere güvenlik sayısını arttırma

### **3.5.1 Kireç ile stabilizasyon**

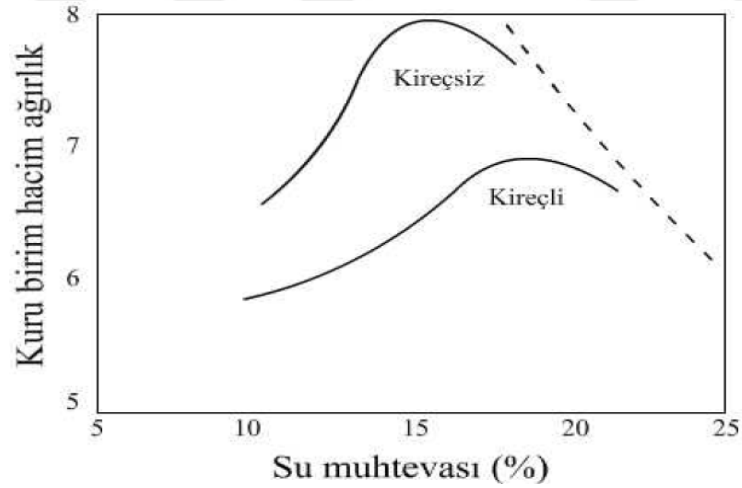
Kireç insanoğlunun kullandığı ilk kimyasal yapı malzemelerinden biridir ve birçok zemin içinde stabilizasyon amacıyla kullanılabilir (Fotoğraf 3.1). Kireç stabilizasyonu ile zemin özelliklerinin iyileştirilmesinde amaç,  $I_p$  değerini ve şişme potansiyelini azaltmak, mukavemeti ve durabiliteyi arttırmaktır (Şengül, 2010). Birçok projede

zeminde oluşacak olan şişmeyi azaltmak ve işlenebilirliği artırmak için kireç katkısı kullanılmıştır. Özellikle karayolu projelerinde başarıyla uygulanmaktadır (Taşcı, 2011).



**Fotoğraf 3.1.** Kireçle zemin stabilizasyonu (URL-4, 2018)

Şekil 3.2’de görüldüğü üzere zemin kireç karışımı, kirecsiz zeminden daha düşük yoğunlukta sıkışmaktadır. Zemin kireç karışımlarında optimum su içeriği fazla maksimum kuru yoğunluk daha az olmakla birlikte kireç ilavesiz zemine göre daha iyi sıkışır (Alataş, 1996).



**Şekil 3.2.** Kirecin kompaksiyon karakteristiklerine etkisi (Taşcı, 2011)

Kil içeren zeminlerin önemli bir bölümü, %3-%8 arası sönmüş kireç eklenmesiyle iyileşmektedir. Bu iyileşme sürecinde kireç kil mineralindeki silisle reaksiyona girer ve oluşan jel kil danelerini çevreleyip boşlukları tıkar ve sertleşme başlar (Çakılcıoğlu, 2007). Böylece, zemin kil özelliğini kaybederek silt gibi davranmaya başlar ve sertleşerek plastik kıvamdan katı kıvama geçer.

Zemin sınıfı; CH, CL, MH, ML, ML-CL, SC, SM-SC, SM, GC, GM-GC olan ve silt, kil içeren ince gradasyonlu zeminler kireçle stabilize edilerek ıslah edilmeleri mümkündür. Kireç bu zeminlerle reaksiyona girerek plastisitenin düşmesini, işlenebilirliğin artmasını, şişmenin azalmasını, mukavemetin artmasını, ortamın pH'nın düşmesini sağlamaktadır. Kireç stabilizasyonu için hidrata kireç (sönmüş kireç,  $\text{Ca(OH)}_2$  yani kalsiyum hidroksit) kullanılmaktadır. Sönmemiş kireç (CaO) ise yakıcı ve tehlikeli olması nedeniyle çoğunlukla kullanılmamaktadır. Karayolları şartnamesine göre stabilizasyonda kullanılacak kirecin özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir (Şengül, 2010).

**Çizelge 3.2.** Stabilizasyonda kullanılacak kirecin kimyasal ve fiziksel özellikleri

Özellik (TS EN 459-2)	Sönmemiş Kireç	Sönmüş Kireç
CO <sub>2</sub> , %	<7	<7
Toplam (CO <sub>2</sub> +MgO),%	>80	>80
SO <sub>3</sub> ,%	<2	<2
MgO,%	<10	<10
SIO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SO <sub>3</sub> ,%	<5	<5
Ağırlıkça elekte kalan,%		0.09 mm<7 0.02mm<2

### 3.5.2 Çimento ile stabilizasyon

Zemin çimento stabilizasyonu, ufalanması mümkün olan zeminlerin belirli oranlarda çimento ilavesiyle sertleşme başlamadan önce optimum su muhtevasında maksimum yoğunluk elde edilebilecek şekilde sıkıştırılmasıdır (Alataş, 1989).

Zemin çimento stabilizasyonu, bugün dünyanın birçok yerinde ekonomik inşaat sistemi olarak kullanılmaktadır. Zemin çimento stabilizasyonu, yol inşaatlarında daha çok siltli ve killi zeminlere uygulanır (Fotoğraf 3.2). Genellikle stabilizasyon kalınlığı 0.15 m kadar yapılır. Bunun sebebi karışım makinelerinin daha derin tabakaları etkileyememesidir. Daha kalın stabilizasyon ihtiyacı olduğunda birden fazla tabaka halinde yapılması uygun olur. Çimento stabilizasyonunda uygun sonuçlar veren zemin granülometrisi Çizelge 3.3'deki sınırlar arasında olmalıdır (Kizirgil, 2001).



**Fotoğraf 3.2.** Çimento ile zemin stabilizasyonu (URL-5, 2018)

**Çizelge 3.3.** Zemin çimento stabilizasyonuna uygun zemin granülometrisi sınır değerleri

Elek No	(%) Geçen
4 (4.76 mm)	80-100
10 (2.00 mm)	50-100
40 (0.42 mm)	20-95
80 (0.177 mm)	10-65
200 (0.074 mm)	5-15

Çimento ile stabilizasyonda genellikle portland çimentosu kullanılır ve zemine kuru birim hacim ağırlığının %5-%15'i kadar çimento katılarak katkı malzemeli zemine kompaksiyon uygulanır. Çimento, daneler arasında bağlar oluşturur ve oluşan zeminin mukavemetini artırır. Uygun çimento ve su miktarı, serbest basınç ve diğer dayanıklılık deneyleri ile belirlenir. İnce daneli zemin ise, optimum su muhtevsından biraz fazla olan su muhtevası ile çalışır (Şengül, 2010).

Kil ile çimento karışımının sonuçları, kireç stabilizasyonu sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Çimento ile stabilizasyonda likit limit, plastisite indisi, zeminin hacim değişikliği potansiyeli azalır ve rötire limiti ile kayma dayanımı artar. Ancak yüksek plastisiteli killer için portland çimentosu kireç kadar etkili değildir (Taşcı, 2011).

### 3.5.3 Bitüm ile stabilizasyon

Bitüm ile stabilizasyon yaygın olarak karayollarında kullanılmaktadır. Kireç ve çimento stabilizasyonu puzolanik reaksiyonlar sonucu zeminin mukavemetini arttırırken, bitüm stabilizasyonu daneleri birleştirici yönde bir rol oynayarak zeminin suyun zararlı etkilerinden korunması sağlar. Bitüm danelerin yüzeyini kaplayarak ince daneli zeminlerin sudan yumuşamasını önler, iri daneli zeminlerin ise kohezyon kazanmasını sağlar. Ayrıca, danelerin birbirine yapışmasını sağlayarak su ve rüzgar erozyonuna karşı direnci arttırmaktadır (Şengül, 2010). Bitümle stabilizasyon özellikle yollarda, yüzey kaplamasında tercih edilir ve katkı maddesi olarak yaklaşık %5, %10 oranlarında asfalt veya katran gibi malzemeler kullanılır (Fotoğraf 3.3) (Yılmaz, 2015).



**Fotoğraf 3.3.** Bitüm ile stabilizasyon (URL-6, 2018)

Kohezyonsuz zeminlerde bitüm ile stabilizasyonda amaç, zemini su geçirmez hale getirirken diğer yandan zemin danelerini birbirine bağlayarak yük taşıma kapasitesini arttırmak, ince daneli zeminlerin bitümle stabilizasyonunda ise esas hedef geçirimsizliğin azaltmaktır (Yılmaz, 2015). Kohezyonlu zeminler yüksek su içeriğine maruz kaldığında şişme özelliği gösterdiği için bitüm ile stabilize edildiğinde, asfalt filmi zemin danelerini sarar ve geçirimsiz bir tabaka elde edilmiş olur. Ayrıca, asfaltın bağlayıcılık özelliğinden dolayı yüksek kohezyonlu bir zemin elde edilebilir. Bitüm ile stabilizasyonun kohezyonlu zeminlere uygulanmasındaki zorluklardan dolayı, 200 nolu elek altı malzemenin %12'den az olması şartı getirilmiştir (Şengül, 2010).

### 3.5.4. Metal cüruf ile stabilizasyon

Geoteknik mühendisliğinde, zeminlerin yüzeysel stabilizasyonları için kullanılan son yıllarda ortaya çıkmış farklı bir alternatif malzeme de metal cürufudur (Fotoğraf 3.4). Metal cürufu tamamen saf olmayan metallerin sıcak haddehanede eritilmesiyle ortaya çıkan ve yoğunluk farklıyla yüzeyde biriken artık bir sanayi ürünüdür. Bünyesinde esas olarak silikatlar ( $\text{SiO}_2$ ), kireç ve alüminyumoksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ihtiva eder. Ayrıca az miktarda da olsa, demir oksit ( $\text{FeO}$ ), magnezyum oksit ( $\text{MgO}$ ) ve sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) gibi bazik oksitlere de rastlanır (Çetin, 2011).



**Fotoğraf 3.4.** Metal cüruf (URL-6, 2018)

Metal cüruflar, hafif metalin havayla temas edip oksitlenmesiyle oluştuğu için metal küfü olarak da bilinir. Tüm sıvı çelik üretiminin %8-%10'u arası miktarda cüruf oluşmaktadır. 2010 yılı verileri temel alındığında bu rakam yüz binlerce ton cüruf olarak belirlenmiştir. Oluşan bu cürufu bertaraf edilebilmesi için günümüzde kullanılan bilimsel bir metot bulunmamaktadır.

Sanayi atığı olarak ortaya çıkan yüksek miktardaki metal cürufu, son yıllarda geoteknik mühendisliği çerçevesinde, alternatif yüzeysel zemin stabilizasyonu malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Böylece hem artık maddelerin çevreye olan zararları kontrol altına alınmış olup hem de inşaat sektöründe temel altı dolgusu olacak yumuşak zemin stabilizasyonu sağlanmaktadır (Çetin, 2011).

Yollar Fenni Şartnamesi 14. kısımda yer alan dolgu malzemesi olarak kullanılabilme imkânı bu bölümde metal cürufu üzerinde yapılan deneylerle araştırılmıştır. Likit limit

ve plastisite indeksi için aranan şartlara metal cürufu uygunluk gösterir. Metal cürufu aynı zamanda Yollar Fenni Şartnamesi 66. kısımda ve 67. kısımda yer alan alttemel ve temel malzemesi olarak değerlendirilmesi hususunda, hava tesirlerine karşı dayanıklılık ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), aşınma kaybı (Los Angeles), likit limit, plastisite indisi deneyleri için aranan şartlara da uygundur (Erol, 2008).

### 3.5.5 Uçucu kül ile stabilizasyon

Türkiye’de elektrik enerjisi, kömüre dayalı termik santrallerden, hidroelektrik santrallerinden ve doğalgaz santrallerinden elde edilmektedir. Elektrik üretimi için düşük kalorili linyit kömürlerinin yakıldığı termik santrallerde, elektrik üretimi sırasında toz haldeki kömürün yanması sonucu meydana gelen kül danecikleri elektro filtreler yardımıyla tutulur. Endüstriyel bir atık olan ve uçabilen bu küllere, uçucu kül (UK) adı verilmektedir (Şengül, 2010).

Uçucu kül; alüminyum, silisyum, çeşitli oksitler ve alkaliler içeren kendi kendine bağlayıcı özelliği çok az olan yada hiç olmayan, ancak su ve kireçle birlikte kimyasal reaksiyona girdiklerinde bağlayıcılık kazanan puzolanik bir malzemedir. Uçucu kül bu özelliği ile kireç ve kil arasındaki puzolanik reaksiyonu artırmak ve böylece zeminin dane çapını büyütmek için zemine ilave edilir (Taşcı, 2011). Kireç ve su ile karıştırıldıktan sonra artan süre ile birlikte uçucu küllerin puzolanik özellikleri artmaktadır. Ayrıca CaO miktarı yüksek uçucu küller, daha iyi puzolanik özellik göstermektedir (Bilge, 2011).

Puzolanik özelliği etkileyen faktörler şöyle sıralanabilir:

- Uçucu kül içerisindeki  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  miktarının artması ve bu bileşiklerin amorf yapıda olması puzolanik özelliğini artırır.
- Uçucu kül içinde bulunan CaO,  $\text{SO}_3$  ve alkali oksitlerin, puzolanik özelliği ne şekilde etkilediği tam olarak bilinmemektedir.

- Klde yanmamış karbon miktarının artması puzolanik özelliğin azalmasına neden olur. Çünkü karbon boşluklu bir yapıya sahip olduğu için dayanımı düşüktür ve karışım su ihtiyaını arttırır.
- Uçucu küllerin puzolanik özelliği ve mekanik dayanım incelikte birlikte artmaktadır (Çakılcıoğlu, 2007).

Uçucu küller, geoteknik mühendisliği alanında geniş bir kullanım alanına sahiptir. Uçucu kül zeminler için katkı malzemesi olarak zemin iyileştirilmesi, enjeksiyon ve dolgu malzemesi gibi temel amaçlara hizmet edebilmektedir (Fotoğraf 3.5).

Uygulamada;

- Zemin stabilizasyonunda, zemin özelliklerini iyileştirici katkı malzemesi olarak,
- Dolgu malzemesi olarak; Kanal kazı dolgu malzemesi, temel altı dolgusu, istinat duvarı arka dolgusu, baraj dolgu malzemesi, yol inşaatında dolgu malzemesi olarak,
- Enjeksiyon malzemesi olarak,
- Atık depolama tesislerinde taban, yan ve üst sızdırmazlık tabakası olarak kullanılırlar (Gümüşer, 2009).



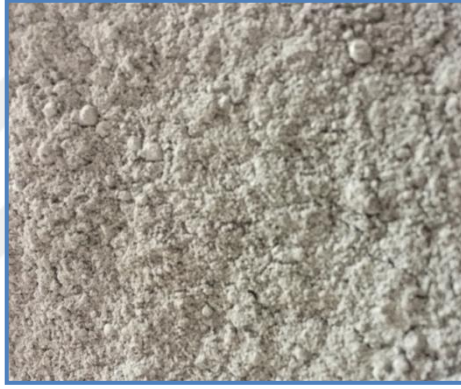
**Fotoğraf 3.5.** Uçucu külün zemin stabilizasyonunda kullanımı (URL-4, 2018)

Kaba gradasyonlu zeminlerde (GW, GP, GM, GM, GC, SW, SP, SM, SC veya bunların karışımı) etkin bir puzolanik malzeme olarak kullanılır. Uçucu kül katkısının, zeminin geoteknik özellikleri; kıvam limitleri, kompaksiyon, kayma mukavemeti, şıkışma,

permabilite ve dinamik özellikleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Şengül, 2010).

### 3.5.6 Silis dumanı ile stabilizasyon

Silis dumanı elektrometalürji sanayinde silisyum ferrosilisyum alaşımlarının üretiminde bir yan ürün olarak elde edilir (Fotoğraf 3.6). Kuvarsın 2000 °C ısıtılmasıyla elde edilen silis dumanı, puzolanik değeri yüksek olup çok küçük küresel daneli yapıdadır. Silis dumanı ile ilgili çalışmalar 1952 yılında Norveç'te başlamış, çalışma sonuçları 1970'lerin başında açıklanmış ve 1970'lerin sonlarında beton sektöründe pratik olarak kullanılmaya başlanmıştır (Günaydın, 2011).



**Fotoğraf 3.6.** Silis dumanı (URL-8 , 2018)

Toplam silis dumanı üretimi dünyada yaklaşık 1 milyon tondur. ABD'de 130.000 ton, Norveç'te 120.000 ton ve geriye kalanı diğer ülkelerde üretilmektedir. Kuzey Amerika'da 13 adet silikon, silis dumanı ve ferrosilikon üreten santral vardır (Topçu, 2004).

Normal portland çimentosu üretimi enerji tüketimi pahalı bir yöntem olduğundan beton dayanımını artırmada silis dumanı, cüruf, uçucu kül ve doğal puzolan gibi mineral katkıları kullanılmaktadır. Silis dumanının minerolojik bileşimi Çizelge 3.4'de verilmiştir.

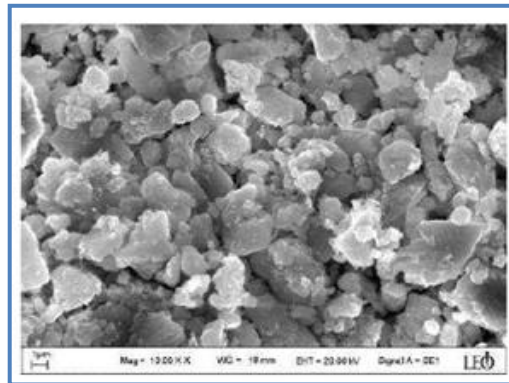
**Çizelge 3.4.** Silis dumanının kimyasal kompozisyonu (Topçu, 2004)

Bileşenler Bileşen	Bileşen Miktarları (%)
Silisyumdioksit (SiO <sub>2</sub> )	91
Alüminyumoksit (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.58
Demiroksit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.24
Kalsiyumoksit (CaO)	0.71
Magnezyumoksit (MgO)	0.33
Kükürttrioksit (SO <sub>3</sub> )	1.06
Klorür (Cl)	0.09

El-Shourbagy vd., silis dumanı ve kirecin killi zeminlerin mühendislik özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Kirecin %5-%9 ve silis dumanının %10 oranında eklenmesi ile hazırlanan numunelerde mühendislik özelliklerini artırdığı gözlenmiştir. Fiziksel özelliklerde (kıvam limitleri, kabarma potansiyeli) gelişmeler gösterdiği sonucuna varılmıştır (Günaydın, 2011).

### 3.5.7 Mermer tozu ile stabilizasyon

Kireçtaşı veya dolomitlerin genel yada yerel başkalaşıma uğraması sonucu oluşan mermer, yerkürenin değişik yerlerinde bulunabilen ağır ve sert bir kayadır. İlksel kayaç grubunda bulunan mermerin damarlı yapısı ve rengi, içerdiği zengin metal oksitlere ve kil düzeyine bağlıdır. Mermer tozu 1 mm den küçük daneli kalker orijinli atıklardır (Şekil 3.3) (Bozkurt, 2015).



**Şekil 3.3.** 1-5µm arasında değişen mermer tozu danecikleri (Bozkurt, 2015)

Atık mermer tozu, mermer işleme tesislerinde blokların ve plakaların kesilmesi sırasında oluşan ve büyük çoğunluğu da 300 mikronun altında olan mermer danecikleridir. Kesme işleminde su kullanılması nedeniyle suyla birlikte çökeltme havuzlarına taşınır. Havuzlarda çökelen mermer tozu daha sonra atık sahalarına alınmaktadır (Fotoğraf 3.7). Bu miktarın çok büyük bir kısmı atık olarak kalmakta ve çevresel problemlere neden olmaktadır (Cömert, 2012).



**Fotoğraf 3.7.** Mermer tozu (URL-9, 2018)

Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA) raporuna göre Türkiye 5 milyar metreküp mermer rezervine sahiptir ve bilinen mermer sahalarının da %92'sinin işletmeye alınmadığı bilinmektedir. Bir metreküplük bir mermer bloğunun işlenmesi sırasında açığa çıkan toz miktarı, blok ağırlığının %30-%40'ı kadardır. Afyon bölgesindeki işletmelerde mermer blok ve plakaların kesilmesi ve parlatılması sırasında ortaya çıkan mermer tozu miktarı yılda yaklaşık 150.000 ton civarında olduğu hesaplanmıştır (Fotoğraf 3.8) (Cömert, 2012).



**Fotoğraf 3.8.** 15-20 tonluk mermer blokları

Mermer, saf kalsiyum karbonat bileşiminde olduğu zaman beyaz ve yarı saydamdır. Renkleri genellikle beyaz ve grimsidir. Fakat yabancı maddeler nedeniyle sarı, pembe, kırmızı, mavimsi, esmerimsi ve siyah gibi renklerde de olabilirler. Çizelge 3.5’de mermer tozunun fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Mermer tozunun fiziksel özellikleri (Gücek, 2011)

Hacim Yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	1.3
Gerçek Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	3.6
Partikül Boyut Dağılımı (µm)	300-45
Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> /g)	6.37
Nemlilik (%)	8

Kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat, magnezyum karbonatın yanı sıra silisyum dioksit, değişik metal oksitleri ile silikat mineralleri bulunur. Bileşimlerinin %98-%98’i CaCO<sub>3</sub>’ten (Kalsiyum karbonat) oluşmaktadır. Düşük oranda MgCO<sub>3</sub> (Magnezyum karbonat) içermektedir. CaCO<sub>3</sub> kristallerinden oluşan mermerlerde esas mineral “Kalsit”tir. Aynı zamanda az miktarda silis, silika, feldspat, demiroksit, mika, florin ve organik maddeler bulunabilir (Gücek, 2011).

Mermerin kimyasal bileşiminin kireçle benzerlik göstermesi ve mermer tozu daneciklerinin çok küçük boyutlu olması, ince daneli zeminlerin iyileştirilmesi için kireç yerine mermer tozunun kullanılabileceğini ve daha düşük plastisiteye ve daha iyi işlenebilirliğe sahip olacak şekilde dönüştürülebilirler (Zorluer ve Usta, 2003).

Mermer atıklarının kullanım alanları başlıklar halinde verilecek olursa;

- İnşaat Sektörü
- Seramik Sektörü
- Çimento İmalat Sanayi
- Plastik Sanayi
- Kağıt sanayi
- Tarım ve Gübre Sanayi
- Yem Sanayi

- Boya Sanayi
- Yol Yapımında
- Demiryolu Zemin Malzemesi
- Cam Sanayi
- Kimya Sanayi
- Soda Üretimi
- Refrakter Malzeme Üretimi
- Oto Lastiği Üretimi
- Patlayıcı Malzeme Üretimi
- Temizlik Malzeme Üretimi
- Hasere Öldürücü İlaçlarda

olarak söylenebilir (Aydın, 2013).

## BÖLÜM IV

### KİLLİ ZEMİNLERİN STABİLİZASYONU ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Literatürde yüksek fırın cürufu, silis dumanı, uçucu kül vb. atık malzemelerin killi zeminlerin stabilizasyonu üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Aşağıda özellikle mermer tozu atığı kullanımını başta olmak üzere atıkların zemin stabilizasyonu üzerindeki etkileri ile ilgili çeşitli çalışmalara yer verilmiştir.

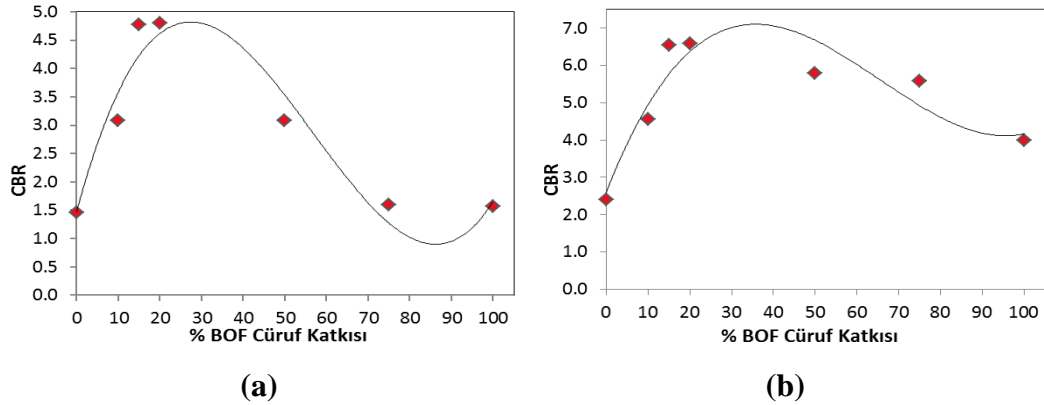
Keskin vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, hem katkısız hem de %5 ve %10 oranlarında mermer tozu, pomza tozu ve kireç tozu katkı malzemelerini kullanılarak stabilize edilmiş ince daneli zeminlerin donma-çözölmeye işlemi uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki serbest basınç mukavemeti değışimleri incelenmiştir. Hazırlanan numuneler; anlık, 48 saat, 1 hafta ve 1 ay olmak üzere farklı kür süreleri ile 1 ve 2 donma-çözölmeye çevrimlerinden sonra serbest basınç deneyine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak incelenen kil numunesinin serbest basınç mukavemetini mermer tozunun %25 seviyelerine kadar düşürdüğü, pomza tozunun %123 seviyelerine yükselttiği ve kireç tozunun % 389 seviyelerine kadar yükselttiği görölmüştür. Donma-çözölmeye maruz bırakılan numunelerin serbest basınç mukavemetlerinde ise katkısız durumda %81 seviyelerine, mermer tozu katkılı durumda %37 seviyelerine, pomza tozu katkılı durumda %56 seviyelerine ve kireç taşı katkılı durumda %73 seviyelerine kadar azalma gözlenmiştir.

Zorluer ve Usta (2003) çalışmalarında, zemin numunesi olarak Meşelik kili, katkı maddesi olarak mermer tozu kullanmışlardır. Numuneler, Meşelik kilinin atık mermer tozu ile belirli oranlarda karıştırılarak standart proctor sıkıştırma enerjisi ile hazırlanmış ve numunelerin şişme yüzdeleri Ödometre deneyleri ile belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre atık mermer tozunun killerin şişme potansiyelini etkilediğini ve atık mermer tozunun zemin iyileştirmesinde kullanılabilir bir malzeme olduğu sonucuna varmışlardır.

Sivrikaya vd. (2014) çalışmalarında, zemin özelliklerine en uygun doğal taş atık türü seçiminin ve killi zeminlerin stabilizasyonu açısından killi zeminlerin indeks ve

kompaksiyon parametreleri üzerindeki etkisinin belirlenmesiyle doğal taş endüstriyel atıkların değerlendirilmesine katkısı incelenmiştir. Bu amaçla kalsitik mermer, dolomitik mermer ve granit tesis atıklarının killi zeminlerin iyileştirmesi için katkı maddesi olarak kullanılabilirliğini kıyaslayarak araştırılmıştır. Kil malzemesi bentonit ve kaolenden oluşup düşük ve yüksek plastisiteli yapay zeminler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kullanılan tüm atık taş tozları stabilizasyon malzemesi olarak kullanılabilir olmakla birlikte, kimyasal içerik açısından bağlı olarak da özellikle dolomitik mermer atık tozunun diğerlerine göre daha efektif katkı sağladığı görülmüştür.

Türedi vd. (2017) çalışmalarında, İSDEMİR'den (İskenderun Demir ve Çelik A.Ş.) temin edilen çelikhane cürufu (BOF cürufu) farklı oranlarda kil zeminle karıştırılarak atık malzemenin CBR değeri üzerine etkisini araştırılmışlardır. BOF cürufu doğal kil zeminlere %5, %10, %15, %20, %50, %75 ve %100 oranlarında ilave etmişlerdir. BOF cürufunun farklı oranlarda doğal kil zeminlere katılması durumunda yük penetrasyon eğrileri çizilmiş ve her bir deneyde 2.5 mm ve 5.0 mm'lik penetrasyonlar için CBR değerleri hesaplanmış, BOF cürufu ilavesinin CBR değeri üzerindeki etkilerini araştırılmışlardır.

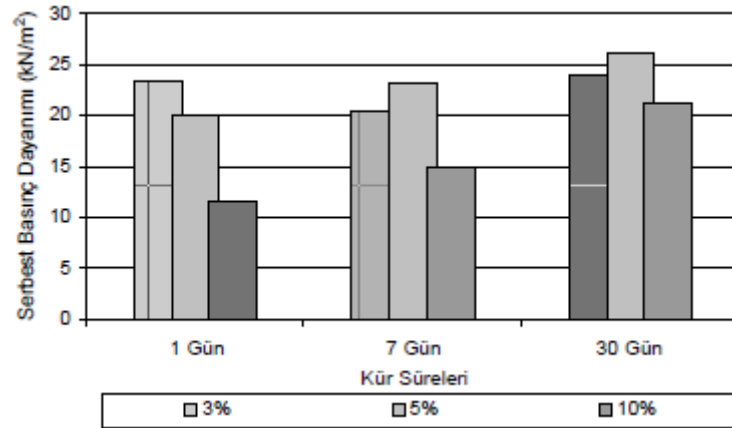


**Şekil 4.1.** 2.5 mm için (a), 5.0 mm için (b) % CBR-% BOF Cüruf ilişkisi (Türedi vd., 2017)

Deney sonuçlarına göre her iki batmaya karşılık gelen CBR sonuçlarında en iyi verimi %30 ve %35 BOF cürufu katkısı ile sağlandığı belirlenmiştir (Şekil 4.1). Deney sonuçlarına göre %35 BOF cürufu katkısı ideal olarak kabul etmişlerdir.

Fırat ve Cömert (2011) çalışmalarında, F sınıfı uçucu kül ve çimento katkısı ile stabilize edilen iki zeminin, CBR ve dayanım değerleri üzerindeki 1, 7, 28 ve 56 günlük kür etkilerini incelenmişlerdir. Zemin olarak, biri kaolen ve kireç diğeri kaolen, bentonit ve kireç olarak iki farklı yapay zemin karışımları hazırlanmış ve hazırlanan zemin karışımları farklı oranda katkı ile karıştırılmış optimum su içeriğinde sıkıştırılmıştır. Kür süreleri sonunda karışımlar üzerinde mekanik ve fiziksel deneyler yapılmıştır. Deney sonuçlarından karışımların CBR yüzdeleri, dayanım parametreleri, dane çapı dağılımı ve bağıl yoğunlukları hesaplanmıştır. 28 gün kür sonunda, uçucu kül katkılı zeminlerin taşıma gücünde %4-%160 artış, çimento katkılı zeminlerin çoğunda ise %50'ye varan düşüş belirlenmiştir. Bu sonuçlar, çimento ve uçucu küle stabilize edilmiş zeminlerin taşıma gücü kontrolünün 28 gün kür sonunda yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Aksoy vd. (2008) çalışmalarında, killi bir zemin %0, %3, %5 ve % 10 oranlarında Tunçbilek uçucu külü katarak dört farklı numune elde etmişlerdir. Optimum su muhtevasında hazırlanmış her bir numune üzerinde 1 günlük, 7 günlük ve 30 günlük serbest basınç deneyleri yapılmıştır (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2.** Numunelerin katkı oranına bağlı olarak 1 günlük 7 günlük ve 30 günlük mukavemetleri (Aksoy vd., 2008)

Uçucu kül ilavesi ile, zeminin plastisitesi pek değişmezken, optimum su muhtevası ve serbest basınç mukavemetinin, artan uçucu kül oranı ile arttığı gözlemlenmiştir.

Eren ve Filiz (2007) çalışmalarında, zemin stabilizasyonu uygulamalarında çöp depolama alanları, baraj inşaatı vb. yerlerde su ve sıvı sızdırmazlığı amacıyla kullanılan

beyaz bentonit malzemesinin ilk olarak optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı belirlemişler, daha sonra beyaz bentonit numunesini ıslak CBR deneyine tabi tutmuşlardır. CBR yüzdesini belirlemişler ve ıslak CBR yüzdesi düşük bulunduğundan dolayı bentonit içerisine ayrı ayrı olmak üzere kireç, çimento ve consolid444+solidry katkıları ilave edilerek bentonit numunesinin taşıma gücü arttırılmaya çalışılmıştır. Kullanılan tüm katkıların CBR yüzdelinde artış meydana getirdiğini gözlemlemişlerdir.

Çimen vd. (2014) çalışmalarında, atık malzemelerin sadece zemin iyileştirme amacıyla değil, dolguda kullanılmaya uygun olan bir zeminde de kullanıldığında özelliklerinin nasıl değişeceği araştırılmıştır. Burdur numunesine değişik oranlarda mermer kırığı atılarak deneye tabi tutmuşlar ve yapılan deneysel çalışmalarla, mermer kırığı atıklarının zeminin kuru birim hacim ağırlığını ve CBR değerini arttırdığı göstermişlerdir. Mermer kırıklarının %6 oranında karıştırılmasıyla zeminin katkısız haldeki CBR değerinin ortalama %88 oranında arttığı görülmüştür (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1.** Kompaksiyon ve CBR deney sonuçlarının karşılaştırılması  
(Çimen vd., 2014)

Numune Adı	$\gamma_{kmaks}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$w_{opt}$ (%)	CBR (%)
% 100 Burdur Numunesi	2.00	12	23.3
% 100 Mermer Kırığı (1. Grup)	1.74	16	21.4
% 2 Mermer Kırığı + % 98 Burdur Numunesi (1. Grup)	2.07	13	26.0
% 6 Mermer Kırığı + % 94 Burdur Numunesi (1. Grup)	2.08	13	42.0
% 10 Mermer Kırığı + % 90 Burdur Numunesi (1. Grup)	2.10	10	20.9
% 100 Mermer Kırığı (2. Grup)	1.55	9	24.2
% 2 Mermer Kırığı + % 98 Burdur Numunesi (2. Grup)	2.05	7	35.2
% 6 Mermer Kırığı + % 94 Burdur Numunesi (2. Grup)	2.08	8	46.0
% 10 Mermer Kırığı + % 90 Burdur Numunesi (2. Grup)	2.08	8	33.4

Bilgen vd. (2012) çalışmalarında, düşük plastisiteli kile farklı oranlarda çelikhane cürufu (BOS) ve kireç karıştırılarak hazırlanan numunelere, kimyasal zemin stabilizasyonunda uygulanması gereken deneylerle ilgili olan ASTM D4609 standardına uygun olarak deneyler uygulanmışlar ve deney sonuçlarına göre, kilin serbest basınç

değerini 279 kPa bulmuşlardır. Bu basınç altında zemin numunesi %15 oranında birim şekil değiştirme yapmaktadır. Kile ağırlıkça %3.33 oranında BOS eklenmesi halinde, serbest basınç değeri 28 gün sonunda, 960 kPa'a çıkmaktadır. %5 kireç ile hazırlanan karışımda ise serbest basınç değeri 2700 kPa'ya yükselmektedir. %5 kireç ve %3.33 BOS ile hazırlanan karışım da ise serbest basınç 4000 kPa değerine yükseltmekte ve birim şekil değiştirme oranı %2'lere düşmektedir. Aynı karışım, %6 olan yaş Kaliforniya taşıma oranı (CBR) değerini 23 kat artırarak %135 değerine yükseltmektedir. Yapılan çalışma, endüstriyel bir atık olarak anılan çelikhane cürufunun, killerin mukavemet özelliklerinde istenilen yönde artışlar meydana getirdiği ve kireç ile birlikte kullanılması durumunda çok daha etkin bir katkı malzemesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

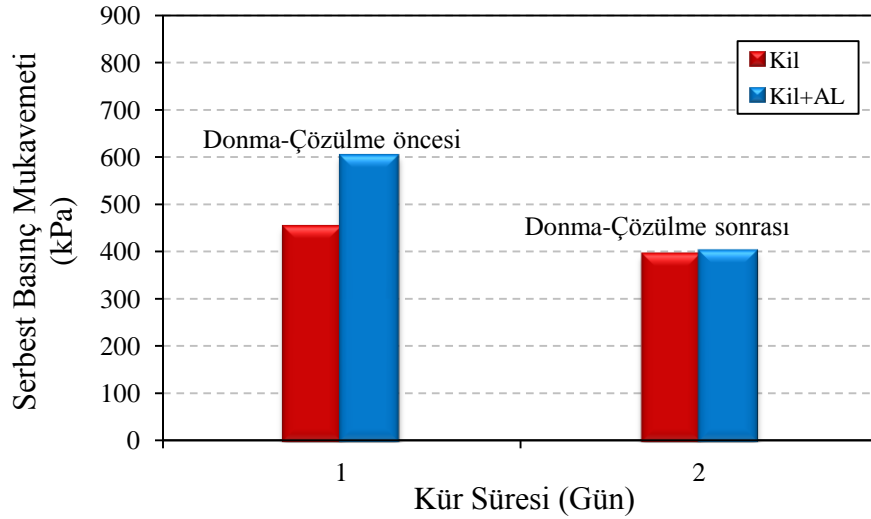
Çimen vd. (2016) çalışmalarında, inşaat atıklarının yüksek plastisiteli bir kilin bazı mühendislik özelliklerine olan etkisi araştırılmıştır. Kile ağırlıkça %2, %5, %10, %15, %20, %25, %30 ve %35 oranlarında No. 40 elek altı inşaat atıkları karıştırılarak hazırlanan numuneler üzerinde kıvam limitleri ve standart kompaksiyon deneyleri yapılmıştır. Kompaksiyon deney sonuçlarına göre sıkıştırılmış katkısız kil ile %5, %10, %20 ve %30 katkılı numuneler üzerinde, sabit hacimli şişme ve serbest basınç deneyleri de yapılmıştır. Deney sonuçları, şişen kile %10-%20 oranında inşaat atıklarının eklenmesinin şişme potansiyelinin azaltılmasında ve serbest basınç mukavemetinin artırılmasında ideal sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Kavak vd. (2009) çalışmalarında, Kireç Sanayicileri Derneği (KİSAD) ile Karayolları Genel Müdürlüğü'nün (KGM) yaptığı protokol ile kireç stabilizasyonunun gerçek bir yol üzerinde performansını incelemişlerdir. Bu çalışmada taşıma gücü, düşük ariyet ocağı malzemesi yol güzergahı üzerinde %2 kireç ile iyileştirilerek kullanılmıştır. Laboratuarda yapılan ıslak CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) deneylerinde doğal durumda 6 olan CBR değeri %2 kireç ile 80'li değerlere çıktığı gözlenmiştir. Uygulama sonrasında yeterli sıkışma değerleri elde edildikten sonra plaka yükleme deneyleri yapılarak kireçli ve kireçsiz durumlar için karşılaştırmalar yapılmıştır. Plaka yükleme deneylerinde  $10\text{kg/cm}^2$  gerilmede deformasyonlar 4.1 mm den 1.7 mm'ye, kalıcı deformasyonlar ise 2.8 mm'den 1.0 mm'ye düşmektedir. Yatak katsayı değerleri ise  $540,000\text{ kN/m}^3$  gibi çok yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu çalışma ve Ankara Gölbaşı bölgesinde yapılan çalışmalar sonrasında Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma

daireesi tarafından yapılan çalışmalarla Kireç Stabilizasyonu Teknik Şartnamede yayınlanarak teknik anlamda uygulamanın önü açılmıştır.

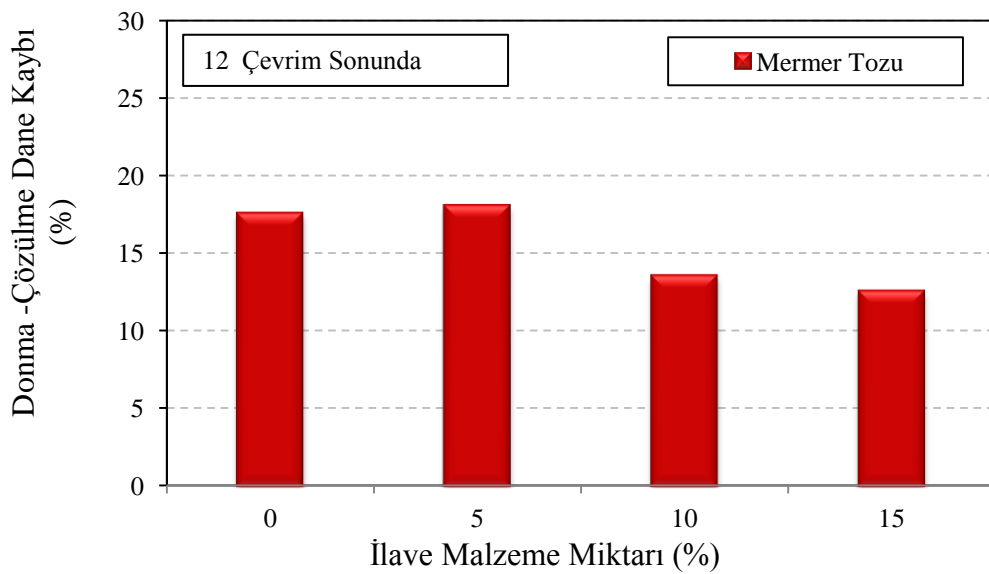
Özgan vd. (2012) çalışmalarında, kohezyonlu zeminlerin donma çözülmeye maruz kalmadan önceki ve donma çözülmeye maruz kaldıktan sonraki fiziksel özellikleri belirlemişler bu bağlamda zeminlerin fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler karşılaştırılarak incelemişlerdir. Bu amaçla, “TS 1901 Sondaj Yolları ile Örselenmemiş Numune Alma Yöntemine” göre 1 m ve 2 m derinliklerinden alınan örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde likit limit, plastik limit, rötre limiti, özgül ağırlık, elek analizi ve hidrometre deneyleri yapılmıştır. Zemin numunelerinin doğal durumdaki özellikleri belirlendikten sonra aynı yerden alınan diğer numunelerde ise donma çözülme etkisini belirleyebilmek için “TS EN 1367-1 Agregaların Donma Çözülme Karşı Direncinin Tayini Yöntemi” ’ne göre donma çözülmeye maruz bırakılmışlardır. Zemin örnekleri üzerinde donma çözülme sonrasında da likit limit, plastik limit, rötre limiti, özgül ağırlık, elek analizi ve hidrometre deneyleri yapılmıştır. Deneylerden elde edilen verilerden faydalanılarak zeminlerin donma çözülme öncesi ve donma çözülme sonrası fiziksel özelliklerindeki değişimin etkisi karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Yarbaşı (2015) çalışmasında, atık olan lastik parçalarıyla güçlendirilmiş killi zeminin donma-çözülme sonucu mukavemetlerindeki değişimi incelemiştir. Deneyler standart proktor enerjisi ile sıkıştırılmış kil numuneler üzerinde yürütülmüştür. Bu killi zemin örneğine %0.5, %1 ve %2 atık lastik (AL) ilavesi yapılarak 0, 1, 7 ve 28 günlük çalışma odası sıcaklığındaki (+21 °C) kür sonucu, serbest basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Bu değerlerden 28 günlük kür ve %0.5 AL katkısıyla güçlendirilen kil zeminin serbest basınç mukavemetini %35.3 artırmıştır (Şekil 4.3). 28 günlük kür sonucu elde edilen bu örneklerle (-21 °C, +21 °C) ve 12 çevrim olarak donma-çözülme deneyi uygulanmıştır. Elde edilen verilerden atık lastik ile güçlendirilen kil zeminin serbest basınç mukavemeti %32.9 oranında azaldığı, kütle kayıplarının ise %13.7 olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4.3.** Donma-Çözülme öncesi ve sonrası serbest basınç mukavemetlerindeki değişimin grafiksel gösterimi (Yarbaşı, 2015)

Taşpolat vd. (2006) çalışmalarında, atık depolama tabakalarında kullanılan Afyon mermer tozlarının donma ve çözülme özelliğine etkisini araştırmışlardır. Kil tabakası olarak %10 Bentonit + %90 Kaolen karışımı kullanılmıştır. Bu kil tabakası üzerine %5, %10, %15 oranında mermer tozu ilave edilmiştir. Elde edilen bu karışımlar üzerinde Donma-çözülme deneyi yapılmıştır. Alınan sonuçlara göre %10 ve %15'lik mermer tozu ilave edilen karışımların kayıp miktarında sırasıyla %13.5 ve %12.5 azalma gözlenmiştir (Şekil 4.4). Sonuç olarak; geçirimsiz kil tabakalarda çevresel şartlara karşı %10 ve %15 mermer tozu ilavesi mukavemeti arttırmaktadır.



**Şekil 4.4.** Atık mermer tozlarının Donma-Çözülme etkisi (Taşpolat vd., 2006)

Zaimoğlu vd. (2012) alışmalarındaki, deneyleri bir ince daneli zeminin standart proktor enerjisi altında sıkıştırılması ile hazırlanan numuneler üzerinde yurutulmuştur. Geleneksel yontemde yapılan deneylerde 1, 3, 5 ve 10 çevrim sonunda numunelerin serbest basınç mukavemet değerleri belirlenmiştir. Daha sonra bu değerlerin %25, %35 ve %50'sine karşılık gelen yuık numuneler üzerinde iken donma-ozulme deneyleri tekrarlanmıştır. Her iki yontem ile yapılan deneyler sonucunda numunelerin donma-ozulme dayanımları belirlenmiştir. Deney sonuçlarından üzerinde yuık olan zeminlerin donma-ozulme dayanım değerlerinin geleneksel yontem ile bulunanlardan daha az olduğu gorumuştur (izelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** Serbest basınç mukavemetleri ile bu mukavemetlerin %25, %35 ve %50'sine karşılık gelen yuık değerleri (Zaimoğlu vd., 2012)

Donma-ozulme evrim Sayısı	Serbest Basınç Mukavemeti (kPa)	Serbest Basınç Mukavemeti Yuzdeleri (kPa) $\approx$ %		
		25	35	50
0	136.3	34	48	68
1	73.5	18	26	37
3	58.8	15	21	29
5	43.1	11	15	22
10	17.6	4	6	9

Ghazavi ve Roustaei (2013) alışmalarında, donma-ozulme dongulerinin geotekstil tabakası ile gulendirilmis zeminlerin mukavemet ozelliklerine etkisini arastırmak icin UU tipi U Eksenli basınç testleri yapmışlardır. Numunenin orta yuksekliginde bulunan geotekstil tabakayla gulendirilmis killi zemin, laboratuarda sıkıştırılmış ve en fazla 9 adet kapalı sistem donma-ozulme dongusune tabi tutulmuştur, ayrıca bilgisayarlı tomografi (CT) goruntuleri de alınmıştır. Incelenen zemin icin, donma ozulme dongusunun sayısının artmasıyla takviye edilmemis zeminin u eksenli basınç dayanımının azaldığı, takviyeli orneklerin daha iyi performans gosterdiği ve mukavemet azaltma miktarının zemini gulendirerek %43'ten %14'e duştuğu bulunmuştur.

Erol (2007) alışmasında, silt zeminin mekanik ozelliklerinin uçucu kul ile iyileştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Zemin karışımları farklı kur surelerinde serbest basınç deneyine, farklı çevrimlerle donma-ozulme deneyine tabi tutulmuştur. Ayrıca

deneysel çalışmalarda çimento da kullanılarak en iyi performans yakalanmaya çalışılmıştır.

Paudel ve Wang (2010) çalışmalarında, ince daneli zeminlerin konsolidasyon özellikleri üzerinde donma-çözülme etkisinin laboratuvar test sonuçlarını sunmuştur. Zemin örnekleri Mackenzie vadisindeki iki heyelan bölgesinden toplanmıştır. Örnekler aktif katmanın altından, zemin yüzeyinin yaklaşık 1 m derinliğinde elde edilmiştir. Toplam 32 yeniden oluşturulmuş numuneler aktif tabakadaki nem koşullarını yansıtabilecek şekilde değişik su içeriklerinde hazırlanmıştır. Numuneler, 0, 3, 5, 10 donma ve çözülme döngüsünden sonra konsolidasyon ve hidrolik iletkenlik katsayısı için test edilmiş ve konsolidasyon katsayısının, donma ve çözülme işleminden sonra bir, iki kat büyüklüğünde arttığı gözlenmiştir. Bu özellikler çok daha düşük bir hızda donma-çözülme döngü sayısının artmasıyla birlikte artmaya devam etmiştir.

Ghazavi ve Roustaie (2009) çalışmalarında, donma-çözülme döngülerinin elyaf takviyeli kilin basınç dayanımı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla, çelik ve polipropilen liflerle güçlendirilmiş kaolinit kili, bir laboratuvarda sıkıştırılmış ve maksimum 10 adet kapalı sistem donma ve çözülme döngüsüne maruz bırakılmıştır. Araştırmanın sonuçları, incelenen zemin için, donma-çözülme döngü sayısındaki artışın, kil numunelerinin sıkıştırılmayan basınç dayanımının %20-%25 oranında azalmasına neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca, kil numunelerine lifin eklenmesi, zeminin sıkıştırılmamış basınç dayanımını arttırarak donma ağırlığını azaltmıştır.

Yaling ve Binbin (2014) çalışmalarında, lős türü zeminlerde donma-çözülme etkisinin, mukavemeti nasıl etkilediğini araştırmak için, direkt kesme deneyleri gerçekleştirmiştir. Farklı su içeriği ve farklı çimento içeriğine sahip zemin numunelerinin kesme mukavemeti ve indeks özellikleri üzerindeki donma-çözülme etkisinin analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, donma- çözülme davranışının zeminin kohezyonunu artırdığı ancak içsel sürtünme açısından belirgin bir değişime neden olmadığını göstermiştir.

Saygılı (2015) çalışmasında, sorunlu zeminlerin stabilize edilmesinde atık mermer tozunun kullanılması durumunu araştırılmıştır. Araştırma çalışması iki bölüme ayrılmıştır. Birinci bölüm kesme dayanımı parametreleri ve şişme özellikleri ile ilgilidir,

ikinci bölüm gelişmiş sorunlu zeminlerin mikro yapısal araştırması ile ilgilidir. İncelenen mermer tozu atık oranları ağırlıkça %0, %5, %10, %20 ve %30'dur. Zemin ve mermer tozu atıklarının fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri incelenmiş ve örneklerde SEM analizleri yapılmıştır. Test sonuçları, mermer tozu ilavesinin, kayma mukavemeti parametrelerini geliştirdiğini ve test edilen kil numunelerinin şişme potansiyelini azalttığını göstermektedir. Yüksek kalsiyum içeriği nedeniyle mermer tozunun hidratasyon sürecinde dikkate değer bir rolü olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, kil numunelerine mermer tozu ilavesinin problemlili zeminlerde yapıların yapım maliyetini azaltacağını ve atık mermer tozu için yeni kullanım alanları bulmanın çevre kirliliğini azaltacağını göstermiştir. Atık mermer tozu malzemelerinin sorunlu zeminlerde kullanılması, ekonomiye ve kaynakların korunmasına büyük katkı sağlayacaktır.

Hazırba ve Güllü (2010) tarafından yapılan çalışmada, ince daneli bir zemine CBR testleri uygulanarak, donma çözülme koşullarının etkisi incelenmiştir. Ayrıca donma çözülme koşullarının geofiber ve sentetik sıvı ihtiva eden zemin numuneleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, sentetik sıvı ile birlikte geofiber ilavesinin, donma çözülme etkisine karşı direnç sağlamada başarılı olduğunu göstermektedir. Sentetik sıvının tek başına eklenmesinin donma-çözülmenin zararlı etkisine karşı çok etkili olmadığı anlaşılmıştır. Donma-çözülme döngüsüne tabi tutulmuş örneklerin sonuçları sentetik akışkan içeren numuneler için yetersiz CBR performansı gösterirken, tek başına geofiberler ile iyileştirilen numuneler genel olarak daha iyi performans sağlamıştır.

Ghazavi ve Roustaie (2010) tarafından yapılan çalışmada, çelik ve polipropilen elyafları olan bir kaolen kili güçlendirilmiş ve maksimum 10 kapalı sistem donma-çözülme döngüsüne maruz bırakılmıştır. Donma-çözülme döngülerinin sayısının artırılmasının, kil numunelerinin tek eksenli basınç mukavemetinin ( $q_u$ ) %20-%25 oranında azalmasına neden olduğu bulunmuştur. Üstelik kil numunelerine fiber eklenmesi, zeminin tek eksenli basınç mukavemetini arttırmış ve donma dayanımını azaltmıştır. Ayrıca, çalışmanın sonuçları, %3 polipropilen elyaf ilavesinin, donma çözülme döngülerini %60 ile %160 oranında uygulamadan önce ve sonra zeminin tek eksenli basınç mukavemetinin artmasına ve donma dayanımının %70 azalmasına neden olduğunu göstermiştir.

Ural ve Yakše (2015) çalışmalarında, mermer atıklarının, yol temel malzemesi olarak değerlendirilmesi araştırılmıştır. Bu amaçla, çalışma kapsamında; hava tesirlerine ve donmaya karşı dayanıklılık deneyi, Los Angeles deneyi, yassılık indeksi deneyi, NaOH ile yapılan organik madde tespiti deneyi, su emme deneyi, Atterberg kıvam limitleri deneyi ve metilen mavisi deneyleri yapılmıştır. Deneylerde kullanılan mermer atıkları, Karayolları Teknik şartnamesinde belirtilen temel malzemesi gradasyonu aralıklarında hazırlanarak, şartnamede belirtilen fiziksel özellikleri taşıyıp taşımadıkları kontrol edilmiştir. Sonuçta, Bilecik ilinin 3 farklı bölgesinden alınan mermer atıklarının Karayolları Teknik şartnamesinde belirtilen alt temel/temel malzemesi fiziksel özelliklerini sağladığı görülmüştür.

Çetinkaya (2012) çalışmasında, kil, uçucu kül ve polipropilen lif malzemeler kullanılarak kil ve uçucu külün elek analizi, hidrometre deneyi, kıvam limitleri, piknometre ve standart proktor deneyleri yapılmıştır. Bunlara ek olarak, uçucu kül ile kil numunesinin eşit miktarda, ağırlıkça %50 oranında, karıştırılması ile oluşturulan kil- uçucu kül karışımı içerisine polipropilen lif sırasıyla karışımın ağırlıkça %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0'si oranında karıştırılmıştır. Değişik oranlardaki karışım numunelerinde standart proktor, serbest basınç ve CBR deneyleri yapılarak deney sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda, fiberli kil- uçucu kül karışımını CBR ve serbest basınç değerlerinde önemli artışa neden olmuştur. Fiberli kil- uçucu kül karışımının CBR değerinin %100, serbest basınç değerinin ise %48 artış gösterdiği görülmüştür. %1 fiber katkılı kil- uçucu kül karışımında ise fiberli karışımın CBR değerinin %500, serbest basınç değerinin ise %108 artış gösterdiği görülmüştür.

İnan vd. (2004) çalışmalarında, yumuşak kilin, iki farklı uçucu kül ile stabilizasyonu üzerine bir deneysel araştırma yapmışlardır. Bu amaçla, kuru kil ağırlığının %5, %10, %15 ve %20'si oranlarında uçucu kül içeren farklı uçucu kül-kil karışımları hazırlanmıştır. Katkısız zemine ek olarak, kireç içeriği farklı iki uçucu külden yukarıda verilen oranlarda kül eklenerek hazırlanan dörder numunenin Standart Proktor deneyi ile optimum su muhtevaları ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Optimum su muhtevasında sıkıştırılarak hazırlanan uçucu kül-zemin numunelerinin, 1, 7, 28 ve 90 günlük serbest basınç dayanımları ölçülmüştür. Deneysel çalışma sonunda, eklenen uçucu külün zeminin serbest basınç mukavemetini artırdığı görülmüştür. Bu artışın uçucu kül tipine bağlı olarak değişimler gösterdiği tespit edilmiştir. Artan kül

içeriği ve külün kireç içeriğine bağlı olan bu artışlar, puzolanik reaksiyon, uçucu külün boşlukları doldurma etkisi ve uçucu külün serbest kireç içeriğinin etkisi ile açıklanabilir.

Öntürk vd. (2014) çalışmalarında, uçucu kül ve mermer tozu atık malzemelerin stabilizasyonundaki serbest basınç dayanımı ve rijitlikleri üzerine etkisini incelenmiştir. Bu atık malzemeler muhtemel bir otoyol alt temel yapısında değerlendirilmesi için doğal zemine %5, %10 ve %15 gibi farklı oranlarda ilave edilmiştir. Hazırlanan numuneler 7 ve 14 gün boyunca küre tabi tutulmuştur. Kür süresi tamamlanan tüm karışım numunelerinin hem standart kompaksiyon değerleri hem de Kaliforniya taşıma oranı (CBR) değerleri belirlenmiştir. Zemine ilave edilen atık malzemeler sonucunda CBR değerlerinde artış olduğu görülmüştür.



## BÖLÜM V

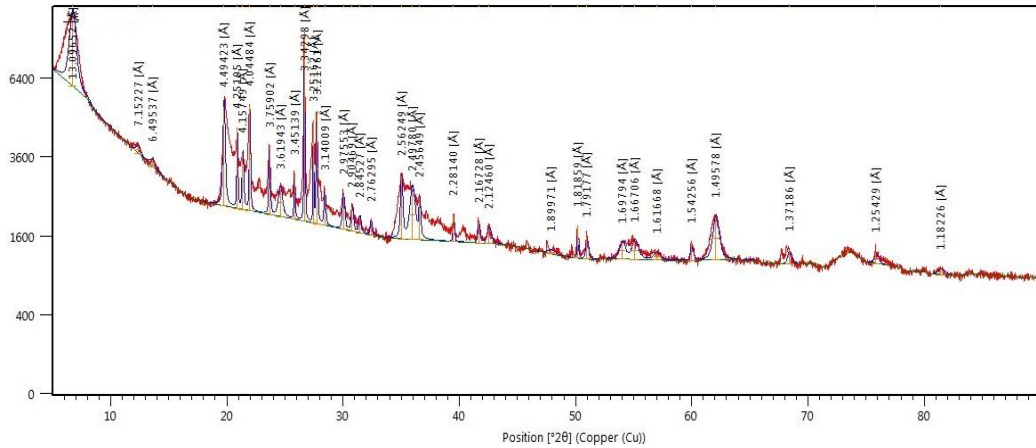
### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 5.1 Malzeme ve Mühendislik Özellikleri

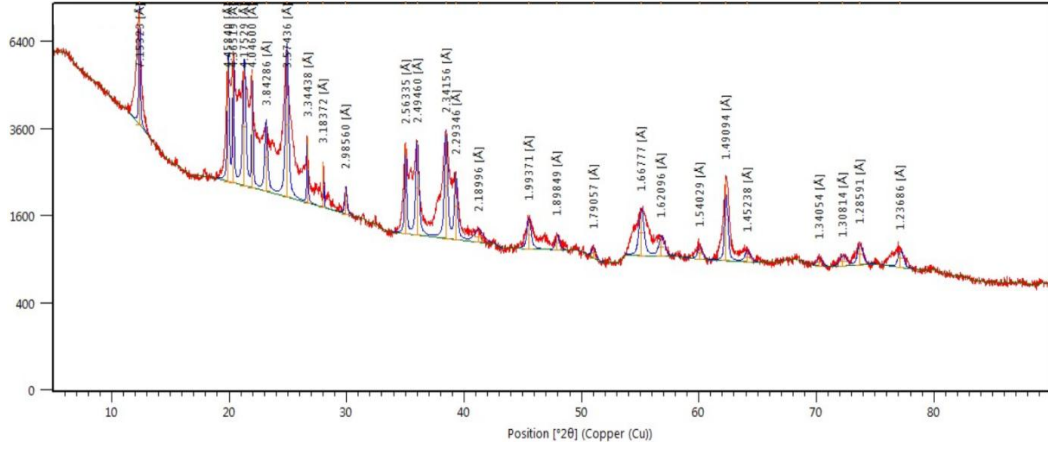
Laboratuvarda yapılması planlanan deneyler için killi zemin numunesi olarak Kaolen ve Bentonit, atık olarak ise Kalsitik ve Dolomitik mermer tozu kullanılmıştır. Kaolen ve Bentonit piyasadan Kalsitik ve Dolomitik mermer tozu atıkları ise Afyon ve Aydın’da bulunan fabrikalardan alınarak Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarı’na getirilmiştir ve bölüm laboratuvarında oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

##### 5.1.1 Mineral özellikleri

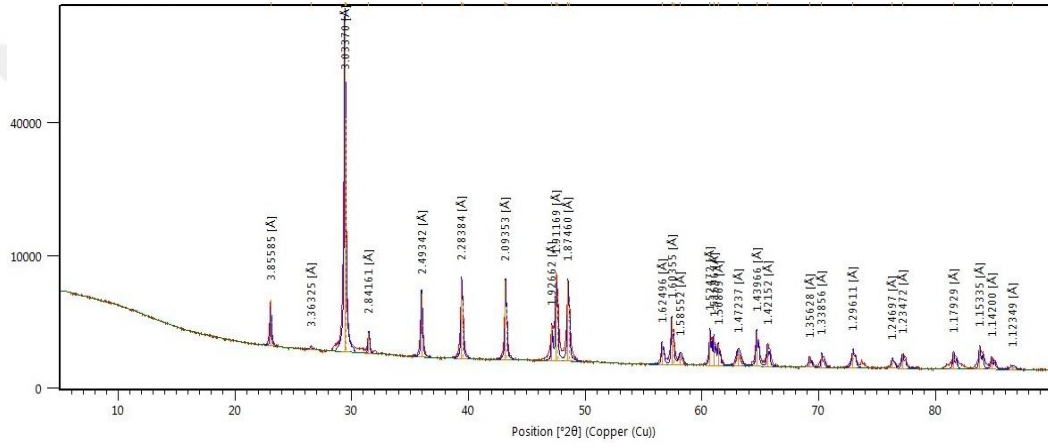
Deneyler kapsamında ilk etapta Üniversitemiz Merkez Laboratuvarı’nda mineral özelliklerini belirlemek amacıyla Kaolen, Bentonit ve atık malzemelerin (KMT ve DMT) N-XRD 2 Desen Çekimi ve Mineral Analizi (Kalitatif Değerlendirme) yapılmıştır. Yapılan N-XRD 2 Desen Çekimi ve Mineral Analizi (Kalitatif Değerlendirme) sonuçları her bir malzeme için Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4’ verilmiştir.



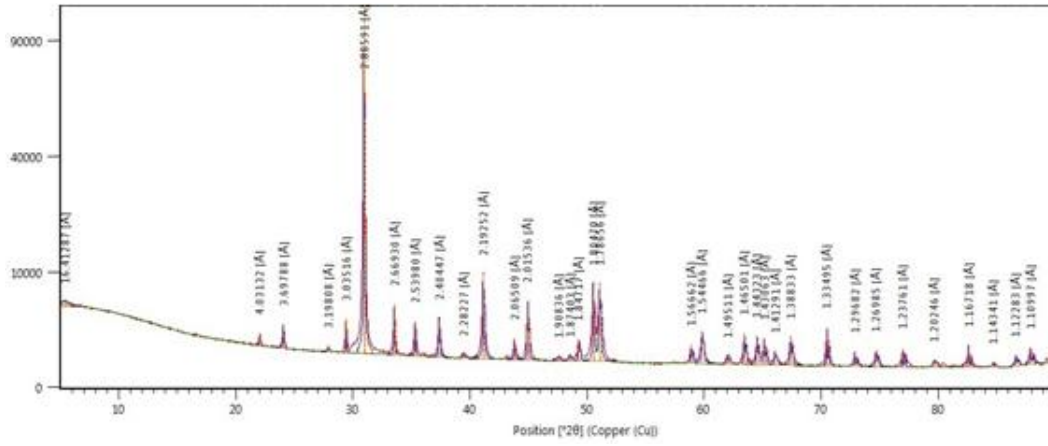
Şekil 5.1. Bentonit malzemesinin XRD analizi



Şekil 5.2. Kaolen malzemesinin XRD analizi

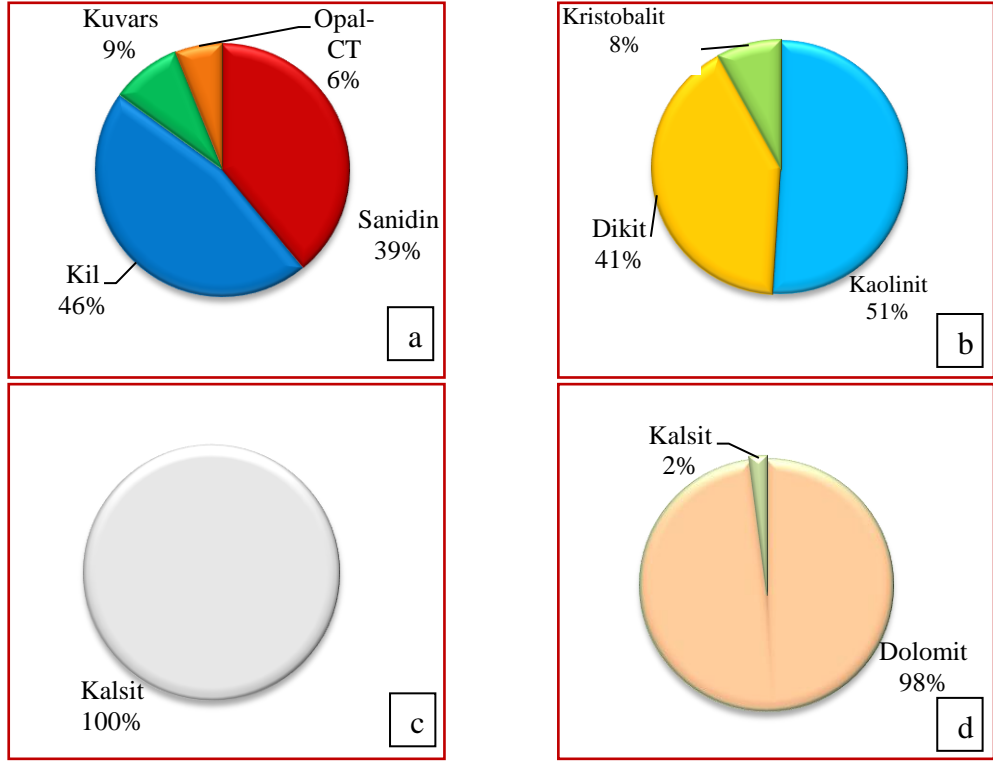


Şekil 5.3 Kalsitik mermer tozunun XRD analizi



Şekil 5.4 Dolomitik mermer tozunun XRD analizi

Her bir malzeme için, XRD 2 analizi (Desen Çekimi ve Mineral Analizi) sonuçları değerlendirilerek mineral türleri Şekil 5.5’de özetlenmiştir.



**Şekil 5.5.** Bentonit (a), Kaolen (b), KMT (c), DMT (d) malzemelerinin XRD 2 analiz sonuçlarına göre mineral türleri

Deneyler kapsamında Kaolen, Bentonit ve atık malzemelerin mineral özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan N-XRD 2 Desen Çekimi ve Mineral Analizi (Kalitatif Değerlendirme) sonuçlarına göre, bentonit malzemesinin %46 mertebesinde kil, %39 mertebesinde alkali feldispat grubu kil minerallerinden sanidin mineralini içermektedir. Kaolen malzemesi ise %51 oranında kaolinit minerali başta olmak üzere %41 oranında dikit mineralini içermektedir.

Kaolen ve bentonit killerin kimyasal içeriklerini belirlemek amacıyla N-XRF 2 analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre, Bentonit kilinde %60 oranında  $\text{SiO}_2$  ve %20 mertebelerinde de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bileşiğine rastlanmıştır. Kaolen ve bentonitin benzer oranlarda aynı bileşiğe sahip olduğu, ancak bentonitin çok azda olsa  $\text{CaO}$  ihtiva ettiği görülmüştür.

### 5.1.2 Kimyasal içerikleri

Kaolen, Bentonit ve atık malzemelerin (KMT ve DMT) kimyasal içeriklerini belirlemek amacıyla Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi merkez laboratuvarında N-XRF 2 analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda Kaolen, Bentonit ve atık malzemelerin sahip oldukları kimyasal içerikler ve “ % ” değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

**Çizelge 5.1.** Bentonit, Kaolen ve atık malzemelerin kimyasal içeriği

%	Bentonit	Kaolen	KMT	DMT
SiO <sub>2</sub>	60.354	61.758	0.102	0.175
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.783	24.045	0.046	0.072
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.703	1.399	0.029	0.317
CaO	2.051	0.601	56.056	31.677
MgO	1.866	0.501	0.267	20.030
K <sub>2</sub> O	1.564	-	0.015	0.004
TiO <sub>2</sub>	0.822	1.210	0.044	0.055
SrO	-	-	0.011	0.010
SO <sub>3</sub>	-	-	0.010	0.013
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-	-	0.001	0.017
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	0.001	-
BaO	-	-	-	0.023
NiO	-	-	-	0.001
L.O.I.	7.970	9.950	41.000	45.000

### 5.2 Deney Programı

Deney programı, dört seri deneyden oluşmaktadır. Birinci seri deneylerde; Kaolen, Bentonit, atık malzemelerin (KMT ve DMT) ve belirlenen oranlarda (%5, %10, %20, %30 vb.) kil numunesi ile karıştırılarak indeks özelliklerini belirlemek amacıyla piknometre, kıvam limitleri ve standart proktor deneyleri yapılmış ve zemin türleri belirlenmiştir.

İkinci seri deneylerde; CBR deneyleri, standartlara (ASTM D1883, BS 1377) uygun olarak, kil zemininde (atık malzeme ilavesiz) belirlenen optimum su içeriğinde hazırlanarak tabakalı olarak CBR kalıbı içerisine Standart Proktor enerjisi ile sıkıştırılmıştır ve ayrıca atık malzemeler (KMT ve DMT) için belirlenen oranlarda (%5, %10, %20, %30 vb.) kil numunesi ile karıştırılarak atık malzemenin mukavemet artışına katkısı değerlendirilmiştir. Killerin ve atık malzeme karışımı optimum su içeriğinde hazırlanmış ve CBR kalıbı içerisine Standart Proktor enerjisi ile 3 tabakada sıkıştırılmıştır. Ayrıca mikro yapıdaki değişimi tespit etmek amacı ile Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi merkez laboratuvarında SEM analizleri gerçekleştirilmiştir.

Üçüncü seri deneyler kapsamında, kür etkisi incelenmiştir. Kür etkisini değerlendirmek için stabilize edilen zemin, tespit edilen sürelerde (7, 30 ve 60 gün) küre maruz bırakılmıştır ve kür süresi tamamlandıktan sonra CBR deneyleri yapılmıştır. Birinci ve ikinci seri deneyler tamamlandıktan sonra atık malzeme oranının ve kür süresinin kilin mukavemetinde hangi ölçüde iyileşme sağladığı değerlendirilmiştir. Ayrıca mikro yapıdaki değişimi tespit etmek amacı ile Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi merkez laboratuvarında SEM analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde atık malzemelerin kür süresine bağlı olarak stabilizasyona etkisi araştırılmıştır.

Dördüncü seri deneyler kapsamında ise Standart Proktor enerjisi ile CBR kalıpları içinde sıkıştırılmış stabilize zeminin donma-çözülme etkisi altındaki davranışı araştırılmıştır. Tespit edilen çevrim sayısına (1, 3, 5, 7 ve 11) göre, donma ve çözülme işlemi uygulanmıştır ve donma-çözülme (TS EN 1367-1, ASTM D 560-96) işlemleri ve malzeme kaybı oranı hesabı yapılmıştır. Donma Çözülme işlemi, Yapı Malzemesi Lab. 1 de yer alan Donma Çözülme kabininde bir çevrim -20 °C de 6 saat ile +20 °C de 6 saatten oluşacak şekilde gerçekleştirilmiştir ve bir günde iki çevrim yapılmıştır. Bu işlem sonrasında CBR deneyleri yapılarak numunenin mukavemetindeki değişim tespit edilmiştir. Bu analizlerde atık malzemelerin çevrim sayısına bağlı olarak stabilizasyona etkisi ve donma-çözülme etkisinin araştırılması yapılmıştır.

Deneyler; Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Malzemesi I ve Geoteknik Laboratuvarlarında

gerçekleştirilmiştir. Ayrıca mikro yapıdaki değişimi tespit etmek amacı ile Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi merkez laboratuvarında SEM analizleri gerçekleştirilmiştir.

### **5.3 Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Çalışmalar**

Laboratuvarda yapılması planlanan deneyler için killi zemin numunesi olarak Kaolen ve Bentonit, atık olarak ise Kalsitik ve Dolomitik mermer tozu kullanılarak stabilize edilen kil numunelerinde iki farklı atık türünün hangi oranda bir başarı sağladığı, ne gibi kazanımlar getireceği araştırılmıştır.

Bu araştırma çalışmasında, piyasadan alınan kil numunelerine, kuru ağırlığının %5, %10, %20, %30 ve %50'i kadar KMT ve DMT atığı karıştırılmıştır. Numuneler üzerinde, piknometre, kıvam limitleri, özgül ağırlık, kompaksiyon ve CBR deneyleri yapılmış ve karışımlarda artan mermer tozu atığı içeriğine bağlı olarak değişen, stabilize edilmiş zeminin CBR değerleri donma-çözülme ve kür süresi açısından incelenmiştir.

#### **5.3.1 Özgül ağırlıkların belirlenmesi**

TS 1900-1 standardına uygun olarak yapılan deney aşamaları Fotoğraf 5.1'de verilen piknometre deneyinde  $105 \pm 5$  °C'de etüvde kurutulmuş 40 nolu elek altı malzeme kullanılır. Kuru zemin numunesi 0.01 gr hassasiyetteki terazi yardımıyla yapılacak deney sayısına göre 20 gr ağırlığındaki parçalara bölünerek tartılır ( $W_1$ ).



**Fotoğraf 5.1.** Piknometre deney aşamaları

Daha sonra piknometre adını verdiğimiz şişenin boyun bölgesindeki çizgiye kadar su doldurularak su + piknometre ağırlığı belirlenir ( $W_2$ ). Piknometre içerisindeki suyun 2/3'si boşaltılarak kalan suya vakum uygulayıcı alet ile içerisindeki havanın alınması sağlanır. Havası alınan suya kuru numuneden 20 gr eklenir ve su ile zeminin iyice karıştırılması sağlandıktan sonra yeniden hava alma işlemi uygulanır. Tekrar 1/3'ü kadar daha su eklenir havası alınır. Su ekleme işlemi üç aşamada uygulanır ve her aşamada piknometre içindeki malzemenin havası alınır. Boğaz kısmındaki çizgiye kadar su eklenen piknometrenin havası alındıktan sonra su + piknometre + zemin ağırlığı tartılır ( $W_3$ ). Tüm ağırlıklar kullanılarak dane birim hacim ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]} \quad (5.1)$$

### 5.3.2 Su muhtevasının belirlenmesi

Zemin numunesinin indeks özelliklerini belirlemek için yapılan deneyler veya diğer laboratuvar deneylerinde zeminin su muhtevası belirlenir. TS 1900-1 standardına uygun olarak yapılan, deney aşamaları Fotoğraf 5.2'de verilen su muhtevası belirleme deneyinde kap temizlenip kurutulduktan sonra 0.01 g hassasiyetle tartılır ( $W_1$ ).



**Fotoğraf 5.2.** Su muhtevası deney aşamaları

Su muhtevası belirlenmek istenen zemin numunesi yeterli miktarda kaba konularak zemin + yaş numune ağırlığı tartılır ( $W_2$ ). Daha sonra yaş numune etüve konularak  $105 \pm 5$  °C’de 24 saat boyunca kurutulur ve etüvden çıkan numunenin kap + kuru numune ağırlığı tartılır ( $W_3$ ). Aşağıdaki formül yardımıyla su muhtevası değeri hesaplanır.

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} * 100 \quad (5.2)$$

### 5.3.3 Likit limitin belirlenmesi (Casagrande yöntemi)

TS 1900-1 standardına uygun olarak yapılan deney aşamaları aşağıda verilen Casagrande aletinde zemin örneği içinde açılan standart bir oyuğun 25 vuruşta kapanması için gerekli olan su içeriğini belirlemek için 40 nolu elek altında kalan zemin numunesi  $105 \pm 5$  °C’de etüvde 24 saat boyunca bekletilir. Etüvden çıkan zemin numunesinden yaklaşık 100 g kadar alınarak numune karıştırma kabına konulur. Damıtık su kullanılarak homojen bir hamur kıvamına gelene kadar spatula yardımıyla karıştırılır (Fotoğraf 5.3).



**Fotoğraf 5.3.** Deneyin homojen kıvama getirilmesi

Yapım aşamaları Fotoğraf 5.4'te verilen zemin + damıtık su karışımından bir miktar alınarak Casagrande cihazının içerisine yüzeyi tabana paralel olacak şekilde düzlenir. Oluk açma bıçağı ile numune ikiye bölünür. Böylece numunenin ortasında V kesitli bir oluk açılmış olur.

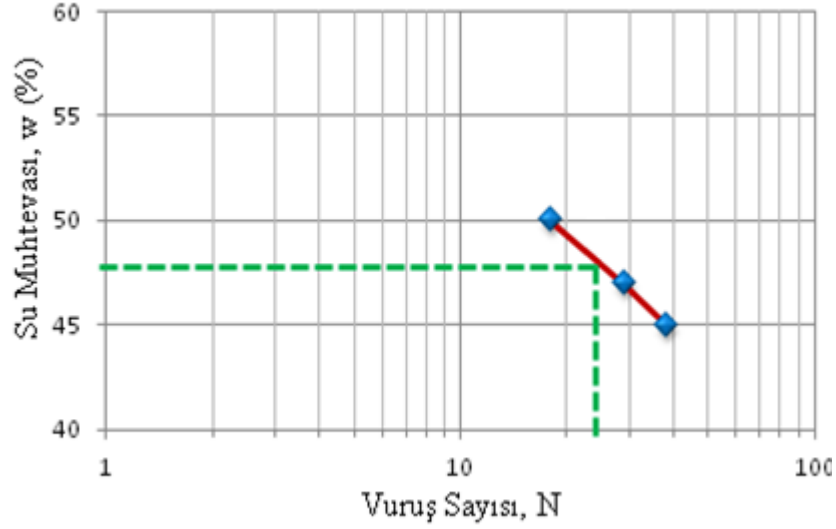
Casagrande kolu saniyede iki devirlik hızla çevrilerek zemin arasına açılan oluğun 13 mm boyunca birbirine değinceye kadar zemin kolu çevrilir. Kapanan oluğun kapandığı düşüş sayısı kaydedilir ve zeminin su muhtevasını belirlemek için bir parça numune alınır.



**Fotoğraf 5.4.** Casagrande deney aşamaları

Aynı numune kullanılarak su içeriği artırılarak aynı işlemlere devam edilir. Zeminin değişen su içeriklerine karşılık elde edilen düşüş sayılarının 10 ile 50 arasında eşit dağılmasını sağlayacak biçimde ayarlanmalıdır.

Her denemede elde edilen su içeriğine karşı düşme sayısı föy kâğıdına işlenir. Bu işlem için yatay eksen boyunca su içeriği, düşey eksen boyunca düşüş sayısı olacak şekilde grafik çizilmelidir. Elde edilen doğru üzerinde 25 vuruşa karşılık gelen su içeriği Likit Limit ( $w_L$ ) olarak belirlenir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Casagrande deney grafiği

### 5.3.4 Plastik limit deneyi

TS 1900-1 standardına uygun olarak yapılan Plastik limit deneyinde amaç zeminin plastik kıvamda bulunduğu en düşük su içeriğini belirlemektir. Likit kıvamı belirlemek için yapılan deney numunelerinden ceviz büyüklüğünde parçalar alınır ve plastik kıvama gelene kadar el ile yoğrulma işlemi yapılır (Fotoğraf 5.5).



Fotoğraf 5.5. Plastik limit deneyi için alınan numune parçaları

Top şeklindeki her bir numunelerin makarna çubukları şeklini alana kadar düz bir zeminde avuç içi ile yuvarlanır. Çapın yaklaşık 3 mm olduğu sırada zeminde çatlama veya dağılmalar görülünceye kadar devam edilir. Eğer çatlama veya dağılma görülüyorsa zemin numunesi toplanıp tekrar aynı işleme devam edilir. 3 mm çapında

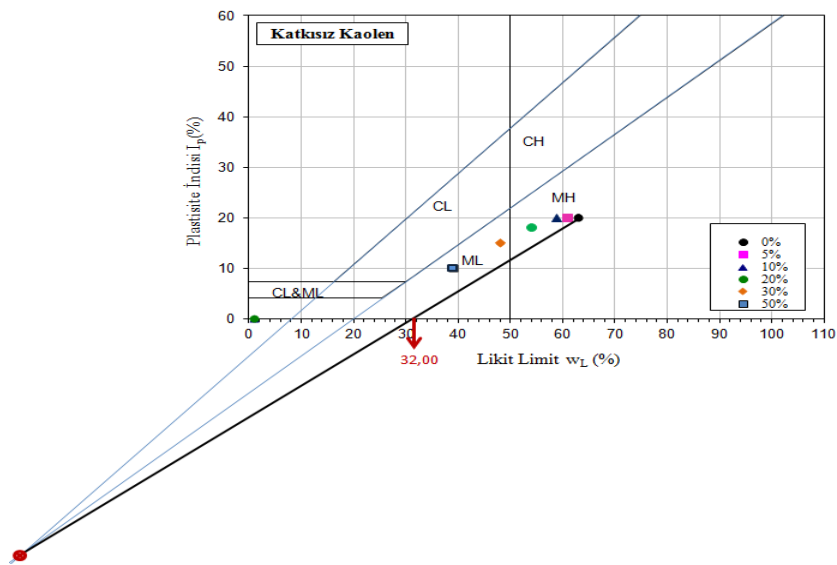
kopma ve çatlaklar görüldüğü anda numune parçaları toplanıp bir kaba konularak su içeriği ölçümü yapılır (Fotoğraf 5.6). Yapılan deneyler sonrası su içeriklerinin ortalaması Plastik limit değeri olarak kabul edilir.



**Fotoğraf 5.6.** Plastik limit deneyi çubuk numuneler

### 5.3.5 Rötire limitinin belirlenmesi

Rötire limiti değerleri ise plastisite kartından yaklaşık yöntem ile bulunmuştur (Holtz vd., 1979). Bu yöntemde, likit limit ( $w_L$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri plastisite kartına işaretlendikten sonra, A ve U doğrusu eksenini boyunca uzatılır. A ve U doğrularının kesişim noktası ile plastisite kartına işaretlenmiş nokta üzerinden bir doğru geçirilir. Bu doğrunun x eksenini kestiği nokta rötire limiti ( $w_R$ ) değeri olarak alınır (Şekil 5.7).



**Şekil 5.7.** Rötire limitinin yaklaşık yöntem ile bulunması

### 5.3.6 Standart proktor deneyi

ASTM D698-78A standardına uygun olarak yapılan deney için öncelikle 4 nolu elekten geçen etüvde kurutulmuş zemin numunesi bir kaba konulur ve zemin numunesine bir miktar su eklenerek homojen hale gelene kadar karıştırılır. Karıştırılan zemin numunesi 3 eşit parçaya bölünür (Fotoğraf 5.7). Standartlara uygun mold kalıbının hacmi hesaplanır ( $V$ ), ağırlığı tartılır ( $W_1$ ) ve ilk tabaka zemin numunesi yerleştirilir. Manuel yada otomatik sıkıştırma yapılarak 2.5 kg ağırlığındaki tokmağın 30.5 cm'lik yükseklikten serbest düşüş yapılarak her tabakaya 25 vuruş olacak şekilde sıkıştırılır. Uygulanan darbeler tabaka yüzeyine eşit dağıtılmalı, kullanılan zemin kalıbı doldurmalı ve yaka kısmını 6 mm'den fazla aşmamasına özen gösterilmelidir. Bu çalışmada otomatik kompaktör kullanılmıştır (Fotoğraf 5.8).



**Fotoğraf 5.7.** Standart proktor deney numunesi hazırlama



**Fotoğraf 5.8.** Otomatik kompaktör

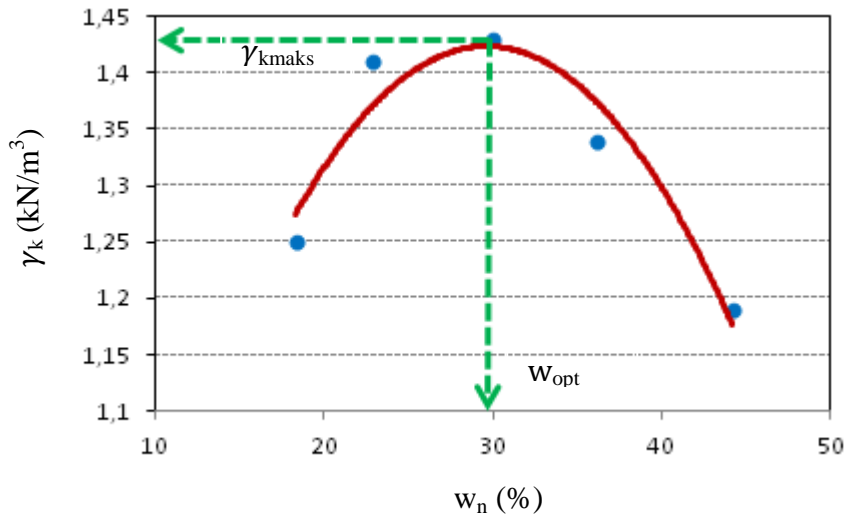
Aynı işlem diğer tabakalar için de uygulanır. Yakası çıkarılan kalıbın üzerinde kalan fazla sıkışmış zemin tıraşlanır ve zemin yüzeyi düzlenir (Fotoğraf 5.7). Daha sonra kalıp + zemin ağırlığı tartılır ( $W_2$ ). Aşağıdaki formül yardımıyla doğal birim hacim ağırlığı ( $\gamma_n$ ) hesaplanır.

$$\gamma_n = (W_2 - W_1)/V \quad (5.3)$$

Deney numunesi kalıptan çıkarılır ve su muhtevası değerini belirlemek amacıyla üç farklı bölgesinden numune alınarak etüve konulur. Bu deney aynı zemin için en az beş değer verecek şekilde tekrarlanır. Deney sonucunda elde edilen su muhtevası ( $w$ ) ile kuru birim hacim ağırlık ( $\gamma_k$ ) değerleri aşağıdaki formül yardımı ile bulunur.

$$\gamma_k = \gamma_n / (1 + w) \quad (5.4)$$

En az beş adet yapılan deney sonucunda elde edilen su muhtevasına karşılık gelen kuru birim hacim ağırlık değerlerine ait " $\gamma_k$ ", " $w$ " grafiği çizilir, optimum su muhtevası ( $w_{opt}$ ) ve maksimum kuru birim hacim ağırlık ( $\gamma_{kmaks}$ ) belirlenir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Standart proktor deney grafiği

### 5.3.7 CBR deneyi

Bu tez çalışması kapsamında ASTM-D698 B standardına uygun olarak yapılan deneylerde, zemin numunesinin numune içerisine 1.27 mm/dk hızla penetrasyon pistonuna karşı gösterdiği direnç, diğer bir deyişle pistonun zemin numunesine batması için uygulanan kuvvet, aynı penetrasyon derinliği için standart bir kırma taş numunenin gösterdiği dirence, başka bir ifadeyle kırma taş için bu batma derinliğine kadar gelmesi için uygulanan kuvvete oranı, California Taşıma Oranı, CBR (California Bearing Ratio), sayısı ya da kısaca CBR olarak adlandırılır ve aşağıdaki bağıntı ile elde edilir (<http://insaat.beun.edu.tr>).

$$CBR = \frac{\text{Deneyde Uygulanan Gerilme (veya yük)}}{\text{Standart Gerilme (veya yük)}} * 100 \quad (5.5)$$

CBR deneyi, belirlenebilen bir su içeriğinde ve yoğunluğundaki zeminin kayma direncini ölçmekte kullanılır, bu değer sabit bir sayı olmamakla birlikte zeminin su içeriğine ve yoğunluğuna bağlı olarak değişebilmektedir. CBR standart değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.

**Çizelge 5.2.** Kırma taşla yapılan deneyde penetrasyon (batma) miktarlarına göre standart gerilmeler (<http://insaat.beun.edu.tr>).

Penetrasyon Derinliği (mm)	Standart Gerilme (kgf/cm <sup>2</sup> )	Standart Yük (kgf)
2.54	70.4	1362.6
5.08	105.6	2043.9
7.62	133.7	2587.7
10.16	161.9	3133.5
12.70	183	3541.9

CBR değerleri 2.54 mm ve 5.08 mm’lik penetrasyona karşılık gelen gerilmenin standart gerilmeye oranı olarak bulunur. Optimum su içeriğinde hazırlanan zemin numuneleri ASTM standartlarında belirlenen Çizelge 5.3’te verilmiş olan uygun deney yöntemlerine göre sıkıştırma işlemi yapılır.

**Çizelge 5.3.** ASTM'ye göre kullanılacak olan kompaksiyon enerjileri  
(<http://insaat.beun.edu.tr>).

<b>Deney Yöntemi</b>	<b>Vuruş Sayısı (N)</b>	<b>Tabaka Sayısı</b>	<b>Tokmak Kütlesi (kg)</b>
ASTM-D698 B (ince daneli zemin)	56	3	2.5
ASTM-D698 D (iri daneli zemin)	56	3	2.5
ASTM-D1557 B (ince daneli zemin)	56	5	4.5
ASTM-D1557 D (iri daneli zemin)	56	5	4.5

CBR sayısı zeminlerin; yol ve hava alanları kaplamaları altında gösterecekleri performans bakımından sınıflandırılmasını sağlamaktadır. Bu sınıflandırma ve kullanımı Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

**Çizelge 5.4.** CBR sayısına göre zeminlerin sınıflandırılması ve kullanımı  
(<http://insaat.beun.edu.tr>).

<b>CBR Sayısı</b>	<b>Zeminin Tanımı</b>	<b>Kullanımı</b>	<b>Sınıflandırılması</b>	
			<b>USCS</b>	<b>ASSHO</b>
0-3	Çok Kötü	Altyapı	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Kötü-Orta	Altyapı	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Orta	Alttemel	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20-50	İyi	Temel-Alttemel	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Çok İyi	Temel	GW, GM	A1a, A2-4, A3

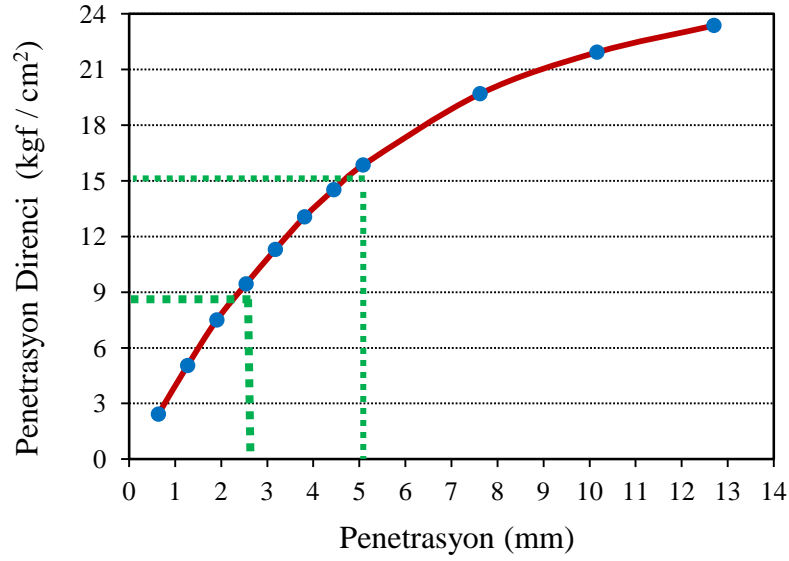
İnce daneli zeminler için 4 nolu elekten elenmiş etüde kurutulmuş zemin numunesinden yaklaşık 4-5 kg alınarak bir kaba konur ve kompaksiyon deneyi ile belirlenmiş olan optimum su içeriğinde karıştırılır. Karışımın su muhtevasını belirlemek amacıyla bir miktar numune alınır ve etüve konulur. Hazırlanan zemin numunesi kompaksiyon kalıbına yerleştirilmeden önce kompaksiyon kabı tartılarak ağırlığı belirlenir. Daha sonra kompaksiyon kalıbının altına 5 cm kalınlığında çelik disk, zemin numunesi yapışmasını engellemek için de filtre kâğıdı yerleştirilir ve Çizelge 5.3'teki uygun sıkıştırma yöntemi ile sıkıştırılır.

Yapım aşamalarının Fotoğraf 5.9’da gösterildiği gibi, hazırlanan zemin numunesi seçilen sıkıştırma yöntemine göre her tabakaya eşit miktarda zemin numunesi gelecek şekilde sıkıştırılır. Yaka kısmı çıkarılan numunenin üst kısmı tıraşlanır ve mold ile birlikte zemin numunesi tartılarak ağırlığı belirlenir. Hazır hale gelen numune üzerine katman yükünü temsilen 4.5 kg dan az olmamak kaydıyla ağırlıklar konur ve basınç aletine yerleştirilir. Yükleme ve penetrasyon saatleri sıfırlanır ve okuma yapmaya hazır hale getirilir. 1.27 mm/dk hızla yükleme yapılır ve saat okumaları alınır. Okuma işlemi bitmiş deney numunesinden su muhtevasını belirlemek amacıyla numune alınır ve etüve konulur.



**Fotoğraf 5.9.** CBR deneyi yapım aşamaları

Ölçüm aşaması biten deney numunesinin batma miktarına (mm) karşılık gelen penetrasyon direnci grafiği çizilir (Şekil 5.9). 2.54 mm’lik penetrasyona karşılık gelen CBR değeri ve 5.08 mm penetrasyona karşılık gelen CBR değeri belirlenir. 2.54 mm penetrasyona karşılık gelen penetrasyon direnci değeri, 5.08 mm penetrasyona karşılık gelen değerden küçük ise deney tekrarlanır.



**Şekil 5.9.** Penetrasyon direnci grafiği

### 5.3.8 Küre bırakma ve donma-çözülme deneyi

Zemin numuneleri, Standart Proktor deneylerinden elde edilen optimum su içeriği kullanılarak hazırlanır ve CBR kalıplarına yerleştirilerek sıkıştırılır. Sıkıştırılmış bu numuneler, belirlenen sürelerde (7, 30 ve 60 gün) içeride uygun ortamı oluşturmak için damıtık su kullanarak kapalı kür kabiniinde küre tabi tutulur (Fotoğraf 5.10).



**Fotoğraf 5.10.** Kapalı kür kabini

Ayrıca zemin numuneleri, bu çalışmada 6 saat -20 °C'de donma ve 6 saat +20 °C'de çözülme işlemi örnek olacak şekilde bir çevrim kabul edilerek donma-çözülme işlemine tabi tutulmuştur. Çevrim sayıları 1, 3, 5, 7, 11 olarak gerçekleştirilmiştir.

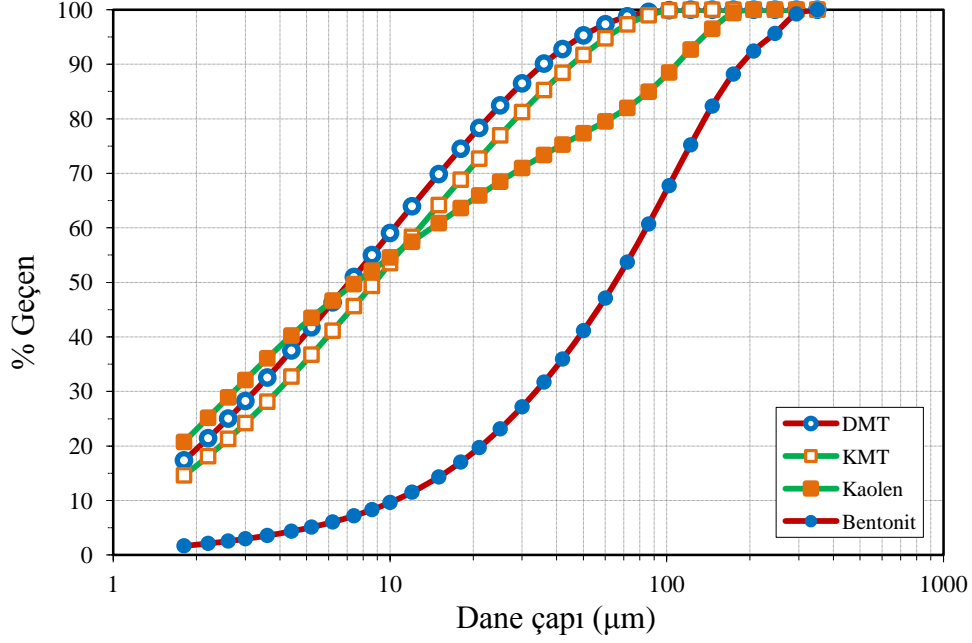
#### 5.4 Deneysel Çalışmalar Sonucu Elde Edilen Bulgular

Tez çalışmasında Kaolen, Bentonit, atık malzemelerin (KMT ve DMT) indeks özelliklerini belirlemek amacıyla piknometre, dane dağılımı (granülometri) eğrileri, kıvam limitleri ve standart proktor deneyleri yapılmıştır. Granülometri eğrileri lazer kırınım yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Kıvam limiti deneylerinde likit limit ( $w_L$ ) değerleri Casagrande deney aleti kullanılarak belirlenmiştir. Rötire limiti değerleri ise plastisite kartından yaklaşık yöntem ile bulunmuştur (Holtz vd., 1979). Kıvam limiti deneylerinde, etüvde kurutulmuş numuneler ve damıtılmış su kullanılmıştır. Standart proktor ve CBR deneyleri otomatik proktor deney aleti kullanılarak yapılmıştır. Sonuçların güvenilir olması açısından bütün deneyler, en az ikişer kez tekrarlanmış ve zeminin parametreleri belirlenmiştir. Bu deneyler, TS1900 (İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri)'e ve aynı zamanda ASTM'ye göre Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Numuneler üzerinde yapılan indeks ve tanımlama deneylerine göre kıvam limitleri ve piknometre deney sonuçları Çizelge 5.5'de, lazer kırınım sonuçları ise Şekil 5.10'da verilmiştir. Bu deneylere ait detaylar, Ek-A1-A69 kısmında sunulmuştur.

**Çizelge 5.5.** Kaolen, Bentonit ve atık malzemelerin indeks özellikleri

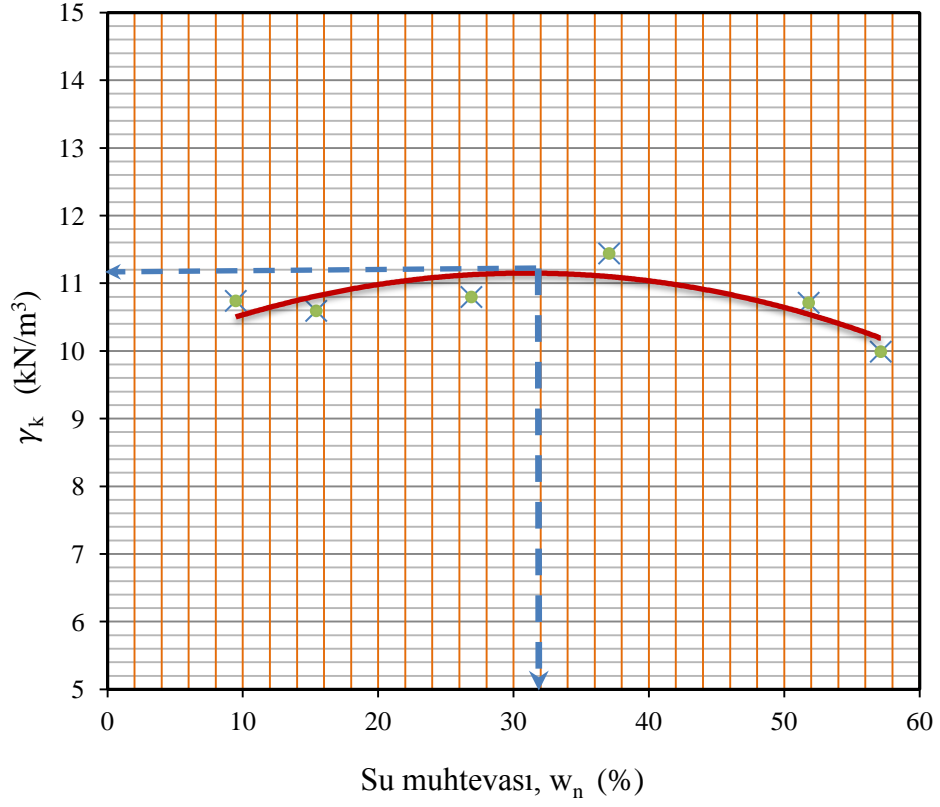
	$w_L$	$w_P$	$w_R$	$I_p$	$\gamma_s$	USCS
	(%)	(%)	(%)	(%)	( $g/cm^3$ )	
<b>Kaolen</b>	63	43	32	20	2.38	MH
<b>Bentonit</b>	84	33	20	51	2.24	CH
<b>KMT</b>	-	-	-	-	2.70	-
<b>DMT</b>	-	-	-	-	2.75	-



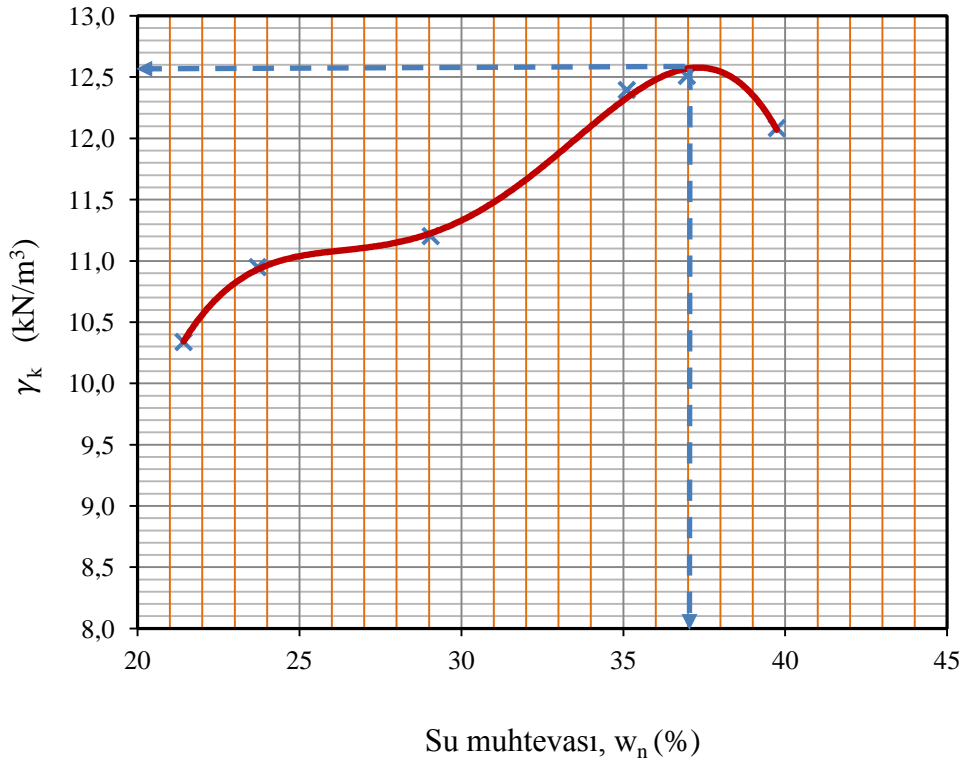
Şekil 5.10. Hidrometre deney sonuçları

#### 5.4.1 Standart Proktor deney bulguları

Laboratuvar deney sonuçlarına bakılarak Kaolen türünün MH, Bentonit türünün CH olduğu belirlenmiş ve kil numunelerine, en az iki kez Standart Proktor deneyleri yapılmıştır (Şekil 5.11, Şekil 5.12). Kaolen kilinin optimum su içeriğini ( $w_{opt}$ ) yaklaşık %31, Bentonit kilinin ise optimum su içeriğini ( $w_{opt}$ ) yaklaşık %37 civarlarında olduğu ve bu su içeriğine karşılık gelen maksimum kuru birim hacim ağırlıklarının ( $\gamma_{kmaks}$ ) ise  $11.2 \text{ (kN/m}^3\text{)}$  ve  $12.5 \text{ (kN/m}^3\text{)}$  olarak bulunmuştur. Deney bulgularına ait detaylar Ek-A70-A73 kısmında sunulmuştur.



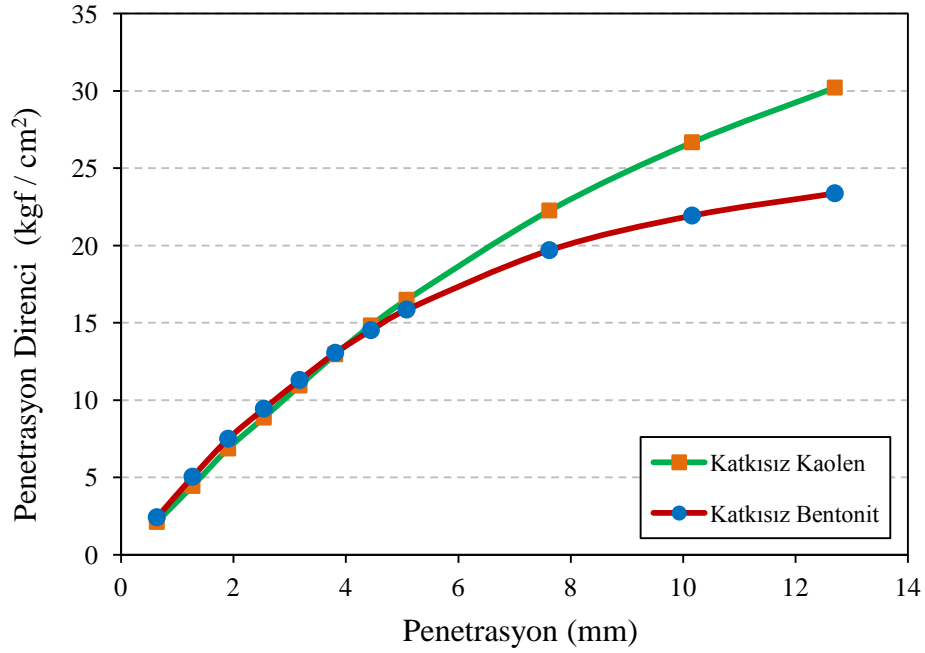
Şekil 5.11. Kaolen kilinin standart proctor deney sonuçları



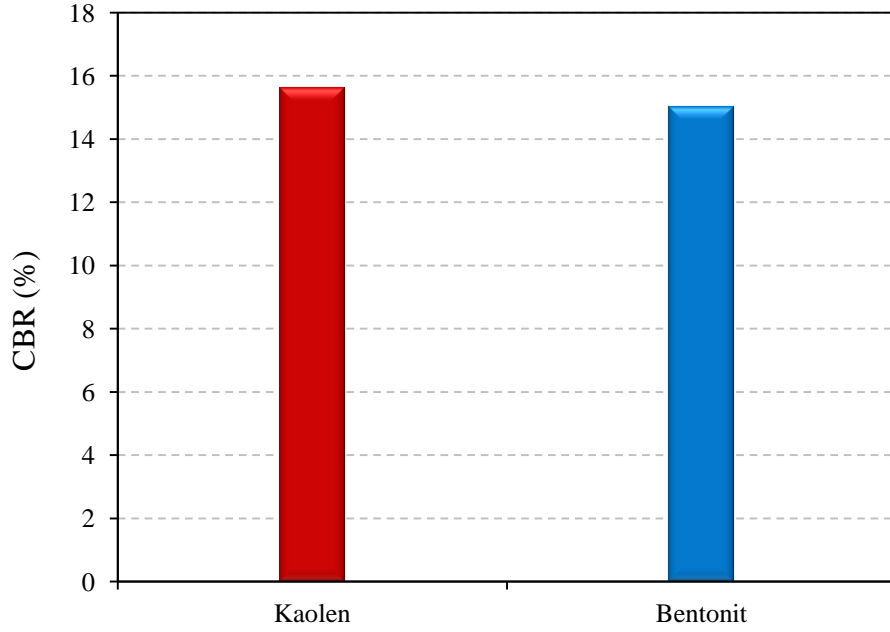
Şekil 5.12. Bentonit kilinin Standart Proctor deney sonuçları

#### 5.4.2 CBR (Kalifornia Taşıma Oranı) deneyinden elde edilen bulgular

Önceki bölümde belirtildiği gibi, kuru CBR değerlerinin değerlendirildiği çalışmada, optimum su içerikleri Proctor deneyleri ile belirlenmiş ve 6" CBR kaplarında değişen su muhtevalarında zemin numuneleri hazırlanmış ve deneye tabi tutulmuştur. Deneyler, ASTM D 1883 standardına uygun olarak yapılmış ve numuneler bu standarda uygun otomatik sıkıştırıcı yardımı ile hazırlanmıştır. Sonuçların güvenilirliği açısından deneyler iki kez tekrarlanmıştır ve yakın sonuçlar gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Şekil 5.13'te verilmiştir. Deneylere ait detaylar Ek-B1-B12 de verilmiştir. Deney sonuçlarına göre, iki kil numunesi arasında büyük bir fark olmamakla birlikte Kaolenin, Bentonite göre CBR değeri daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.13).



(a)



(b)

Şekil 5.13. Kaolen ve Bentonit kilinin Penetrasyon direnci (a) ve CBR değeri (b)

### 5.5 Katkı Malzemelerinin Kıvam Limitlerine Etkisi

Katkı malzemelerinin kıvam limitlerine etkisini araştırmak için Bentonit ve Kaolen killerine %5, %10, %20, %30 ve %50 oranlarında atıklar (KMT ve DMT) katılarak oluşturulan kil numunelerinin  $w_L$  ve  $w_P$  değerleri belirlenmiştir. Likit limit ve plastik limit değerleri belirlendikten sonra plastisite indisi ( $I_p$ ) hesaplanmış ve bu değerler zeminlerin sınıflandırılmasında kullanılmıştır.

KMT atığı ile stabilize edilen numuneler üzerinde yapılan kıvam limit deneyleri sonuçları Çizelge 5.6'da, DMT atığı ile stabilize edilen numuneler üzerinde yapılan kıvam limit deneyleri sonuçları ise Çizelge 5.7'de verilmiştir. Deneylere ait detaylar Ek-A5-A61'de verilmiştir.

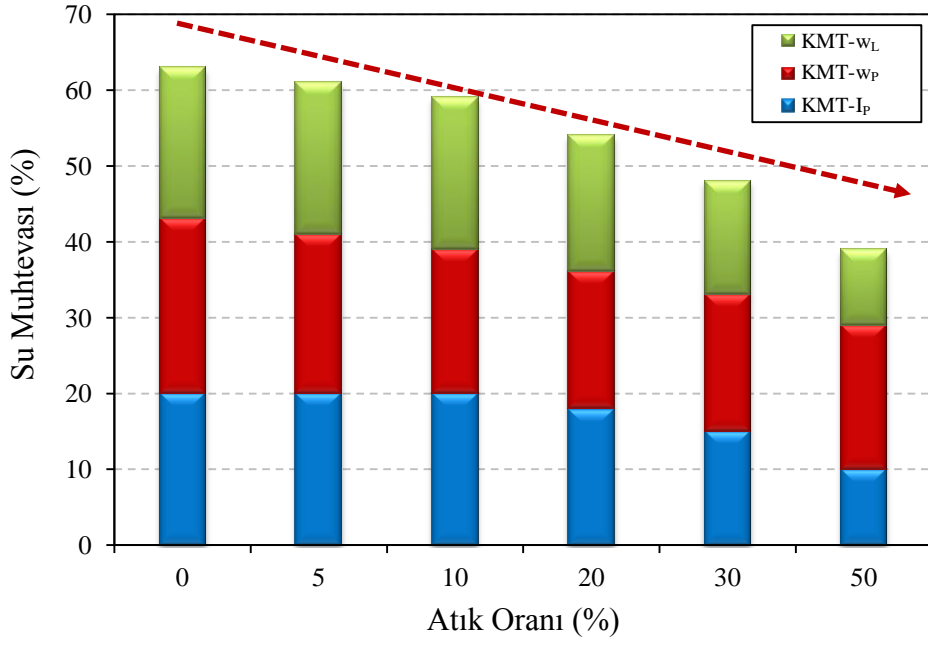
**Çizelge 5.6.** Farklı oranlardaki KMT atığının Kaolen ve Bentonit'in kıvam limitleri değerlerine etkisi ve tespit edilen zemin sınıfları

KMT (%)	Kaolen					Bentonit				
	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>P</sub> (%)	w <sub>R</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)	Zemin Cinsi	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>P</sub> (%)	w <sub>R</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)	Zemin Cinsi
0	63	43	32	20	MH	84	33	20	51	CH
5	61	41	30	20	MH	81	31	16	50	CH
10	59	39	28	20	MH	77	29	17	48	CH
20	54	36	27	18	MH	74	27	15	47	CH
30	48	33	26	15	ML	65	24	14	41	CH
50	39	29	25	10	ML	49	22	15	27	CL

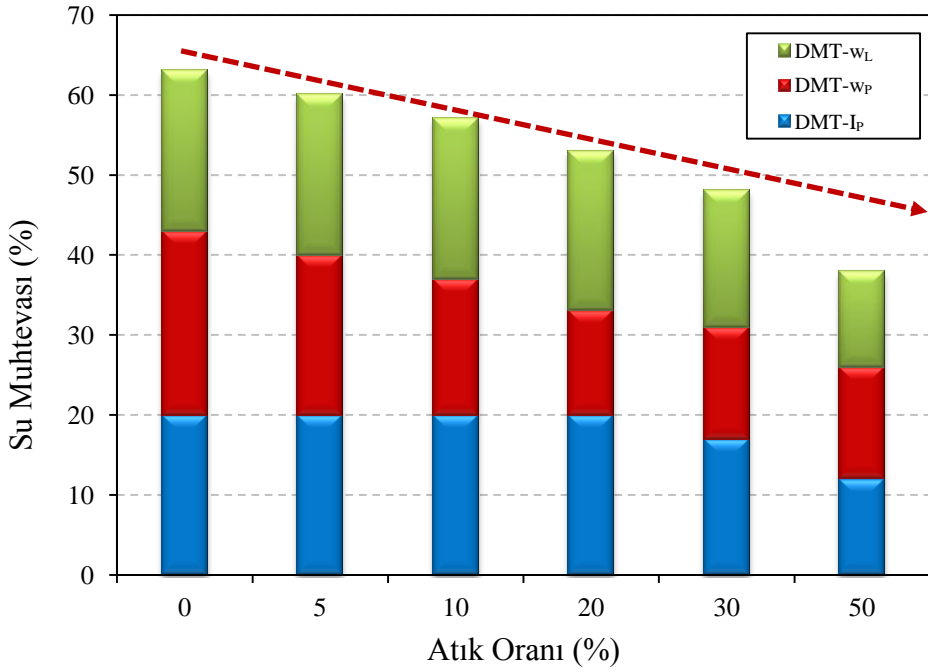
**Çizelge 5.7.** Farklı oranlardaki DMT atığının Kaolen ve Bentonit'in kıvam limitleri değerlerine etkisi ve tespit edilen zemin sınıfları

DMT (%)	Kaolen					Bentonit				
	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>P</sub> (%)	w <sub>R</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)	Zemin Cinsi	w <sub>L</sub> (%)	w <sub>P</sub> (%)	w <sub>R</sub> (%)	I <sub>P</sub> (%)	Zemin Cinsi
0	63	43	32	20	MH	84	33	18	51	CH
5	60	40	29	20	MH	82	32	19	50	CH
10	57	37	26	20	MH	80	30	16	50	CH
20	53	33	24	20	MH	73	25	14	48	CH
30	48	31	24	17	ML	64	24	14	40	CH
50	38	26	21	12	ML	49	18	12	31	CL

Genel anlamda numunelere mermer tozu atıklarının ilavesi ile likit limit ve plastik limit değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Artan atık malzemesi oranına bağlı olarak azalan likit limit ve plastik limit değerleri plastisite indisi değerlerini de düşmüştür (Şekil 5.14). Bu durum katkı maddesi olarak kullanılan kalsitik mermer tozu ve dolomitik mermer tozu atıklarının zeminin stabilizasyonu açısından değerlendirilebileceğini desteklemektedir.



(a)

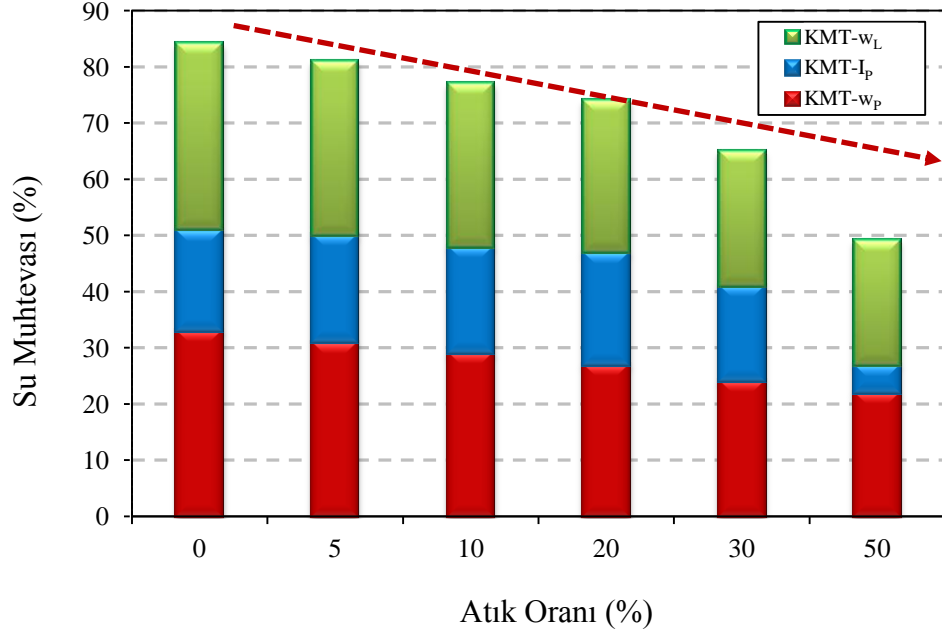


(b)

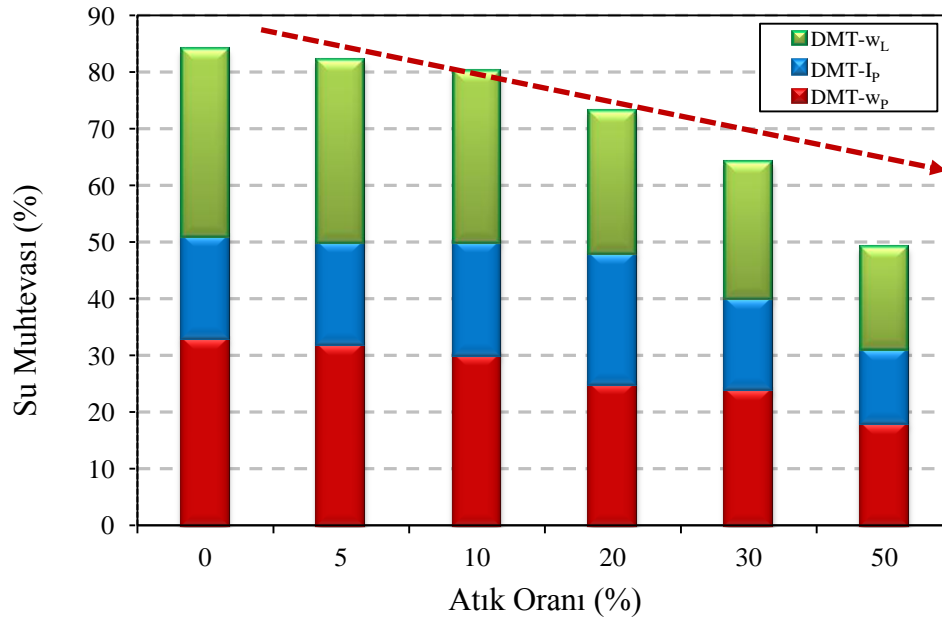
**Şekil 5.14.** Kaolen kiline eklenen KMT (a) ve DMT (b) atık oranlarının likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri üzerindeki etkisi

Şekil 5.14'te görüldüğü üzere, %5 oranında katkı kullanılan Kaolen kilinde ortalama %5 dolaylarında likit limitte azalma olurken, %50 oranında katkı kullanılan numunelerde ise likit limitte azalma ortalama %40 mertebelerde olduğu görülmüştür.

Kaolen kilinde kullanılan KMT ve DMT atığının likit limiti azaltmaktaki etkisi benzerdir. Plastik limit açısından bakıldığında ise, %5 oranında katkı kullanılan numunelerde %5 mertebelerinde azalma olurken, %50 oranında katkı kullanılan numunelerde azalma ortalama %33 mertebelerinde olduğu görülmüştür ve atık türünün plastik limiti azaltmaktaki etkileri de benzerlik göstermektedir.



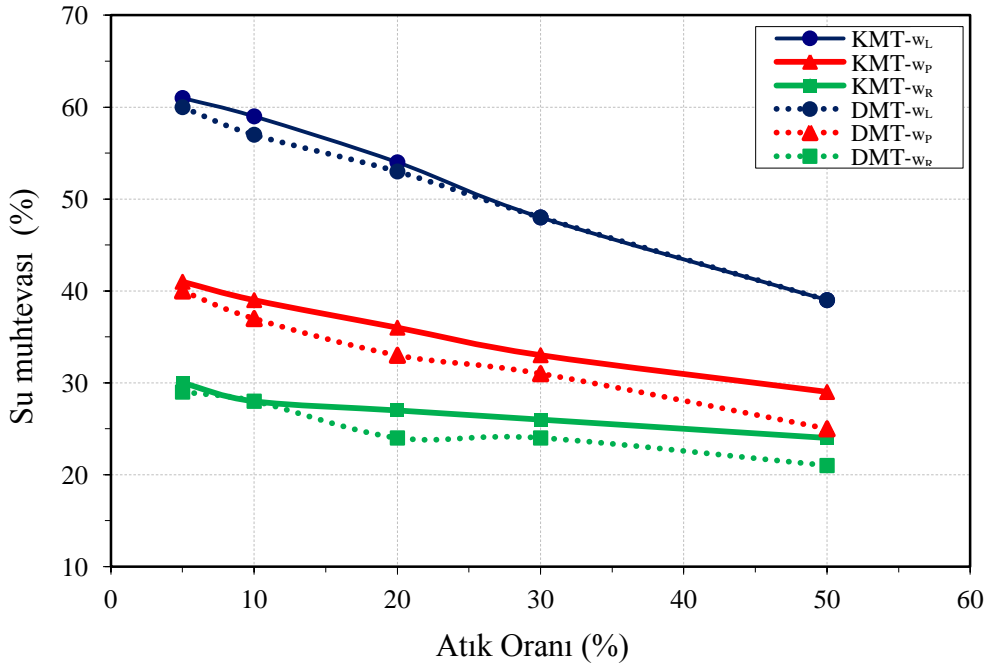
(a)



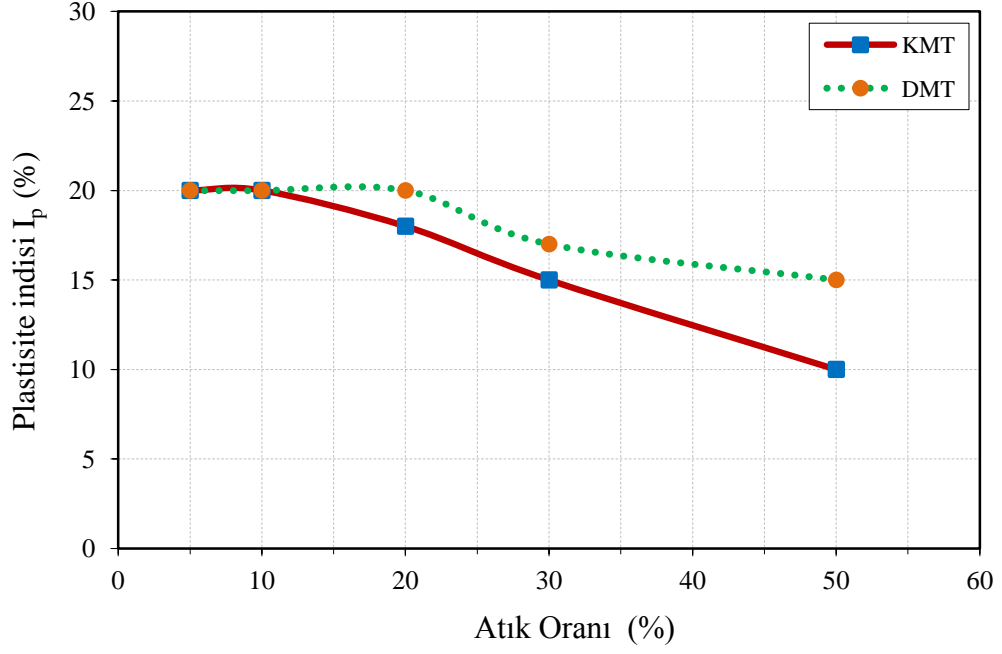
(b)

**Şekil 5.15.** Bentonit kiline eklenen KMT (a) ve DMT atık oranlarının (b) likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri üzerindeki etkisi

Şekil 5.15’de görüldüğü üzere, %5 oranında katkı kullanılan Bentonit kilinde ortalama %4 dolaylarında likit limitte azalma olurken, %50 oranında katkı kullanılan numunelerde ise likit limitte azalma ortalama %42 mertebelerde olduğu görülmüştür. Bentonit kiline ilave edilen KMT ve DMT atıklarının, likit limiti azaltmaktaki etkisi benzerdir. Plastik limit açısından bakıldığında ise %5 oranında katkı kullanılan numunelerde %5 mertebelerinde azalma olurken, %50 oranında katkı kullanılan numunelerde azalma ortalama KMT’da %33 DMT’da ise %45 mertebelerinde olduğu görülmüştür. Atık türünün plastisite indisini azaltmaktaki etkilerine bakılırsa, DMT atığının etkisi daha büyüktür. Atık türünün  $I_p$  üzerindeki etkisi ele alındığında, Kaolende belirgin bir şekilde KMT daha etken iken Bentonitte ise atık türünün etkisi ciddi boyutta görülmemiştir (Şekil 5.16b, Şekil 5.17b). Atık türlerinin kıvam limitleri üzerindeki etkileri Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’de grafik olarak verilmiştir.

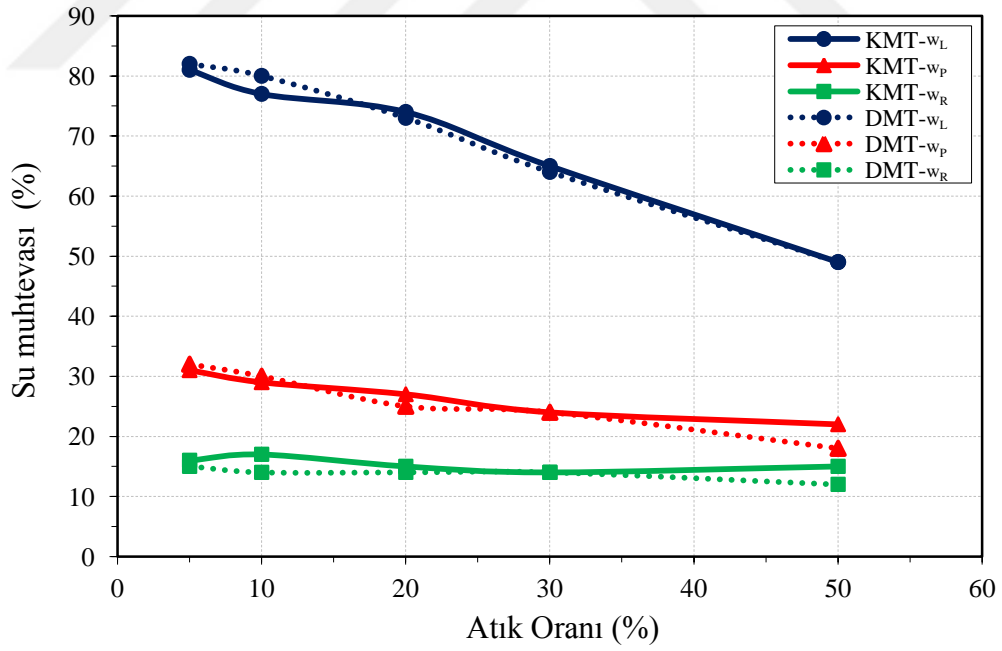


(a)

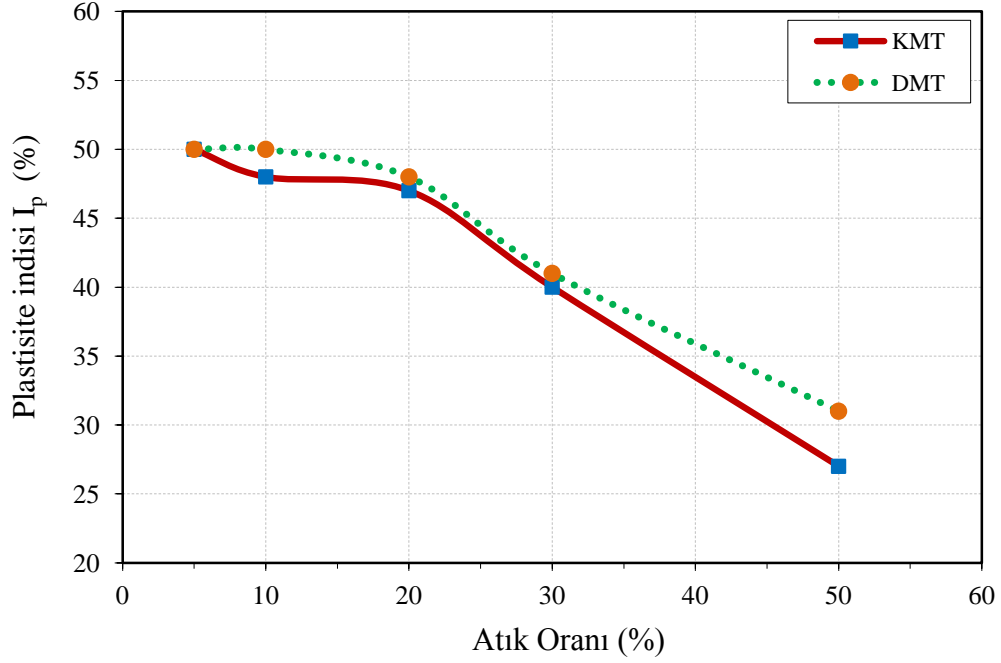


(b)

Şekil 5.16. Kaolen kiline eklenen atık oranlarının likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ), rötre limit ( $w_R$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri üzerindeki etkisi



(a)



(b)

**Şekil 5.17.** Bentonit kiline eklenen atık oranlarının likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ), rötre limit ( $w_R$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri üzerindeki etkisi

Deney sonuçlarına bakıldığında, iki atık tozunun kil numuneleri üzerindeki etkileri benzer bir eğilimde olduğu görülmektedir. Artan mermer tozu yüzdesine bağlı olarak hem Kalsitik mermer tozu hem de Dolomitik mermer tozu atığı Kaolen ve Bentonitin kıvam limit değerlerini azaltmıştır. Atık toz türünün çok etkili olmadığı gözlenmiştir.

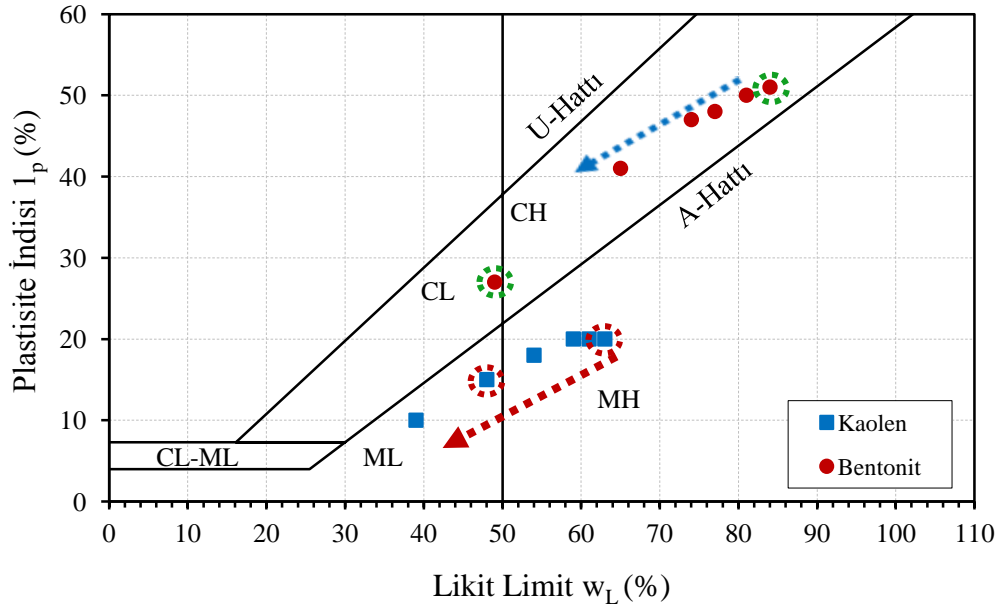
Plastisite indisinin düşmesi, işlenebilirliğinin artmasına ve şişme potansiyelinin azalmasına neden olacaktır. Buda stabilizasyonun uygunluğu anlamına gelmektedir. Plastisite indisi ve şişme potansiyeli mertebesi tahmini için yaygın olarak kullanılan Çizelge 5.8'e bakılacak olursa, Kaolen kiline karıştırılan her iki mermer tozu atığı %5 oranında şişme potansiyelini düşürmeye etkisi olmadığını, %50 oranında ise plastisite indisini %20 değerinden %10-%12 değerine düşürmesiyle şişme potansiyelini ortadan düşük seviyeye geçmesini sağlamıştır.

Bentonit kiline karıştırılan mermer tozu atıkları ise %5 oranında şişme potansiyelinde değişim sağlayamaması ile birlikte %50 oranında plastisite indisini %51 değerinden %27-%31 değerine düşürmesiyle şişme potansiyelini çok yüksekten orta seviyelere geçmesini sağlamıştır.

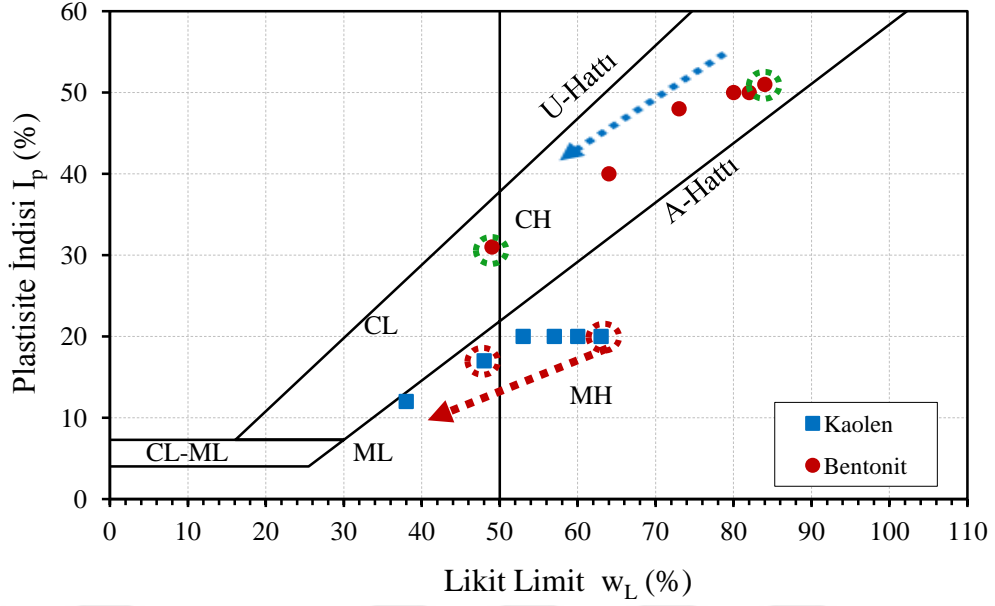
**Çizelge 5.8.** Plastisite indisi ve şişme potansiyeli arasındaki bağıntı (Holtz vd., 1979)

Şişme Potansiyeli	Plastisite İndisi
Düşük	< 18
Orta	15-28
Yüksek	25-41
Çok Yüksek	> 35

Bu bölümde ayrıca stabilize edilmiş numunelerin Plastisite Kartındaki değişimleri ve birleştirilmiş zemin sınıflandırılmasına (USCS) göre zemin sınıfları belirlenmiştir. Farklı oranlarda ilave edilmiş mermer toz atıkları ile stabilize edilmiş numuneler Plastisite Kartında incelendiğinde, mermer toz atığı oranı arttıkça numunelerin zemin sınıfı değişmemekle birlikte plastisitelerinin azaldığı görülmüştür. Atık mermer tozlarının belli oranlarda Bentonite ilavesiyle CH, sınıfı CL ye, Kaolene ilavesiyle MH, sınıfı ML'ye dönüşmektedir (Şekil 5.18).



(a)



(b)

**Şekil 5.18.** Plastisite grafiğinde KMT atığı (a) DMT atığı (b) etkisiyle zeminlerin değişimi

Bu çalışmada, Kaolen kilinin Rötre limitinin ( $w_R$ ) yaklaşık yöntemle Plastisite Kartı'ndan nasıl bulunduğu Şekil 5.7 üzerinde gösterilmiştir. Kaolen ve Bentonit kili için %5, %10, %20, %30, %50 oranlarında KMT ve DMT atıkları kullanılarak bulunan noktalar üzerinden aynı işlemler uygulanmıştır. Kil ve katkı türü fark etmeksizin, katkı oranı arttıkça, rötre limiti değerinin düştüğü görülmüştür (Şekil 5.16a, Şekil 5.17a). Edilen sonuçlara ait detaylar Ek-A62-72'de verilmiştir.

Kil numunelerine eklenen her bir mermer tozu atığı türü likit limit, plastik limit ve rötre limiti değerlerini azaltmıştır. Mermer tozu atığının yüzdesi arttıkça stabilize edilmiş numunelerin likit limit değerleri plastik limit değerlerinden çok daha fazla düşmüştür. Bu sebeple plastisite indisi de azalmıştır. Bu sonuçlar, plastik limit ve rötre limiti hariç, likit limit ve plastisite indisi açısından önceki çalışmalar ile uyumludur (Batman 2015; Sing ve Yadav 2014; Chen ve Idusuyi 2015; Sivrikaya vd. 2014).

Batman (2015) çalışmasında, kile belirli oranlarda öğütülmüş kuvars kumu tozu karıştırılarak zemini iyileştirmek ve kum tozu katkısı ile iyileştirilmiş bu zeminlerin deneysel çalışmalarla geoteknik özellikleri araştırılmıştır. İki farklı kil zemine %0, %10, %20, %30, %50 oranlarında öğütülmüş kuvars kumu tozu (K) ilave edilerek likit limit

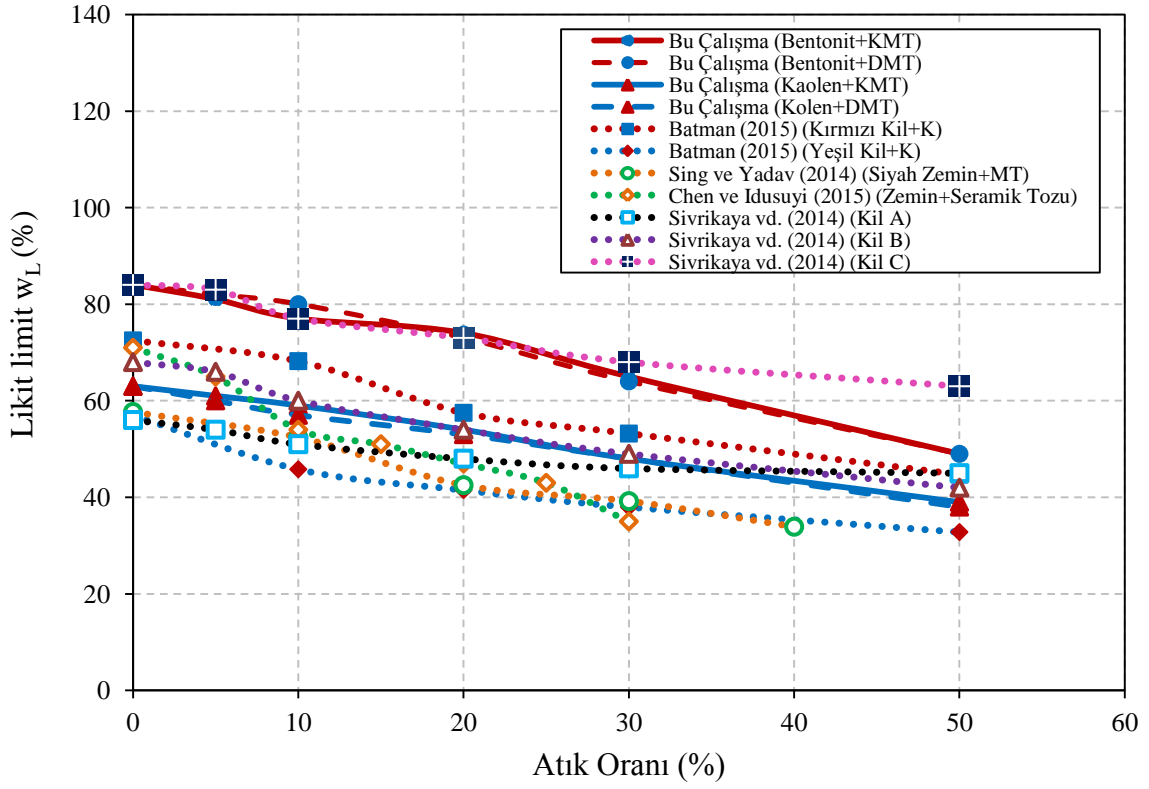
ve plastik limit deneyleri yapılmıştır. Her iki kil numunesine ilave edilen kuvars kumu tozu katkısının kilin kıvam limitleri değerlerini düşürdüğü görülmüştür. Literatürde yapılan bu çalışma sonucu elde edilen  $w_L$ ,  $w_p$  ve  $I_p$  değerlerindeki düşüş mevcut çalışma ile benzerlik göstermektedir (Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21).

Sing ve Yadav (2014) çalışmalarında, siyah zeminlerin indeks özelliklerine MT atığının etkisini araştırmak amacıyla deneyler yapmıştır. Zemine %0, %10, %20, %30, %40 oranlarında MT atığı katılarak likit limit ve plastik limit deneyleri yapılmıştır. Deney sonucunda  $w_L$ ,  $w_p$  ve  $I_p$  değerlerinde azalma,  $w_R$  değerinde ise artış meydana gelmiştir. Literatürde yapılan bu çalışma sonucu elde edilen  $w_L$ ,  $w_p$  ve  $I_p$  değerlerindeki düşüş mevcut çalışma ile benzerlik göstermekte,  $w_R$  değerinde ise artış meydana gelmesi ile farklılık göstermektedir (Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21, Şekil 5.22).

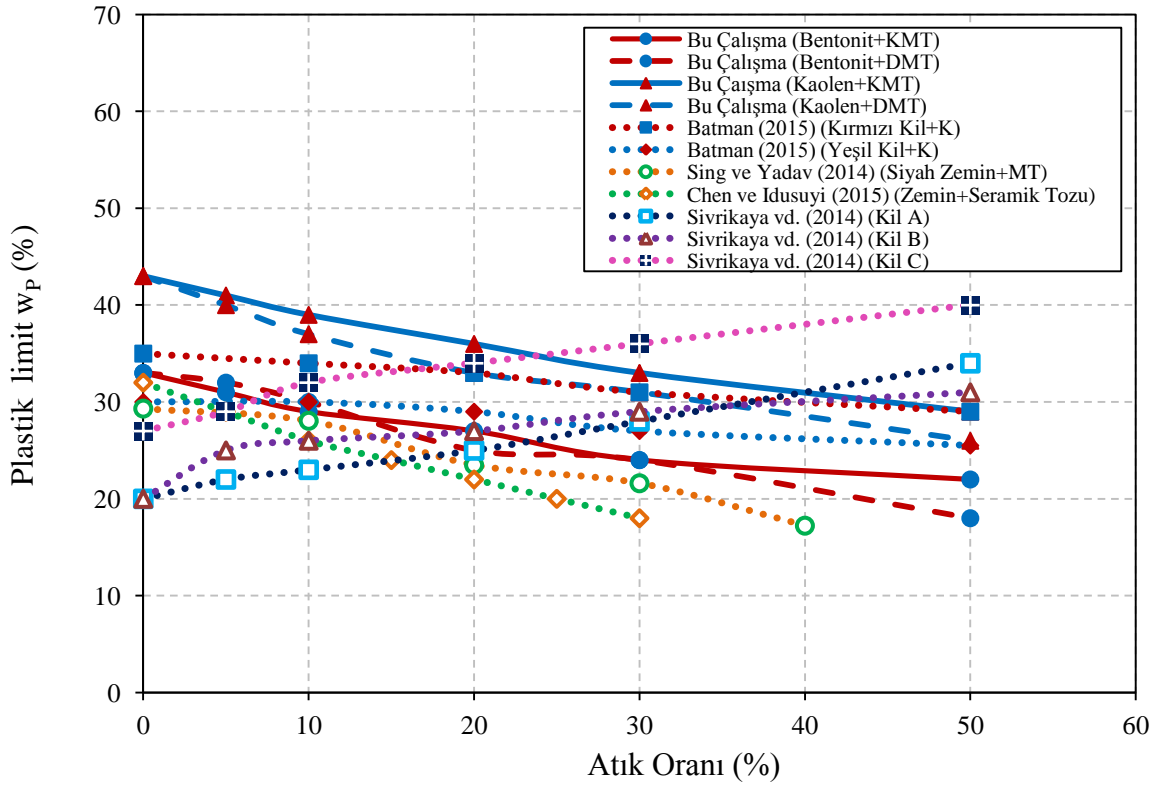
Chen ve Idusuyi (2015) çalışmalarında, zemine % 5'lik bir artışla atık seramik tozu ilave edilmesiyle zeminin indeks özelliklerine etkisini araştırmak için deneyler yapılmıştır. %0 ila %30 arasında seramik tozu ilave edilmesi sonucu  $w_L$ ,  $w_p$  ve  $I_p$  değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Literatürde yapılan bu çalışma sonucu elde edilen  $w_L$ ,  $w_p$  ve  $I_p$  değerlerindeki düşüş mevcut çalışma ile benzerlik göstermektedir (Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21).

Sivrikaya vd. (2014) çalışmalarında, Kil A (%95 Kaolen+%5 Bentonit), Kil B (%90 Kaolen+%10 Bentonit), Kil C (%80 Kaolen+%20 Bentonit) olmak üzere 3 adet yapay kil numuneleri oluşturmuş ve bu numuneler üzerinde likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ) deneyleri yapılmış ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerleri bulunmuştur. Deneyler sonucunda  $w_L$  ve  $I_p$  değerlerinde düşüş gözlenirken,  $w_p$  değerlerinde ise artışların olduğu görülmüştür (Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21).

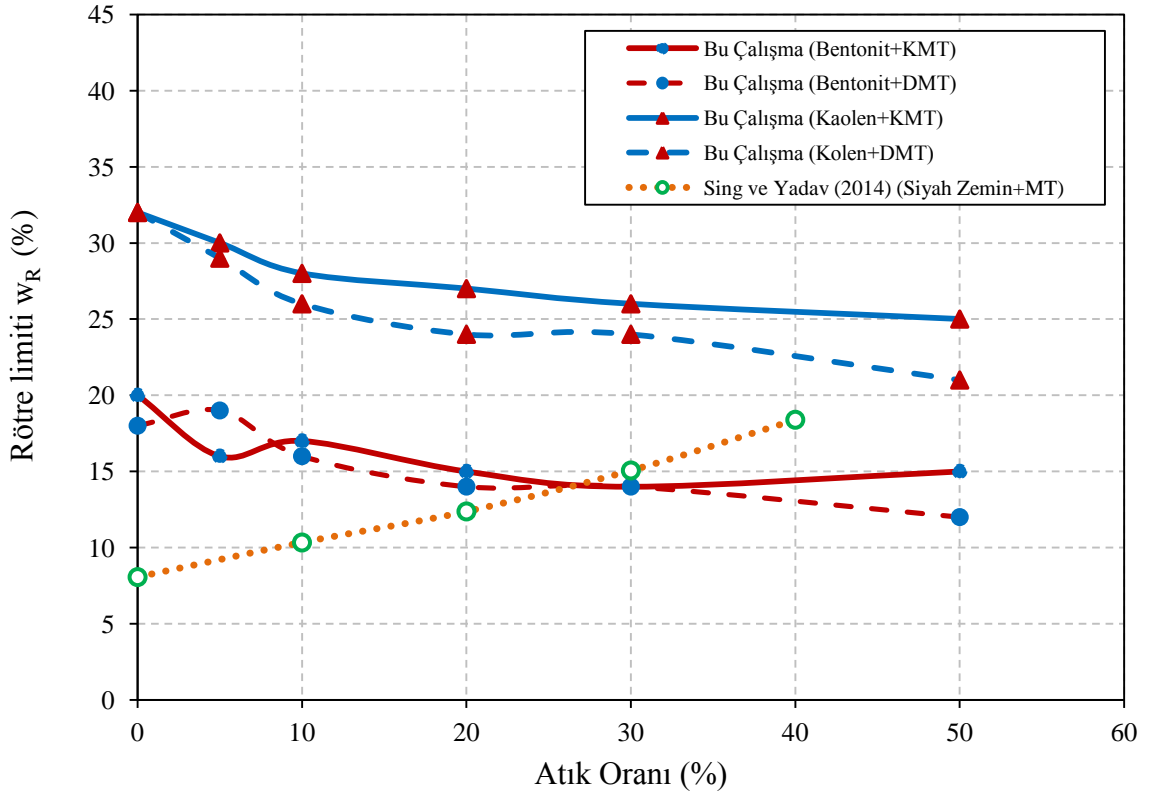
Literatürde yapılan deney sonuçlarına bakılarak  $w_L$  ve  $I_p$  sonuçları, bu çalışmada elde edilen deney sonuçları ile benzer durum gözlenirken, Sivrikaya vd., (2014)  $w_p$  deney sonuçlarında tersi bir durum gözlenmiştir. Bu durumun oluşmasında kullanılan malzemelerin tamamen saf olmaması ve içerisinde farklı miktarda ve türde mineral ihtiva etmesinin neden olduğu düşünülmektedir.



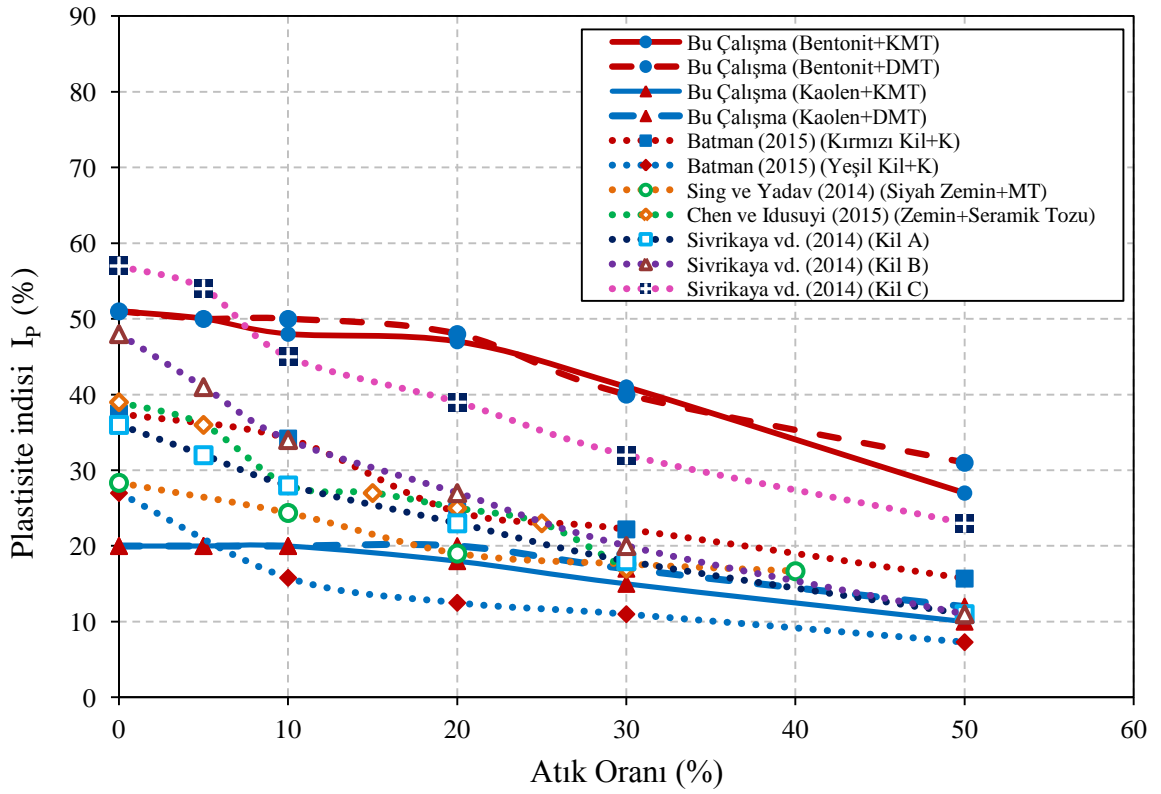
Şekil 5.19. Likit limit değerlerinin literatür ile karşılaştırılması



Şekil 5.20. Plastik limit değerlerinin literatür ile karşılaştırılması



Şekil 5.21. Rötire limiti değerlerinin literatür ile karşılaştırılması



Şekil 5.22. Plastisite indisi değerlerinin literatür ile karşılaştırılması

## 5.6 Katkı Malzemelerinin CBR Değeri Üzerindeki Etkisi

İkinci seri deneysel çalışmalarında, farklı oranlarda atık malzemeler ile oluşturulan karışımların CBR deneyleri yapılmıştır. Deneyler, ASTM D 1883 standardına uygun olarak yapılmıştır. Numuneler bu standarda uygun otomatik sıkıştırıcı yardımı ile hazırlanmış olup bütün deneyler 6" CBR kalıplarında yapılmıştır. 18 cm yüksekliğinde 15.2 cm çapındaki CBR kalıbının alt kısmına 6.2 cm yüksekliğinde demir alt tabaka yerleştirilmiştir. Daha sonra hazırlanmış olan numunelere her 3 tabakaya 56 vuruş olacak şekilde 2.5 kg'lık ağırlığın 30.5 cm yüksekliğinden düşürülmesi ile sıkıştırma işlemi yapılmıştır. Otomatik numune sıkıştırıcı, CBR kalıp seti, numune hazırlama işlemi ve deney sonrası numune görünümü Fotoğraf 5.11'de verilmiştir. Hazırlanan numuneler 1.27 mm/dak hız ile yüklenmiştir (Fotoğraf 5.12).

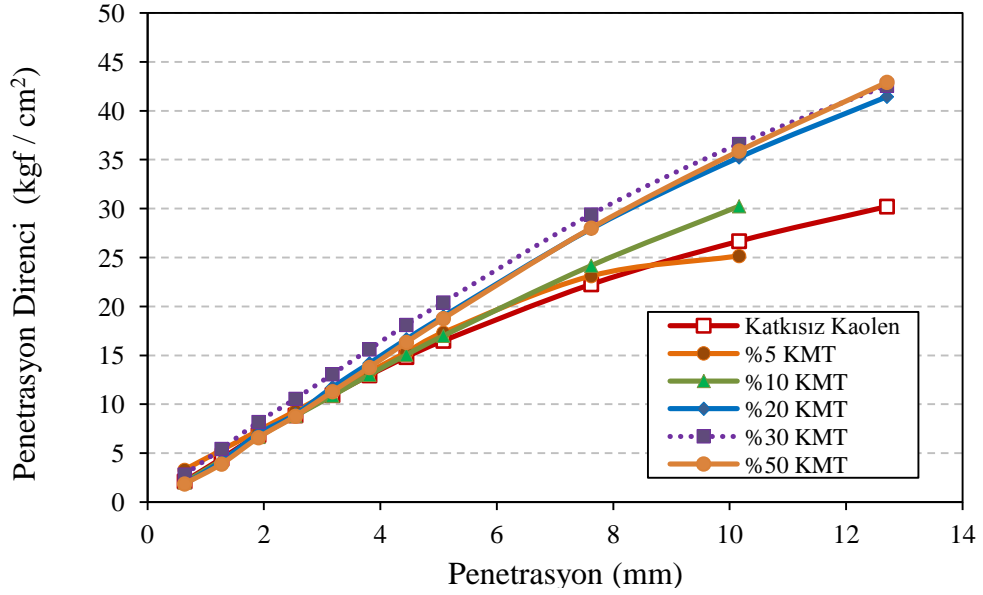


**Fotoğraf 5.11.** Otomatik numune sıkıştırıcı (a), CBR kalıp seti (b), Numune hazırlama işlemi (c) ve Deney sonrası numune görünümü (d)

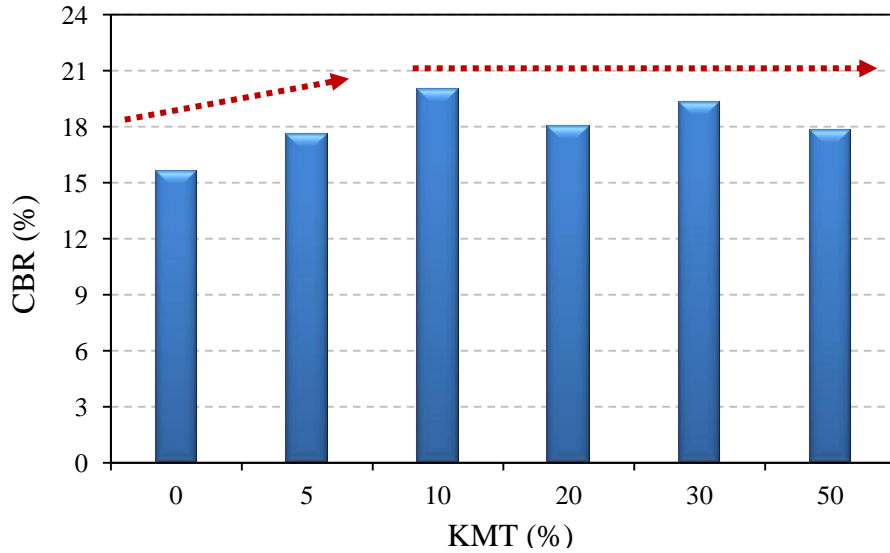


**Fotoğraf 5.12.** CBR deneyinin gerçekleştirilmesi

Kaolen ve Bentonit kiline %5, %10, %20, %30 ve %50 oranlarında KMT atığı ve DMT atığı karıştırılmış ve katkı malzemesinin CBR değerlerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen CBR değerleri ve penetrasyon direncinin mermer toz atık oranına bağlı değişimleri Şekil 5.23, Şekil 5.24, Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'da gösterilmiştir. Deney sonuçları incelendiği zaman, Kaolen ve Bentonit killерinin atık malzemesi oranlarının artması ile bir kısım farklı davranış sergilediği görülmektedir.

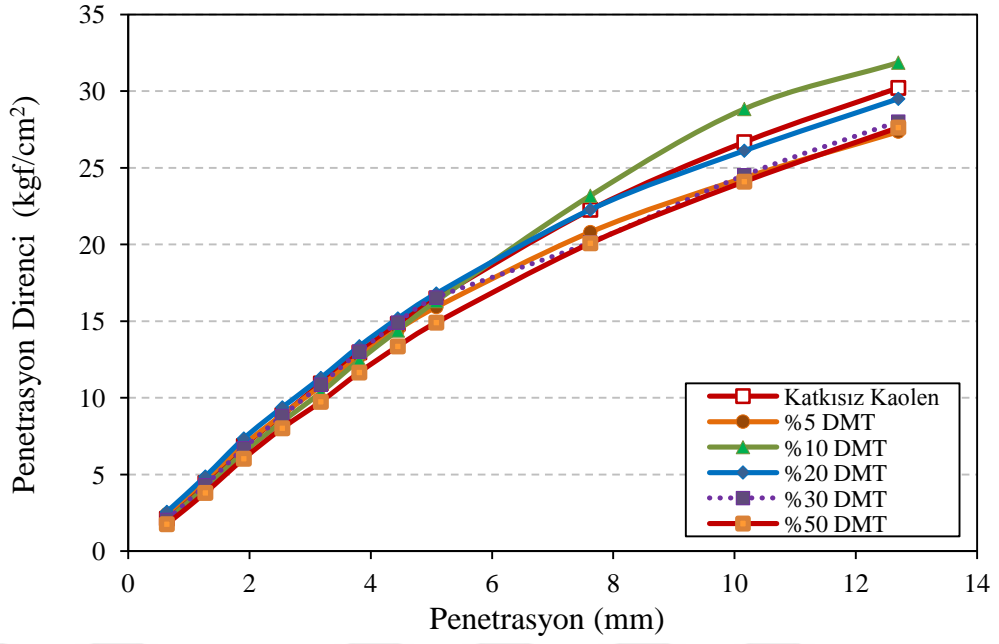


(a)

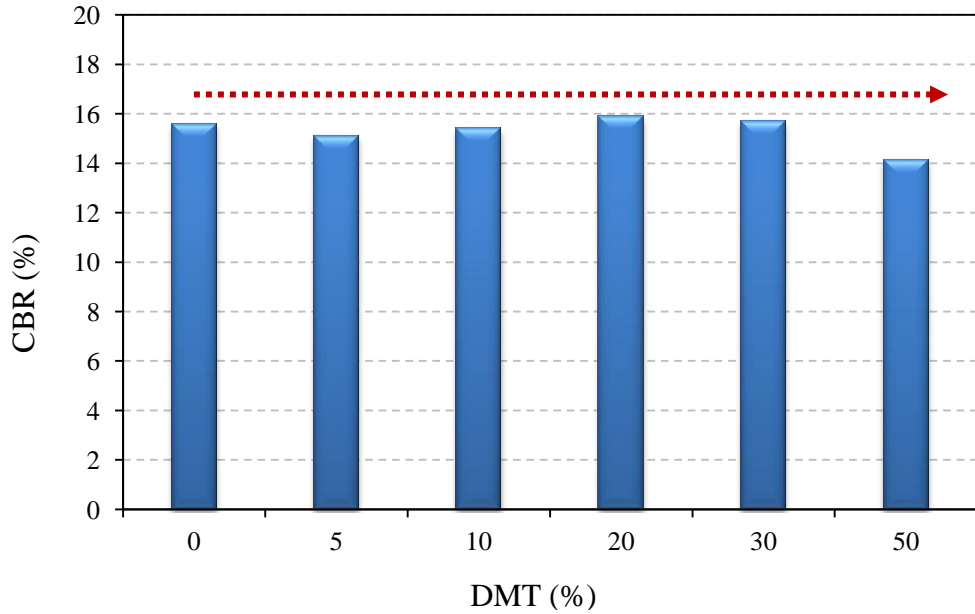


(b)

Şekil 5.23. Kaolen kiline ilave KMT atığı oranlarının, Penetrasyon direncine (a) ve CBR değerine (b) etkisi



(a)

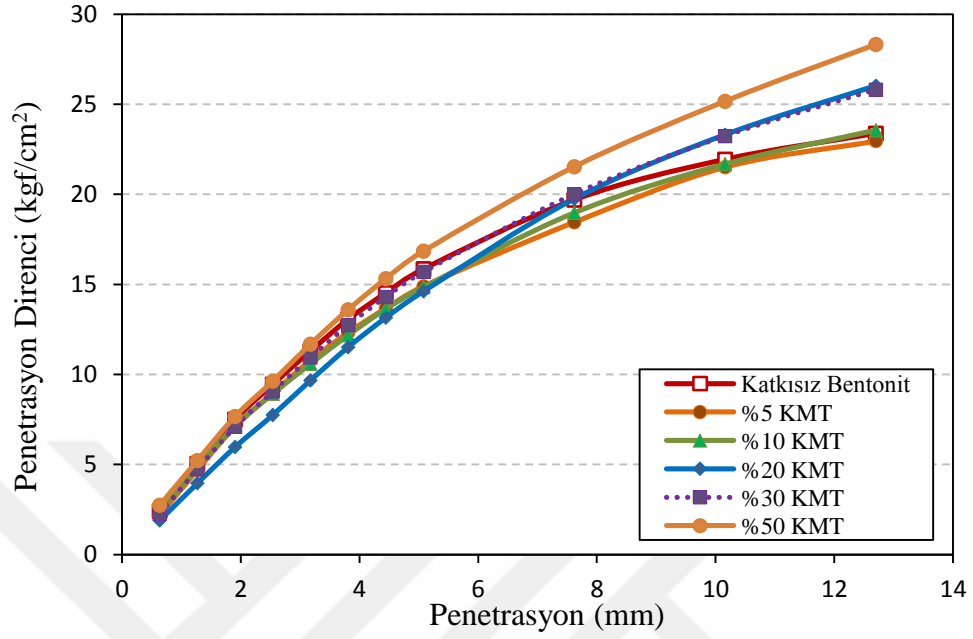


(b)

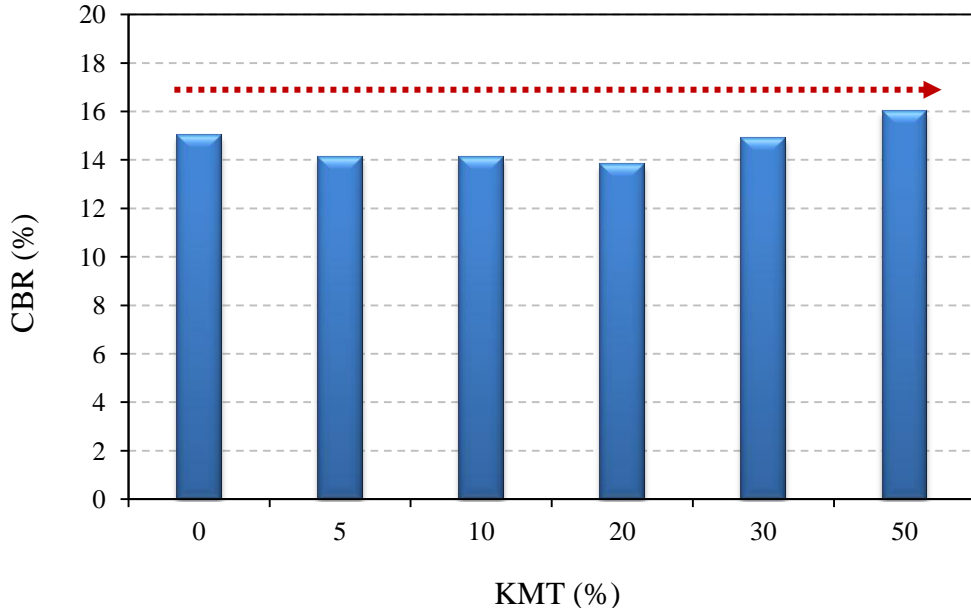
**Şekil 5.24.** Kaolen kiline ilave DMT atığı oranlarının, Penetrasyon direncine (a) ve CBR değerine (b) etkisi

CBR deney sonuçlarına bakıldığında Kaolene %10 KMT atığının ilave edilmesine kadar katkısız duruma göre %28 oranında artış meydana geldiği gözlenmiştir. %10 atık oranından sonra, ciddi bir değişim gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte DMT atığının

ise CBR değeri üzerinde değişime sebep olmadığı görülmüştür (Şekil 5.23 ve Şekil 5.24).

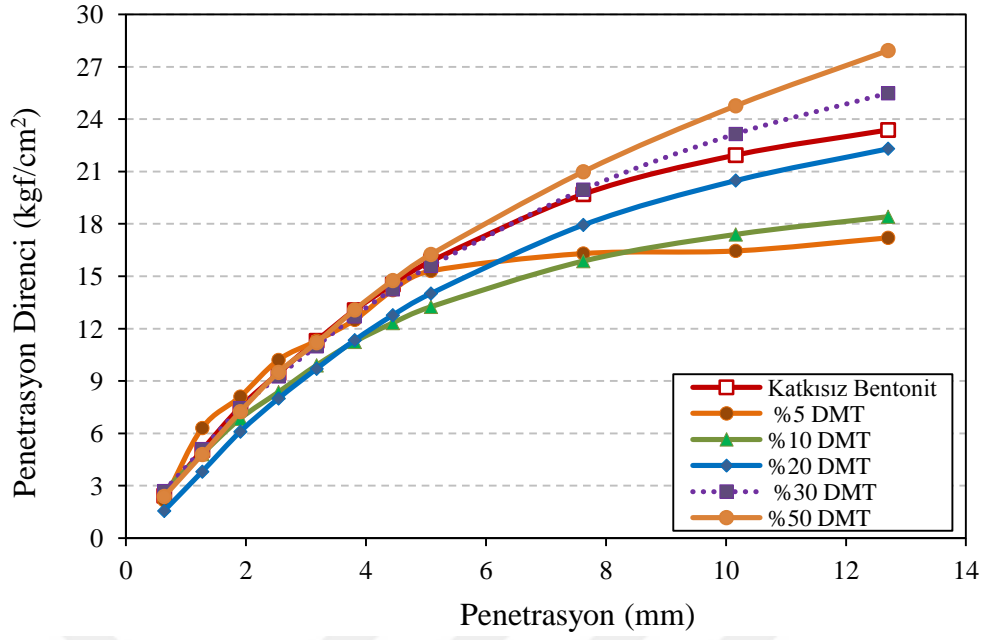


(a)

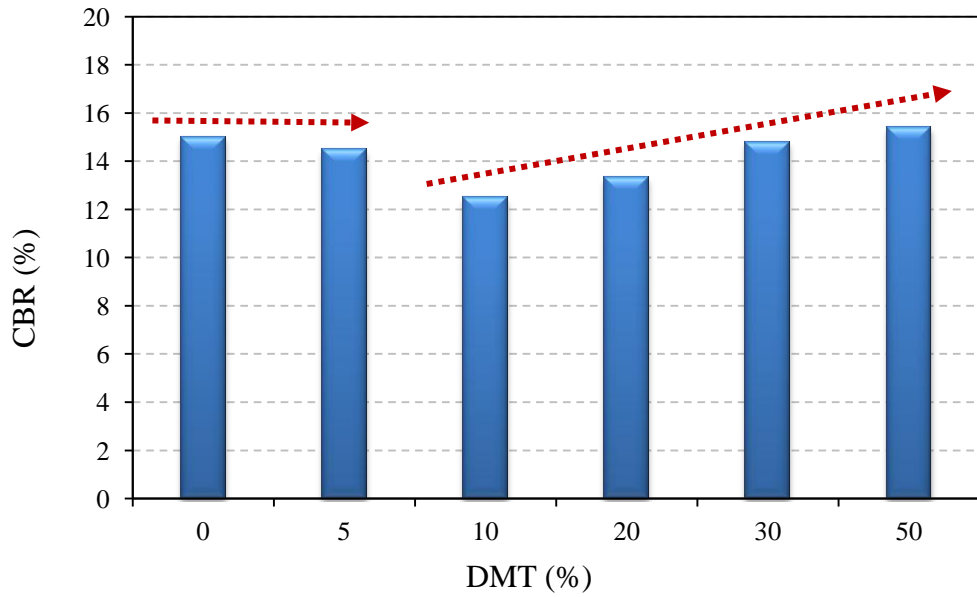


(b)

Şekil 5.25. Bentonit kiline ilave KMT atığı oranlarının, Penetrasyon direncine (a) ve CBR değerine (b) etkisi



(a)



(b)

**Şekil 5.26.** Bentonit kiline ilave DMT oranlarının, Penetrasyon direncine (a) ve CBR değerlerine (b) etkisi

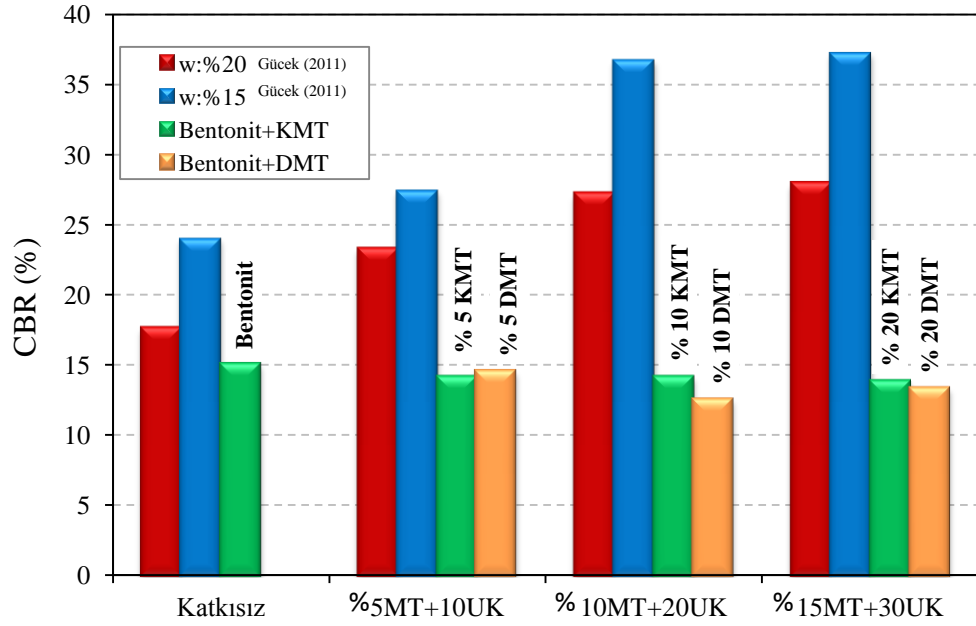
Deney sonuçlarına bakıldığında Bentonite KMT atığının atılmasıyla CBR değerlerinde büyük bir değişiklik olmadığı gözlemlenmesine rağmen katkı yüzdelерinde en büyük artış katkısız duruma göre %7 oranında artış ile %50 katkı oranında gözlenmiştir. Bu

oranı göz önünde bulundurarak katkı oranı yüzdesinin artmasıyla CBR değerinin artacağı düşünülebilir (Şekil 5.25).

Bentonite katılan DMT atığının sonuçlarına bakıldığında ise %10 oranına kadar düşüş olduğu gözlenmiştir. Katkısız duruma göre %10 oranındaki CBR sonuçlarında %17 oranında düşüş meydana gelmiş, daha sonra artan katkı oranlarına bağlı olarak, sonuçlarda artış olduğu gözlemlenen deney sonuçlarında %50 oranında en yüksek değere ulaşıldığı görülmüştür. Katkısız duruma göre %50 katkılı durumda yaklaşık %3 oranında artış meydana gelmiştir. Bu sonuca bakarak Bentonit kiline ilave edilen DMT oranının arttırılmasıyla CBR değeri artabilir fakat katkısız duruma göre de büyük bir artışın olmayacağını katkı miktarı artışının fazla olmasıyla da sıkışabilirliğinin azalacağını söyleyebiliriz (Şekil 5.26).

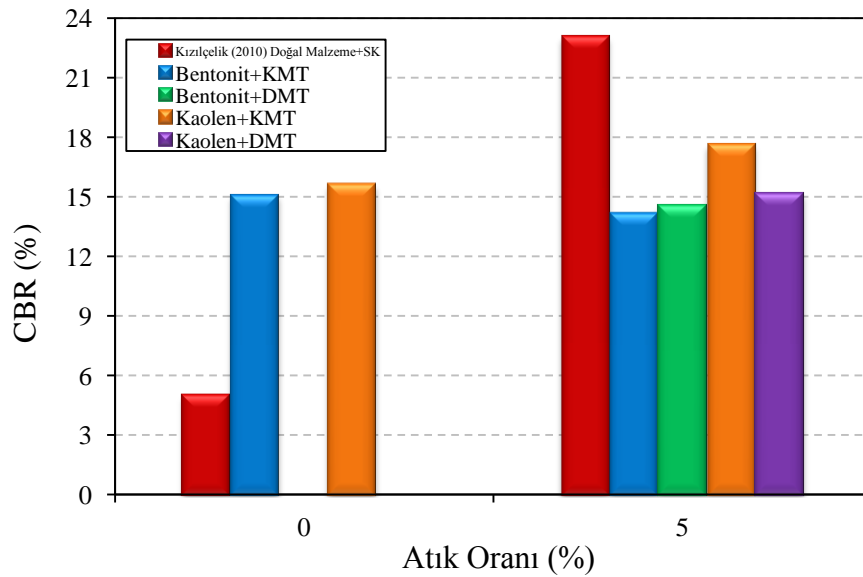
Anlık CBR sonuçlarına göre, Kaolen ve Bentonit killerinin katkısız durumda orta zemin tanımında ve alttemel kullanımına uygun olduğu söylenebilir (Çizelge 5.4). İlave edilen atık oranları ile bu durumun değişmediği gözlenmiştir. Anlık CBR deney verilerine ait detaylar, EK-B1-B22’de verilmiştir.

Gücek (2011) çalışmasında, yüksek plastisiteli kil numunesinin mermer tozu (MT) ve uçucu kül (UK) ile zemin stabilizasyonunda değerlendirilmesi için CBR deneyleri yapılarak CBR değerinin, MT ve UK miktarı artışına paralel olarak, arttığı görülmüştür (Şekil 5.27). Bu deneyde de %20 su muhtevasında hazırlanan numunelerdeki dayanım %15’e göre daha yüksektir. Diğer taraftan her iki su muhtevasındaki numuneler için %10 MT-%20 UK karışım oranı en uygun karışım oranı olduğu göze çarpmaktadır. Çünkü bu orandan daha fazla olan karışımlardaki artış çok küçük değerlerde kalmaktadır.



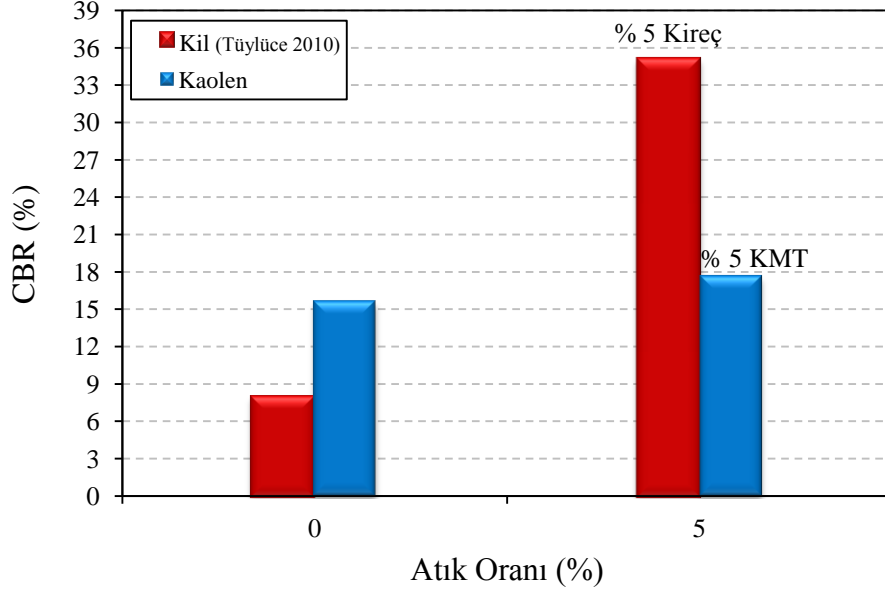
Şekil 5.27. Katkı ve su muhtevasına göre CBR oranının değişimi karşılaştırması

Kızılcılık (2010) çalışmasında, zemin üzerinde sönmemiş kireç kullanılarak yüksek su muhtevasına sahip killi zeminin hem su muhtevasını azaltmak hem de mukavemeti arttırmasını belirlemek için yaş CBR tercih edilerek kireçli malzemenin CBR değeri, doğal malzemeye göre yakın 5 kat artmış ve bu çalışma, yapılmış olan çalışmadaki Kaolen kiline %5 oranında KMT karıştırılarak CBR değerinde artış meydana getirmesi ile benzerlik olduğu görülmüştür. Ayrıca kuru CBR deneyi olması ile farklılık göstermektedir (Şekil 5.28).



Şekil 5.28. CBR sonuçları

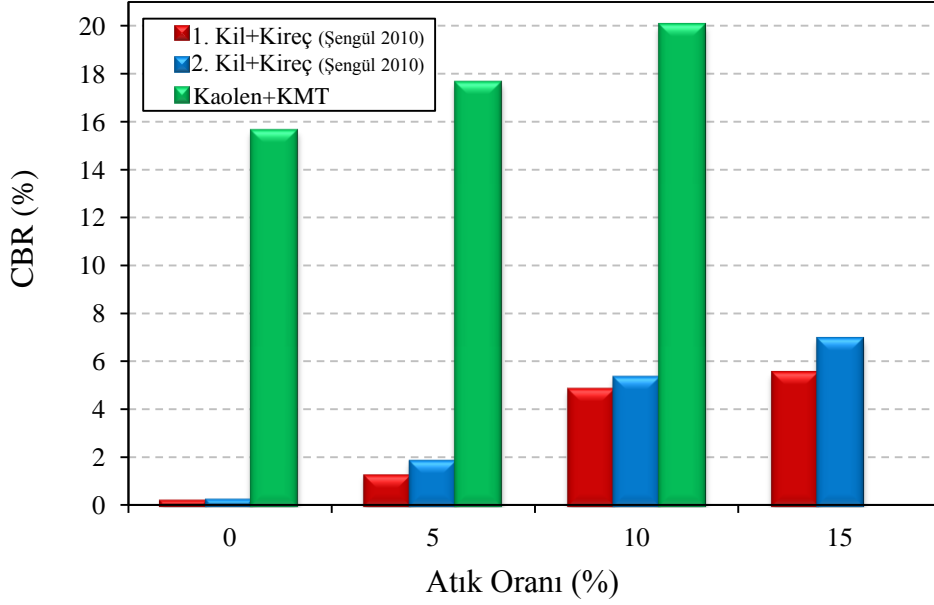
Tüylüce (2010) mevcut tez çalışması ile, bu çalışmada Kaolen kiline %5 oranında KMT karıştırılarak elde edilen CBR değerlerindeki artış sonuçlarının benzerlik gösterdiği görülmüştür (Şekil 5.29).



**Şekil 5.29.** Saf ve % 5 kireçli deniz kili yaş CBR değerleri ile Kaolen+KMT atığı kuru CBR değerlerinin karşılaştırılması

Şengül (2010) çalışmasında, kirecin kil numunesi içerisine %0, %5, %10, %15 oranlarında karıştırılmıştır. Numuneler CBR deneyine tabi tutulmuş ve CBR deney sonuçları mevcut çalışmayla karşılaştırılması Şekil 5.30'da gösterilmektedir.

CBR değerinde en büyük artış %15 kireç oranında olduğu görülmüştür. Zemine kireç karıştırıldığında, kirecsiz duruma göre CBR değerinde artan katkı oranına bağlı olarak artışlar meydana geldiği gözlemlenmiştir.



**Şekil 5.30.** Kireçsiz ve kireçli durumlarda yapılan yaş CBR deney sonuçlarının Kaolen+KMT atığı CBR deney sonuçları ile karşılaştırılması

Mevcut tez çalışmasında artan atık oranı miktarına bağlı olarak CBR değerinde meydana gelen artışlar Kaolen kiline karıştırılan KMT atığının %10 oranına kadar artış göstermesi sonucu ile benzerlik göstermiştir.

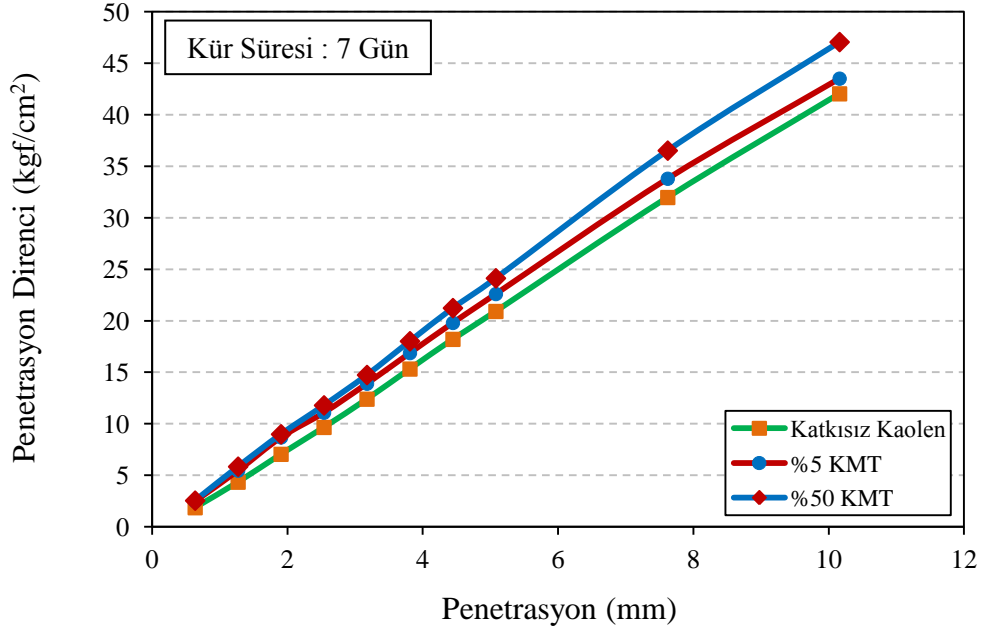
## 5.7 Kür Sürelerinin CBR Değeri Üzerindeki Etkisi

Kuru CBR deneyi olarak planlanan deney programında, Mermer tozu atıkları ile stabilizasyonun kür süresine bağlı değişimlerini incelemek için yedi gün, bir ay ve iki aylık kür sürelerine tabi tutulmuştur. Bütün katkı oranları, küre bırakılmamış anlık deney sonuçlarına bakılarak, katkısız zemin numuneleri ile birlikte katkı malzemelerinin farklı sonuç gösterdiği %5 ve %50 oranlarında deney yapılmıştır.

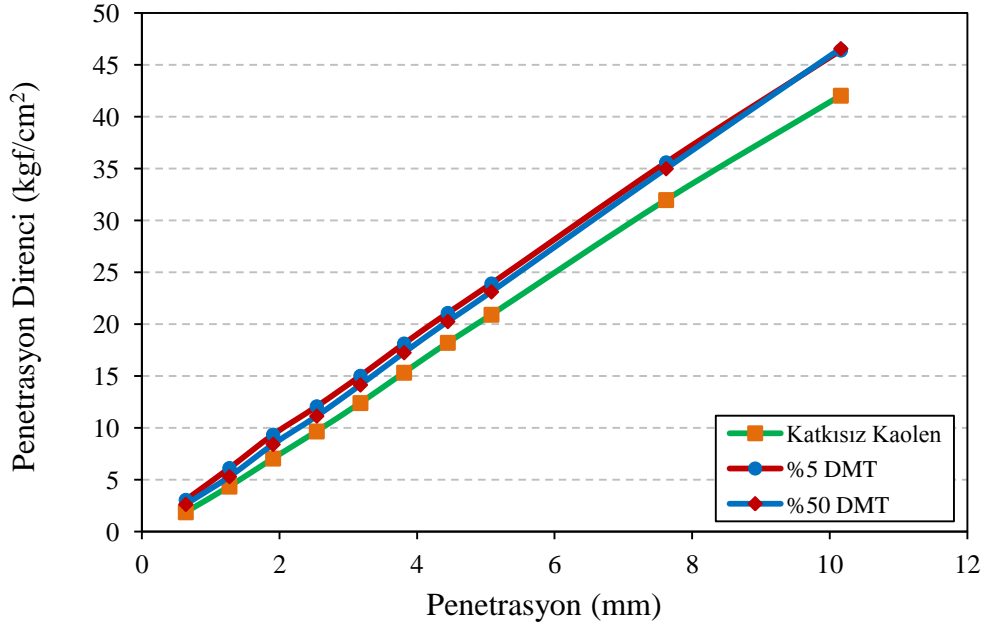
### 5.7.1 Yedi günlük kür sonundaki CBR değerleri

Farklı iki tür mermer tozu atığının zemin numuneleri üzerinde zamana bağlı CBR değeri üzerindeki değişimini incelemek için kapalı kür kabini içinde uygun ortamı oluşturmak için damıtık su kullanılarak 7 günlük küre bırakılmıştır. Kür sonunda CBR deneyine tabi tutulan zemin numunelerinin CBR deney sonuçları, Şekil 5.31, Şekil 5.32,

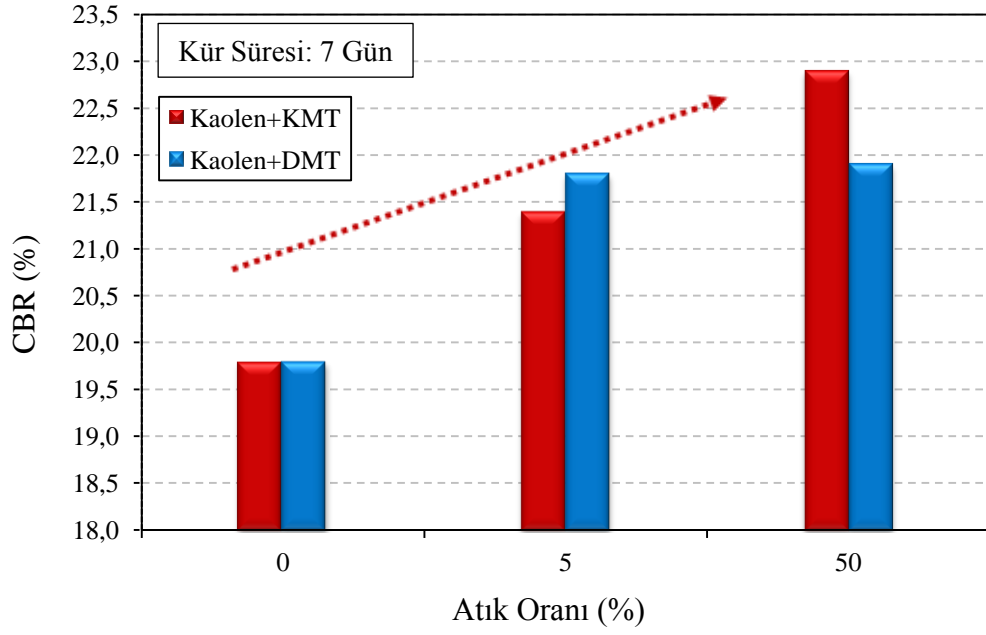
Şekil 5.33-36'da gösterilmiştir. Deney sonuçlarına ait detaylar Ek-C1-C10'da verilmiştir.



Şekil 5.31. Kaolen kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının, 7 günlük kür sonrası Penetrasyon direnci

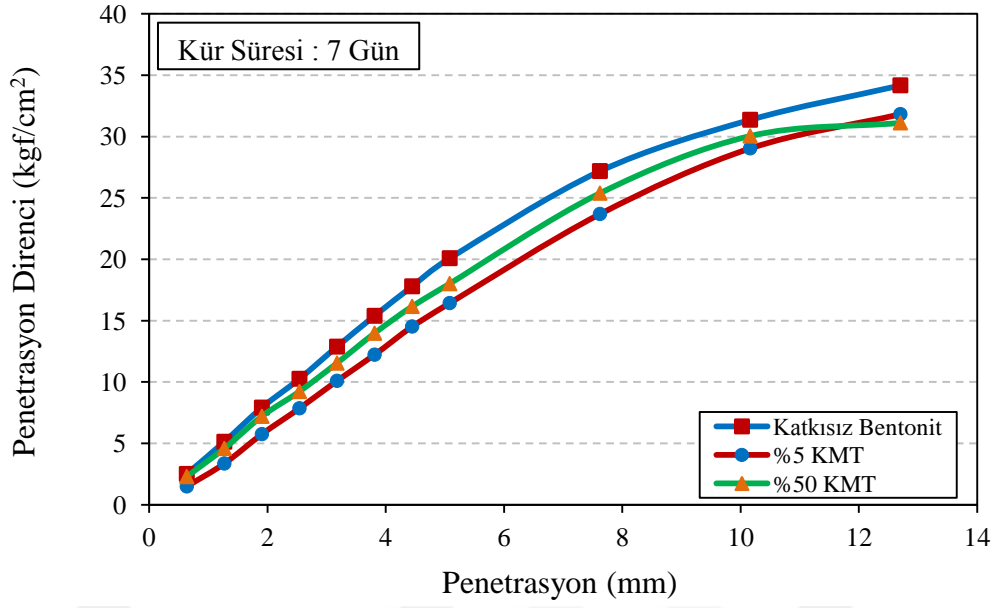


Şekil 5.32. Kaolen kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının, 7 günlük kür sonrası Penetrasyon direnci

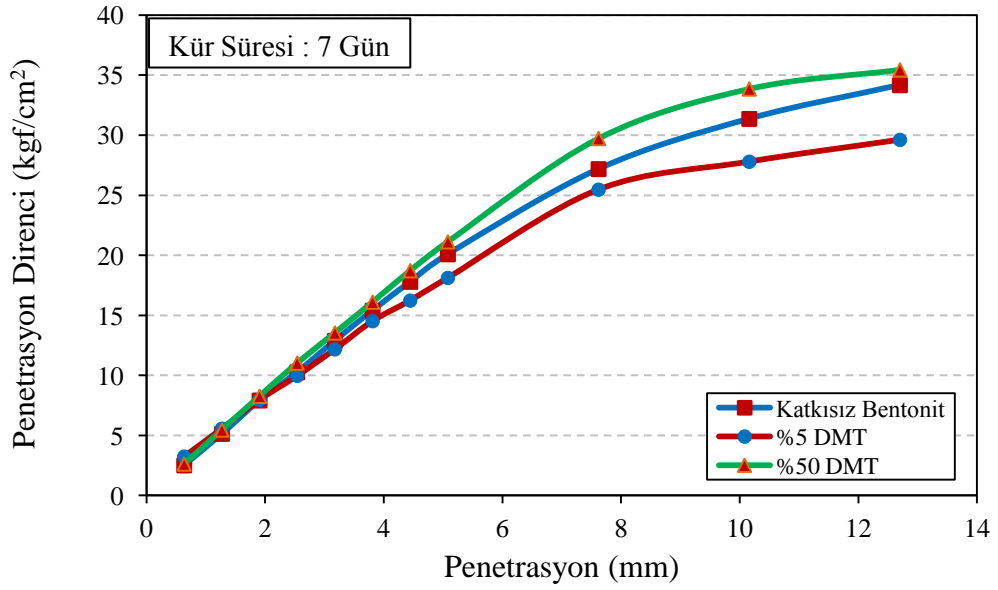


**Şekil 5.33.** Kaolen kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının, 7günlük kür süresi sonrası CBR değerine etkisi

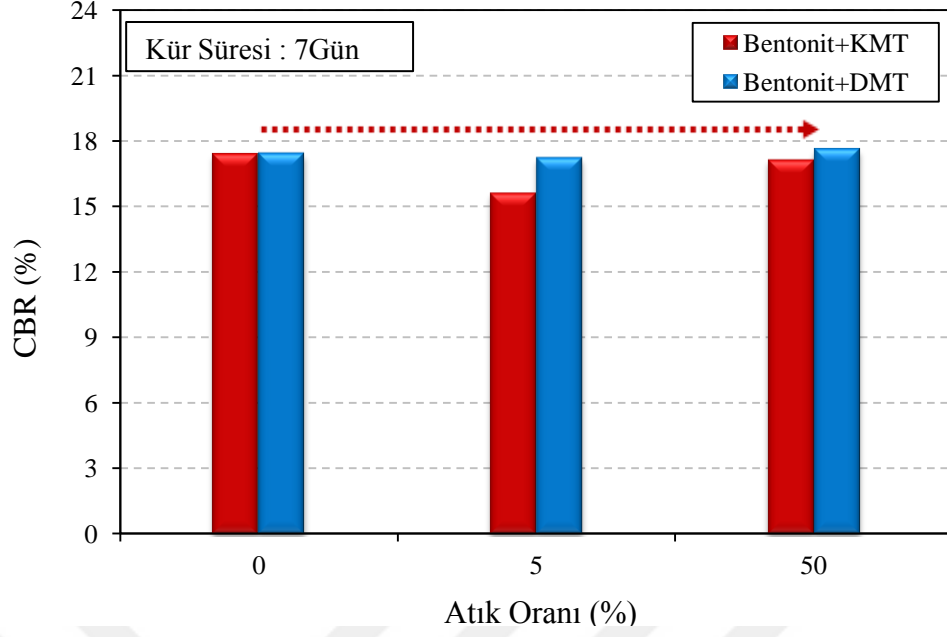
Şekil 5.31, Şekil 5.32 ve Şekil 5.33’de verilen 7 günlük CBR deney sonuçlarına bakıldığında, Kaolene KMT atığının ilave edilmesiyle, artan atık oranına bağlı olarak CBR değerinde artış olduğu gözlenmiştir. Katkısız deney sonucuna göre %5 katkılı durumda yaklaşık %8, %50 katkılı durumda ise %16 oranında artış sağlayarak en büyük CBR değerine %50 oranında ulaşılmıştır (Şekil 5.33). Şekil 5.33’de Kaolene ilave edilen DMT atığının deney sonuçlarına bakıldığında %5 oranında katkısız duruma göre %10 oranında artış gözlenmiştir. %50 oranında bu oranın değişmediği gözlemlenmiştir.



Şekil 5.34. Bentonit kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının, 7 günlük kür sonrası Penetrasyon direnci



Şekil 5.35. Bentonit kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının, 7 günlük kür sonrası Penetrasyon direnci

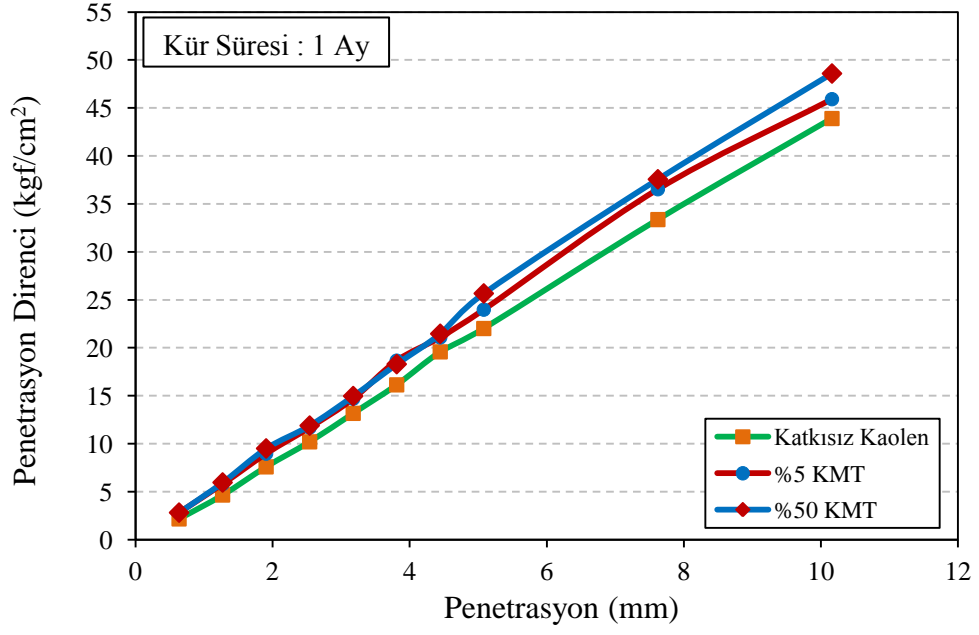


**Şekil 5.36.** Bentonit kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının 7 günlük kür süresi sonrası CBR değerine etkisi

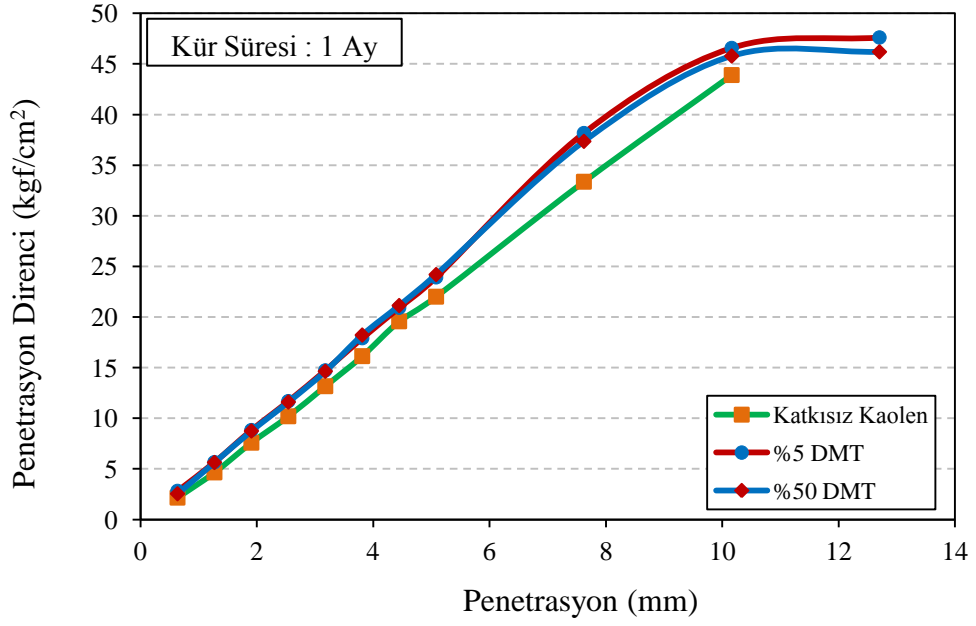
Şekil 5.34, Şekil 5.35 ve Şekil 5.36’da verilen Bentonit kiline ilave edilen katkı malzemelerinin, 7 günlük kür sonundaki CBR sonuçlarına bakıldığında, her iki katkı malzemesi etkisinin de benzer eğilim gösterdiği ve ciddi bir değişime sebep olmadığı görülmektedir (Şekil 5.36). Katkısız deney sonuçlarına göre, KMT atığı %10 oranlarında bir düşüşe neden olurken, DMT atığı %5 oranlarında bir artış yaparak %50 katkılı durumda, 7 günlük kür süresince daha iyi mukavemet artışı sağladığı görülmektedir.

### 5.7.2 Bir ay kür sonundaki CBR değerleri

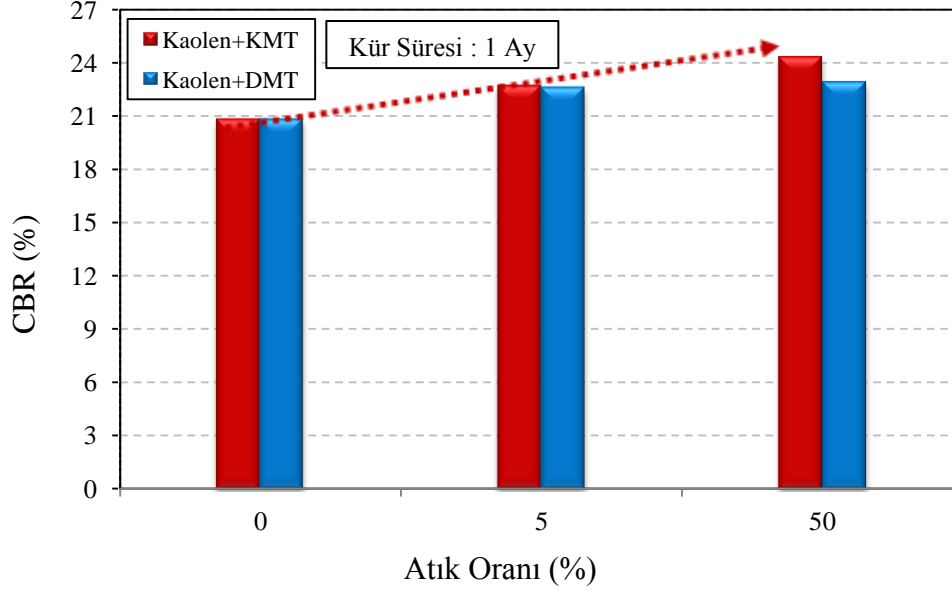
Farklı iki tür mermer tozu atığının zemin numuneleri üzerinde zamana bağlı CBR değeri üzerindeki değişimini incelemek için kür kabini içinde uygun ortamı oluşturmak için damıtık su kullanılarak bir ay süresince küre bırakılmıştır. Kür sonunda deneye tabi tutulan zemin numunelerinin CBR deney sonuçları Şekil 5.37-5.42’de verilmiştir. Deney sonuçlarına ait detaylar Ek-D1-D10’da verilmiştir.



Şekil 5.37. Kaolen kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının 1 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci



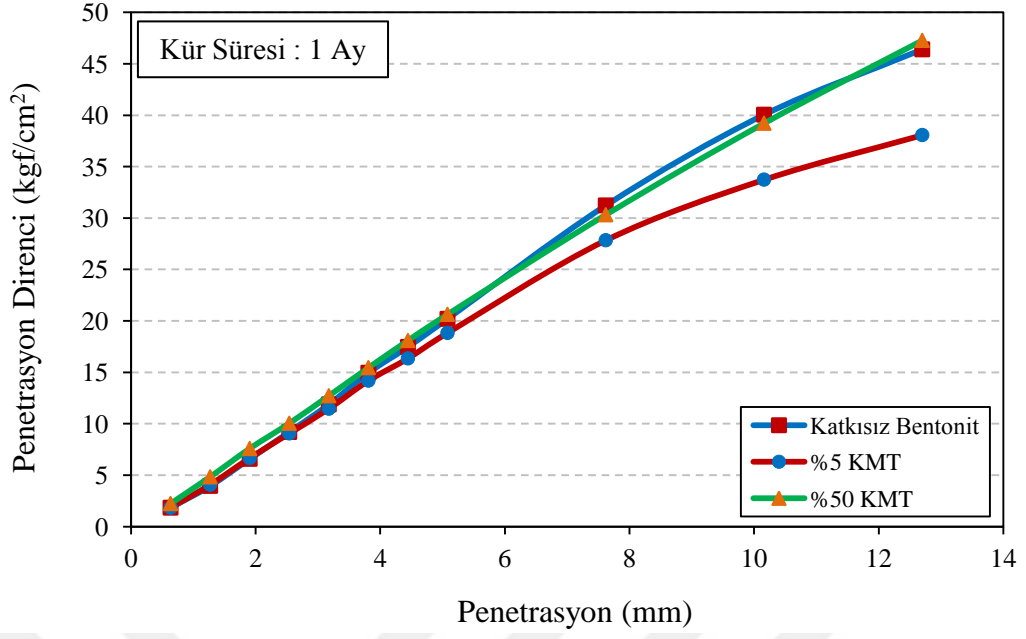
Şekil 5.38. Kaolen kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının 1 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci



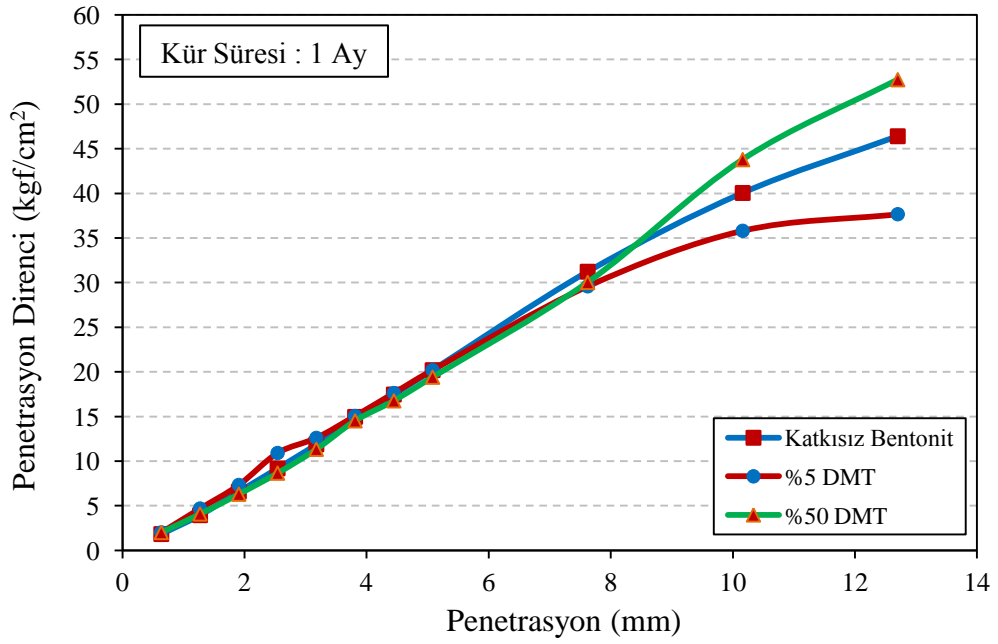
**Şekil 5.39.** Kaolen kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının 1 aylık kür süresi sonrası CBR değerine etkisi

Şekil 5.37, Şekil 5.38 ve Şekil 5.39’da verilen 1 aylık CBR deney sonuçlarına bakıldığında, Kaolene ilave edilen mermer tozu atıklarının türü fark etmeksizin benzer bir eğilimde olduğu gözlenmiştir. KMT atığının ilave edilmesiyle, artan atık oranına bağlı olarak, CBR değerinde artış olduğu gözlenmiştir ve katkısız deney sonucuna göre %17 oranında bir artış sağlayarak en büyük CBR değerine %50 oranında ulaşılmıştır.

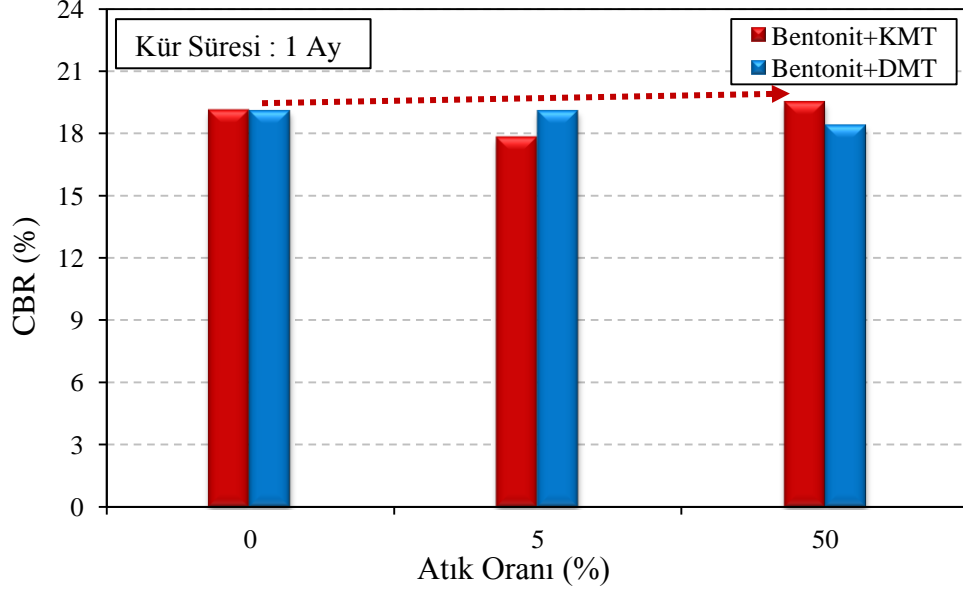
Şekil 5.39’da Kaolene ilave edilen DMT atığının deney sonuçlarına bakıldığında artan katkı oranına bağlı olarak bir artış göstermiştir ve katkısız duruma göre %10 oranında bir artış sağlayarak en yüksek CBR değerine %50 oranında ulaşılmıştır fakat KMT atığının gösterdiği etkiye ulaşamamıştır.



Şekil 5.40. Bentonit kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının 1 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci



Şekil 5.41. Bentonit kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının 1 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci



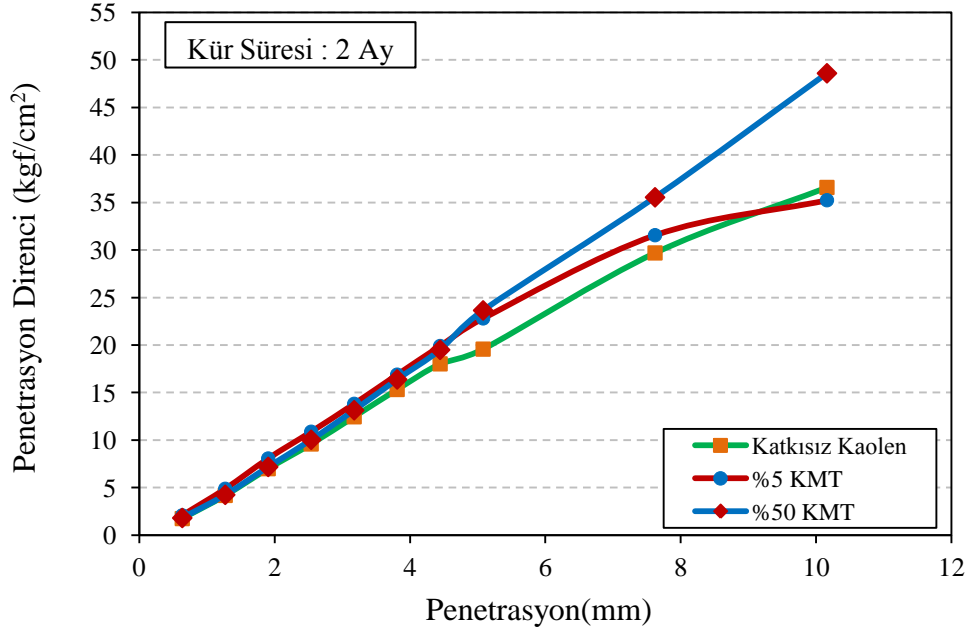
**Şekil 5.42.** Bentonit kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının 1 aylık kür süresi sonrası CBR değerine etkisi

Şekil 5.40, Şekil 5.41 ve Şekil 5.42’de verilen 1 aylık kür sonucu deney sonuçlarına bakıldığında, Bentonite katılan KMT atığının %5 oranında düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir. Katkısız duruma göre %5 oranındaki CBR sonuçlarında %7 oranında düşüş meydana gelmiş daha sonra artan katkı oranıyla sonuçlarda artış olduğu gözlemlenen deney sonuçlarında, %50 oranında en yüksek değere ulaşıldığı görülmüştür. Katkısız duruma göre %50 katkılı durumda yaklaşık %2 oranında artış meydana gelmiştir. Deney sonuçlarına bakıldığında Bentonite DMT atığının atılmasıyla CBR değerlerinde %5 oranında katkısız duruma bakılarak değişiklik olmadığı gözlemlenmiş sonuçlar aynı çıkmıştır. %50 katkı oranında ise katkısız duruma göre %4 oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.42). Genel eğilim olarak Bentonit üzerinde atık oranının 1 ay sonundaki CBR değeri üzerinde kayda değer etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak Bentonit için puzolonik sürenin yeterli zaman olmadığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

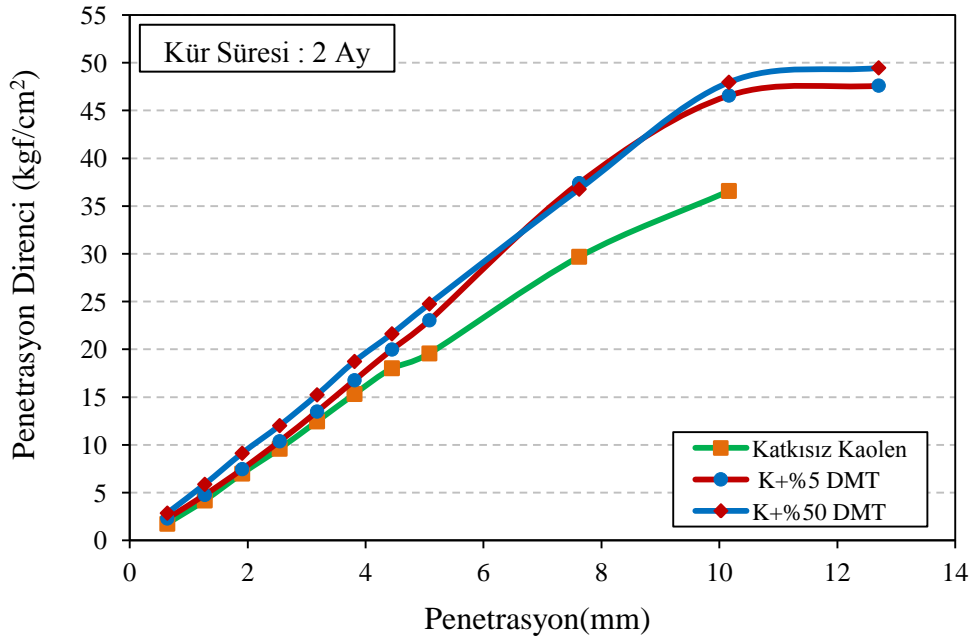
### 5.7.3 İki ay kür sonundaki CBR değerleri

Farklı iki tür mermer tozu atığının zemin numuneleri üzerinde zamana bağlı CBR değeri üzerindeki değişimini incelemek için kür dolabında içeride uygun ortamı oluşturmak için damıtık su kullanılarak iki ay küre bırakılmıştır. Kür sonunda CBR

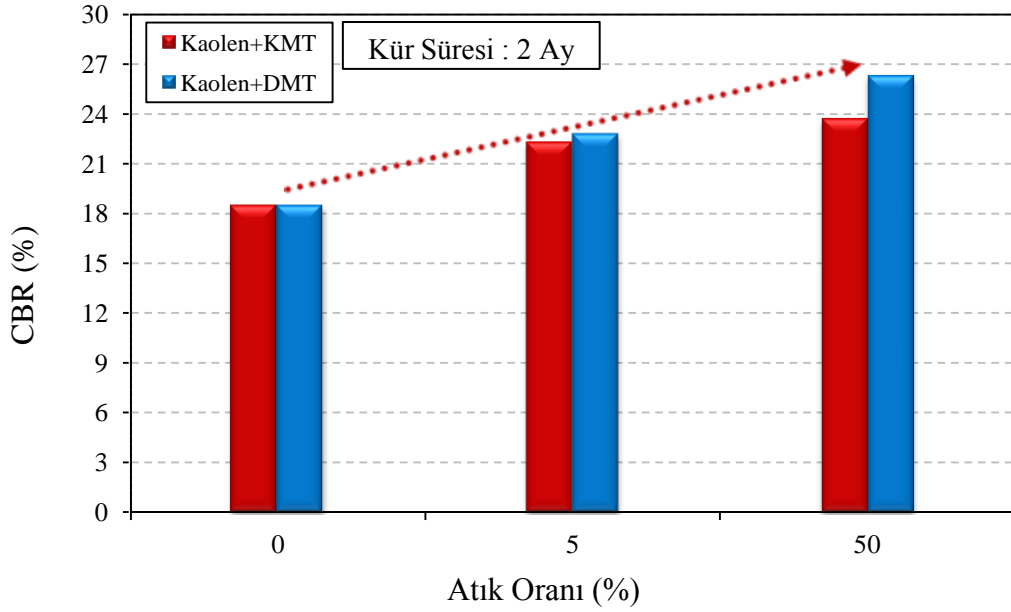
deneyine tabi tutulan zemin numunelerinin, CBR deney sonuçları Şekil 5.43, Şekil 5.44, Şekil 5.45, Şekil 5.46, Şekil 5.47 ve Şekil 5.48’de verilmiştir. Deney sonuçlarına ait detaylar Ek-E1-E10’da verilmiştir.



Şekil 5.43. Kaolen kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının 2 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci

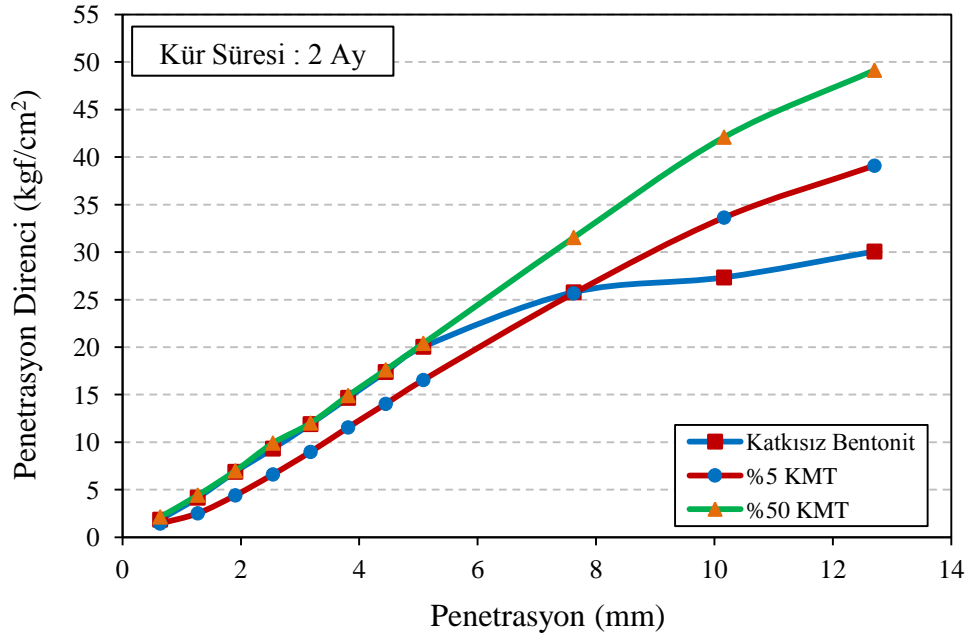


Şekil 5.44. Kaolen kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının 2 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci

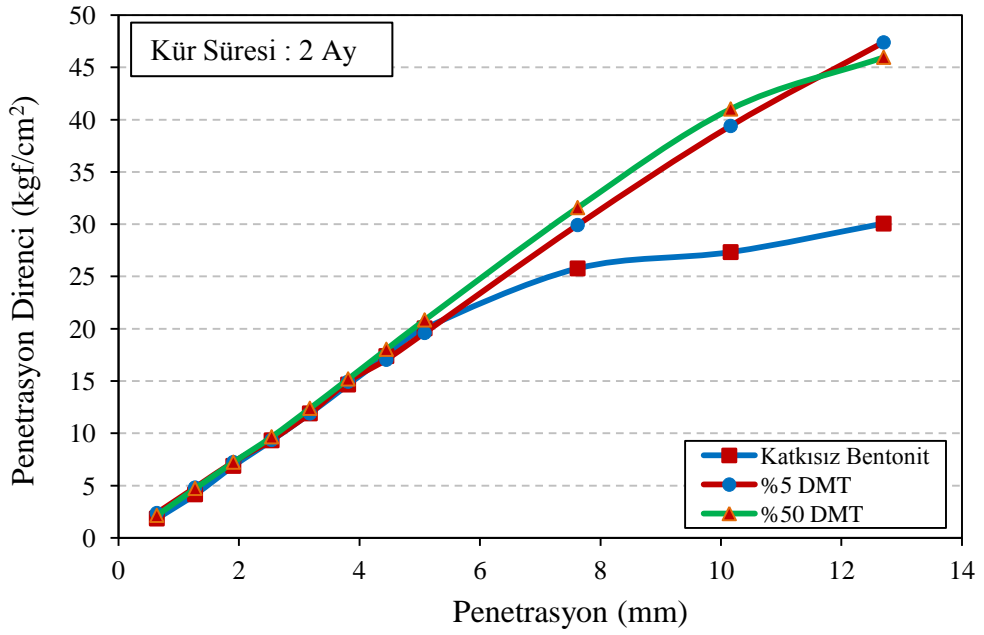


**Şekil 5.45.** Kaolen kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının, 2 aylık kür süresi sonrası CBR değerine etkisi

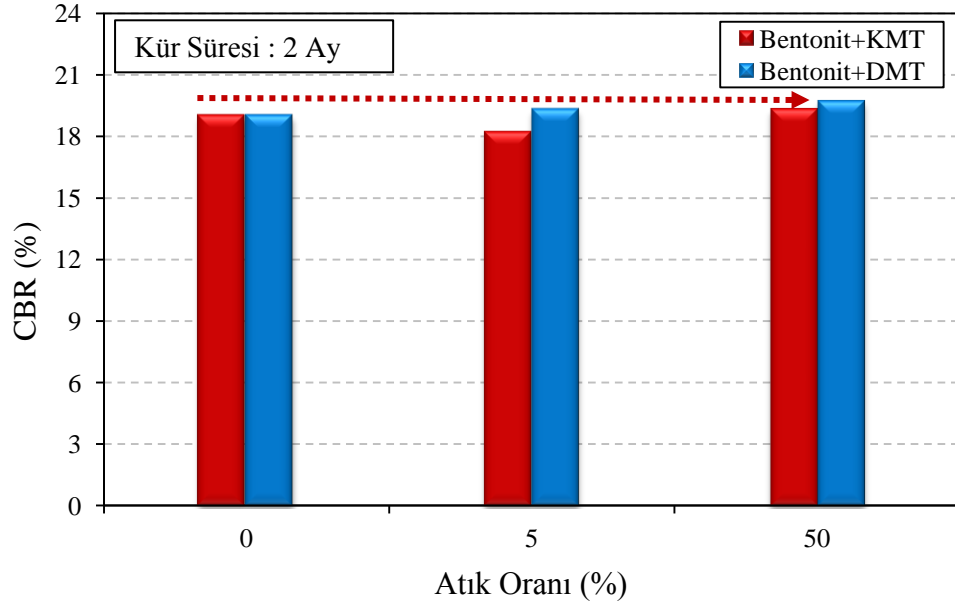
Şekil 5.43, Şekil 5.44 ve Şekil 5.45’de verilen, 2 aylık CBR deney sonuçlarına bakıldığında Kaolene ilave edilen mermer tozu atıklarının türü fark etmeksizin benzer bir eğilimde olduğu gözlenmiştir. KMT atığının ilave edilmesiyle artan atık oranına bağlı olarak CBR değerinde artış olduğu gözlenmiştir ve katkısız deney sonucuna göre % 28.11 oranında bir artış sağlayarak en büyük CBR değerine %50 oranında ulaşılmıştır. DMT atığının deney sonuçlarına bakıldığında, artan katkı oranına bağlı olarak bir artış göstermiştir ve katkısız duruma göre % 42.16 oranında bir artış sağlayarak en yüksek CBR değerine %50 oranında ulaşılmıştır. CBR deney sonuçlarına göre; DMT atığının, KMT atığının gösterdiği etkiye göre daha fazla olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.46. Bentonit kiline ilave edilen KMT atığı oranlarının 2 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci



Şekil 5.47. Bentonit kiline ilave edilen DMT atığı oranlarının 2 aylık kür sonrası Penetrasyon direnci

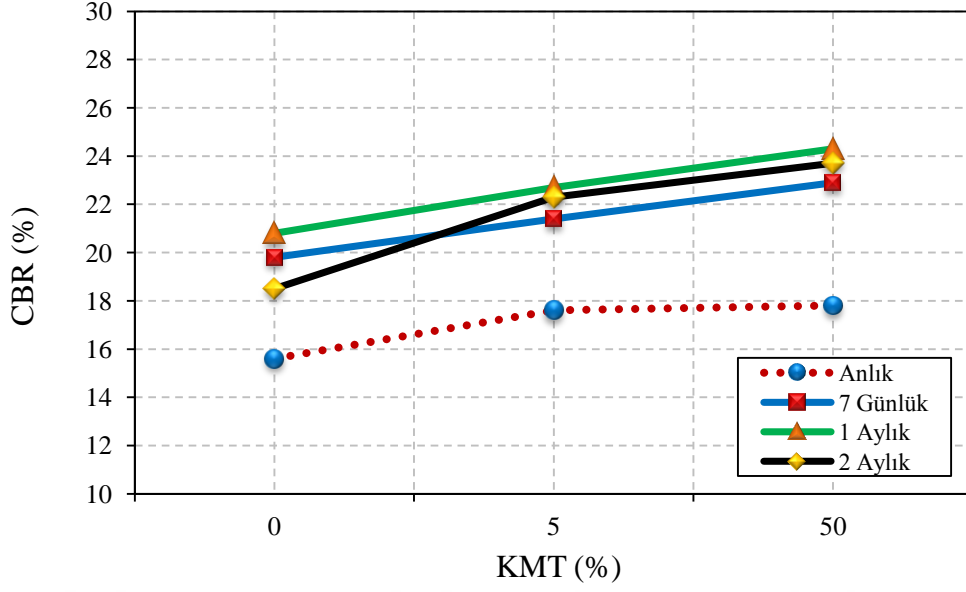


**Şekil 5.48.** Bentonit kiline ilave edilen KMT ve DMT atığı oranlarının, 2 aylık kür süresi sonrası CBR değerine etkisi

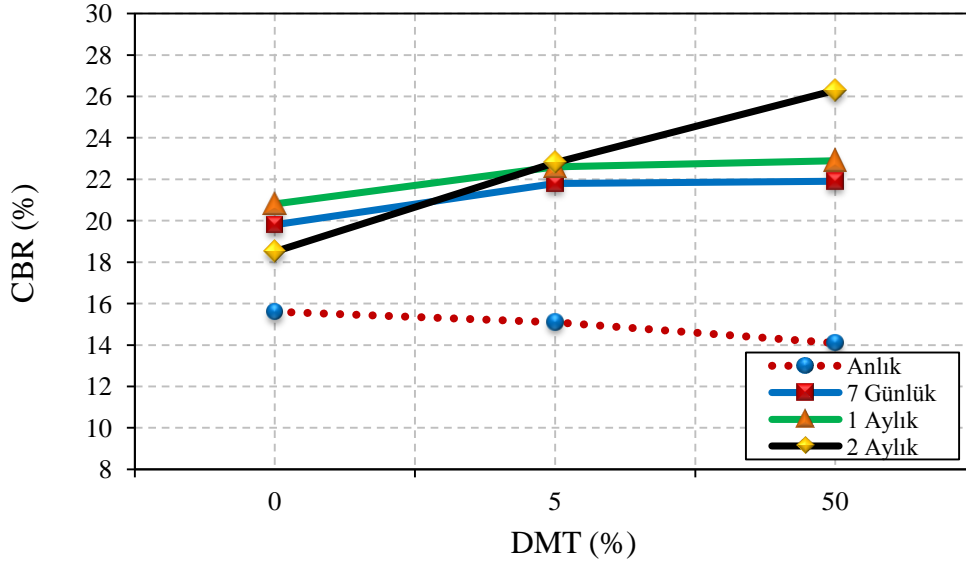
Şekil 5.46, Şekil 5.47 ve Şekil 5.48'de verilen, 2 aylık kür sonucu deney sonuçlarına bakıldığında, Bentonite katılan KMT atığının %5 oranında düşüş olduğu gözlenmiştir. Katkısız duruma göre %5 oranındaki CBR sonuçlarında %4 oranında düşüş meydana gelmiş daha sonra artan katkı oranıyla sonuçlarda artış olduğu gözlemlenmiştir. Bentonite DMT atığının atılmasıyla CBR değerlerinde artan katkı oranıyla artış olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.48). Bunlarla birlikte Bentonite ilave edilen herhangi bir atık türünün 2 aylık kür süresince önemli bir CBR değeri artışına neden olmadığı görülmüştür.

#### 5.7.4 Kür süresi etkilerinin karşılaştırılması

Mermer tozu atığı stabilizasyonunun CBR değeri üzerindeki etkisinin anlık verilerle karşılaştırmak için 7 günlük, 1 aylık ve 2 aylık kür etkisini incelemek deneyler yapılmıştır. Bu sonuçlar, daha önce detaylı olarak değerlendirilmiştir ve atık türlerinin kil numuneleri üzerindeki kür sonrası etkisi ise Şekil 5.49, Şekil 5.50, Şekil 5.51 ve Şekil 5.52 üzerinde gösterilmiştir.



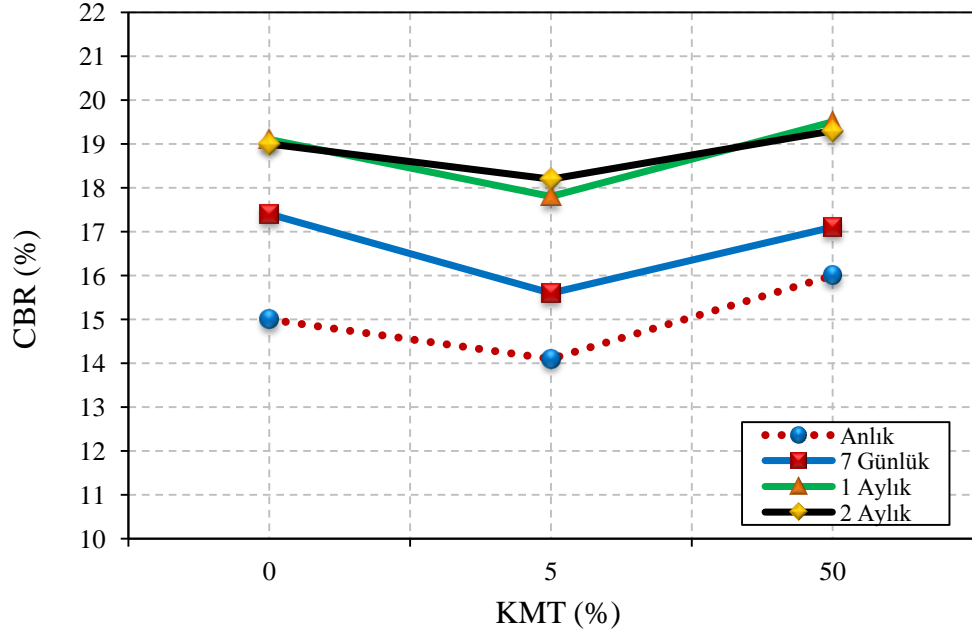
**Şekil 5.49.** Kaolen kilinin KMT ile stabilizasyonunda kür süresinin CBR üzerindeki etkisi



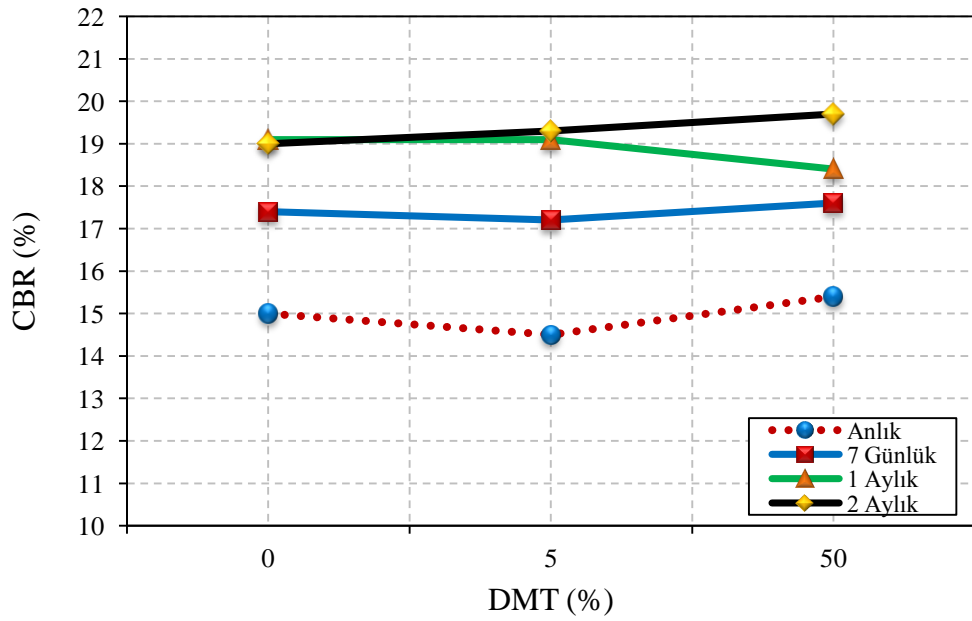
**Şekil 5.50.** Kaolen kilinin DMT ile stabilizasyonunda kür süresinin CBR üzerindeki etkisi

Kaolene KMT atığı ilave edildiğinde 7 günlük kür süresine kadar anlık duruma göre CBR değerinde yaklaşık %27 oranında artış sağladığı gözlemlenmiş ve bu artış 2 aylık kür süresi sonuna kadar azalan şekilde artarak olumlu bir etki yaptığı görülmüştür (Şekil 5.49).

Şekil 5.50 incelendiğinde ise DMT atığı ilave edildiğinde anlık duruma göre %5 oranında 7 günlük kür süresine kadar %44 oranında bir artış meydana gelmiş %50 oranında ise bu artış yaklaşık %55 değerlerine kadar ulaşmıştır. Bu artış 2 aylık kür süresi sonuna kadar artarak olumlu bir etki yaptığı görülmüştür.



Şekil 5.51. Bentonit kilinin KMT ile stabilizasyonunda kür süresinin CBR üzerindeki etkisi



Şekil 5.52. Bentonit kilinin DMT ile stabilizasyonunda kür süresinin CBR üzerindeki etkisi

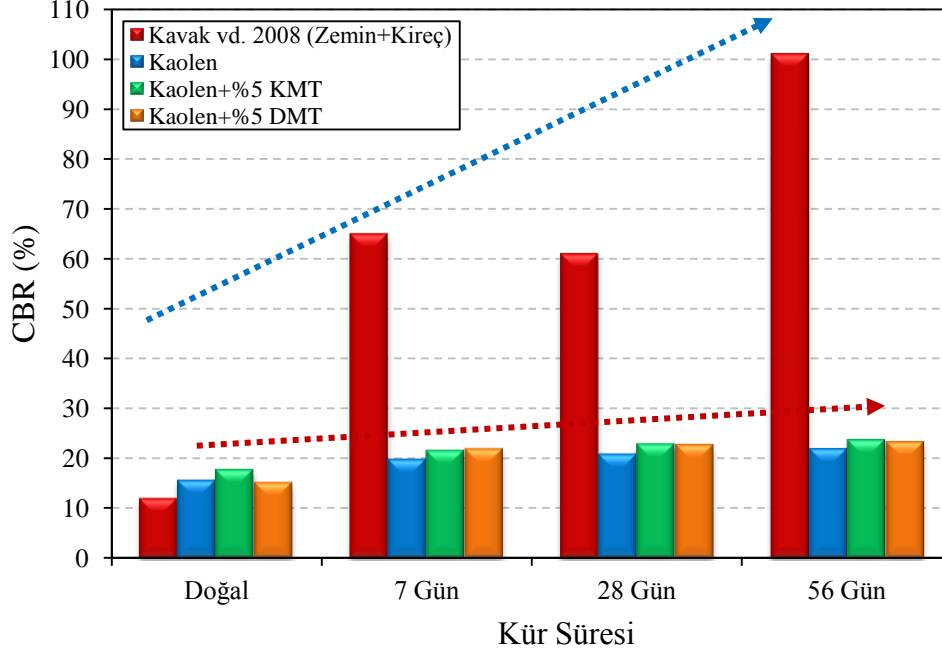
Bentonite KMT atığı ilave edildiğinde 7 günlük kür süresine kadar anlık duruma göre CBR değerinde yaklaşık %16 oranında artış sağladığı gözlemlenmiş ve bu artış 2 aylık kür süresi sonuna kadar artarak olumlu bir etki yaptığı görülmüştür (Şekil 5.51).

Şekil 5.52 incelendiğinde ise, DMT atığı ilave edildiğinde anlık duruma göre %5 oranında 7 günlük kür süresine kadar %19 oranında bir artış meydana gelmiş %50 oranında ise bu artış yaklaşık %14 değerlerine kadar düşmüştür. Bu artış 2 aylık kür süresi sonuna kadar artarak olumlu bir etki yaptığı görülmüştür.

Deney sonuçlarına göre anlık deney verileri; 7 gün, 1 ay ve 2 aylık kür süreleri ile karşılaştırıldığında katkı malzemelerinin Kaolen kiline ilave edilmesiyle CBR değerlerinde Bentonite oranla daha büyük artışlar olduğu gözlenmiştir. Bentonit kilinde atık türü fark etmeksizin CBR sonuçları benzer eğilimde olmasına rağmen Kaolen kilinde ise DMT atığı KMT atığına göre artan kür süresine bağlı olarak iki kat daha fazla dayanıma sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Bu deney çalışması sonucunda ulaşılan kür süresi arttıkça CBR değerinin arttığı sonucuna literatürde benzer çalışmalara rastlanmıştır (Kavak vd. 2008; Bilgen vd. 2012; Çakılcıoğlu 2007).

Kavak vd. (2008) bölünmüş yol çalışmalarında bir kireç stabilizasyonu uygulaması çalışmasında arazide kireç kullanılarak zemin iyileştirme çalışmaları yapmışlardır. Laboratuarda yapılan CBR deneylerinde malzemeler Proctor deneyleri sonucunda bulunan su muhtevalarında sıkıştırılmıştır. Optimum su muhtevalarında sıkıştırılan malzemeler değişik kür sürelerinde bekletildikten sonra üzerlerinde kuru CBR deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney sonuçları ile tez çalışmamdaki sonuçların karşılaştırılması aşağıda Şekil 5.53'te verilmektedir.



**Şekil 5.53.** Kuru CBR değerlerinin doğal durum ile %5 kireç kullanılarak ve Kaolen kiline KMT ve DMT atığı kullanılarak değişik zamanlarda kür edilerek karşılaştırılması

Şekil 5.53'te görüldüğü gibi malzemeye kireç karıştırıldığında malzemenin CBR değerlerinde büyük artışlar meydana gelmiştir. Deneylede 56 gün sonunda %5 kireç karıştırılan malzemenin doğal malzemeye oranla kuru CBR değerlerinde 8 kat, yaş CBR değerlerinde ise 34 kata varan artışlar meydana geldiği açık olarak görülmektedir. Yaş CBR değerleri bir haftalık kür süresinden sonra %70-%80 mertebelerine çıkmaktadır.

Deney sonuçları karşılaştırıldığında artan kür süresi ile CBR değerlerindeki artış benzerlik göstermekle birlikte mermer tozu atığı türü fark etmeksizin CBR sonuçlarının %5 kireç katkılı sonuçlara göre düşük olduğu gözlenmiştir. %5 kireç katkılı deney numunesinin anlık CBR deney sonuçlarında benzerlik gözlemlenirken 7 günlük kür sonrası deney sonuçlarımıza göre yaklaşık 3 katı artış, 2 aylık kür sonuçlarına göre de yaklaşık 4 katı artış olduğu görülmektedir.

Bilgen vd. (2012) çalışmalarında, düşük plastisiteli kile farklı oranlarda Çelikhane cürufu (BOS) ve kireç karıştırılarak hazırlanan numunelerde Uzunçiftlik kilinin 28 günlük CBR değeri %6 dır. Bu değer, alt temel malzemesi olarak kullanılamayacak kadar düşük bir değerdir. %3.33 oranında BOS ile karıştırılmış olan Uzunçiftlik kilinin, 28 günlük CBR değeri 21'dir. %5 kireç ve %3.33 oranında BOS ile karıştırılmış olan

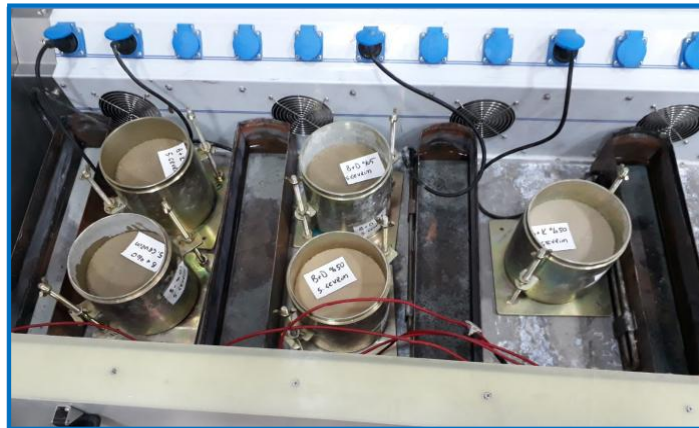
Uzunçiftlik kilinin, 28 günlük yaklaşık 23 kat artarak 135'e ulaşmaktadır. Bu CBR değeri, yol yapımında rahatlıkla kullanılabilir anlamına gelmektedir.

Deney sonuçlarımız karşılaştırıldığında atık türü ve kil türü fark etmeksizin kür süresinin artmasıyla CBR değerlerinde artış gözlenmiştir.

Çakılcıoğlu (2007) tez çalışmasında CBR sonuçlarına bakıldığında kür sürelerine bağlı olarak taşıma gücü oranlarında artışı olduğu gözlemlenmiştir. Kür sürelerine bağlı olarak meydana gelen artış mevcut çalışmadaki deney sonuçları ile paralellik göstermiştir.

### 5.8 Donma-Çözülme ve Malzeme Kaybının CBR Değeri Üzerindeki Etkisi

Kaolen ve Bentonit kiline ilave edilen %0, %5 ve %50 oranlarındaki KMT ve DMT atıklarının, donma çözülme çevrimlerinde, CBR değeri üzerindeki etkisini incelemek için deneyler yapılmıştır. Deney numuneleri donma çözülme kabiniinde -20°C'de 6 saat dondurulmuş ve +20°C'de 6 saat çözülme işlemi uygulanarak 1.Ç, 3.Ç, 5.Ç, 7.Ç, 11.Ç olmak üzere çevrim sayılarına tabi tutulmuştur (Fotoğraf 5.13). Deney numunelerinin donma çözülme öncesi ve sonrası ağırlıkları tartılarak malzeme kaybı hesabı yapılmıştır (Çizelge 5.9).



**Fotoğraf 5.13.** Donma çözülme kabini

Malzeme kaybı hesabı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır ve elde edilen bulgular Çizelge 5.9’da verilmiştir.

$$\text{Malzeme Kaybı} = \frac{\text{İlk Ağırlık} - \text{Son ağırlık}}{\text{İlk Ağırlık}} * 100 \quad (5.6)$$

**Çizelge 5.9.** KMT ve DMT ile stabilize edilmiş zemin numunelerinin donma çözülme ısonrası malzeme kayıpları

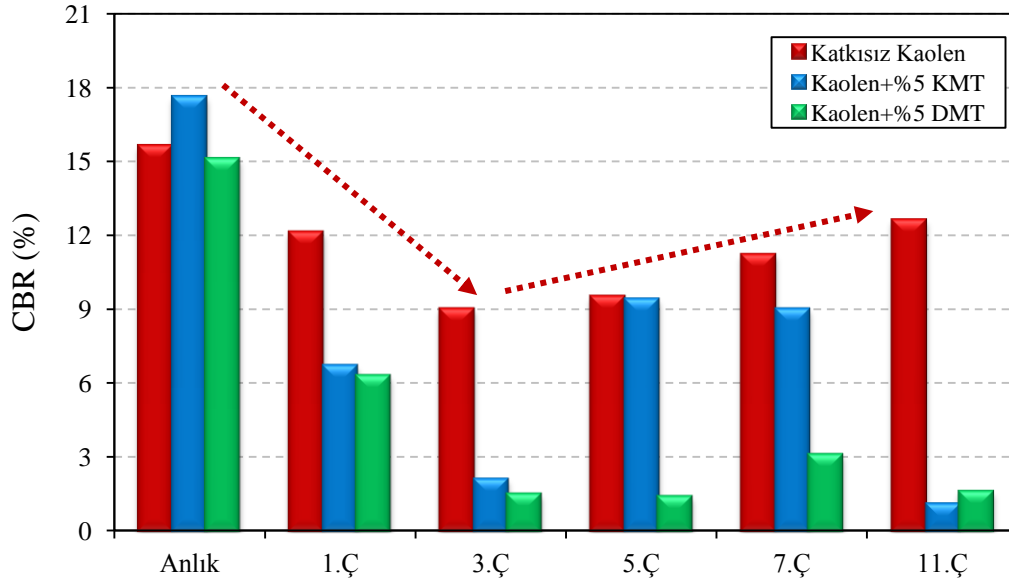
		1.Ç		3.Ç		5.Ç		7.Ç		11.Ç	
		KMT	DMT	KMT	DMT	KMT	DMT	KMT	DMT	KMT	DMT
Kaolen	%0	0.13	0.13	0.08	0.08	0.36	0.36	0.47	0.47	0.30	0.30
	%5	0.16	0.15	0.21	0.16	0.51	0.46	0.51	0.72	-0.33	-0.43
	%50	0.13	0.10	0.13	0.10	0.65	0.49	0.73	0.71	-0.73	0.24
Bentonit	%0	0.15	0.15	0.33	0.33	0.50	0.50	0.36	0.36	0.46	0.46
	%5	0.13	0.12	0.21	0.16	0.52	0.49	0.38	0.26	0.42	0.38
	%50	0.12	0.11	0.22	0.20	0.41	0.28	0.02	0.25	0.13	0.02

Çizelge 5.9 incelendiğinde, her iki kil numunesinin atık türü fark etmeksizin malzeme kayıp oranları çevrim sayısına bağlı olarak arttığı görülmüştür fakat CBR deney kalıpları ile birlikte deney yapıldığı için büyük malzeme kayıpları meydana gelmemiştir. Malzeme kayıp oranı Kaolen için %5 atık oranında Bentonit için ise katkısız durumda olduğu görülmektedir. Kaolen numunelerinde çevrim sayısına bağlı olarak hasar oluşmadığı görülmüş fakat Bentonit numunelerinde katkısız durumda çatlaklar oluşmuş artan katkı oranıyla çatlak miktarında azalmalar olduğu gözlenmiştir(Fotoğraf 5.14).



**Fotoğraf 5.14.** Çevrim sonrası Bentonit kilinde meydana gelen çatlaklar

Kaolen ve Bentonit kiline karıştırılan %0, %5, %50 oranlarında KMT ve DMT atıklarının, çevrim sonucu CBR değerleri Şekil 5.54-5.57’de gösterilmiştir. Deney sonuçlarına ait detaylar Ek-F1-F10’da verilmiştir.

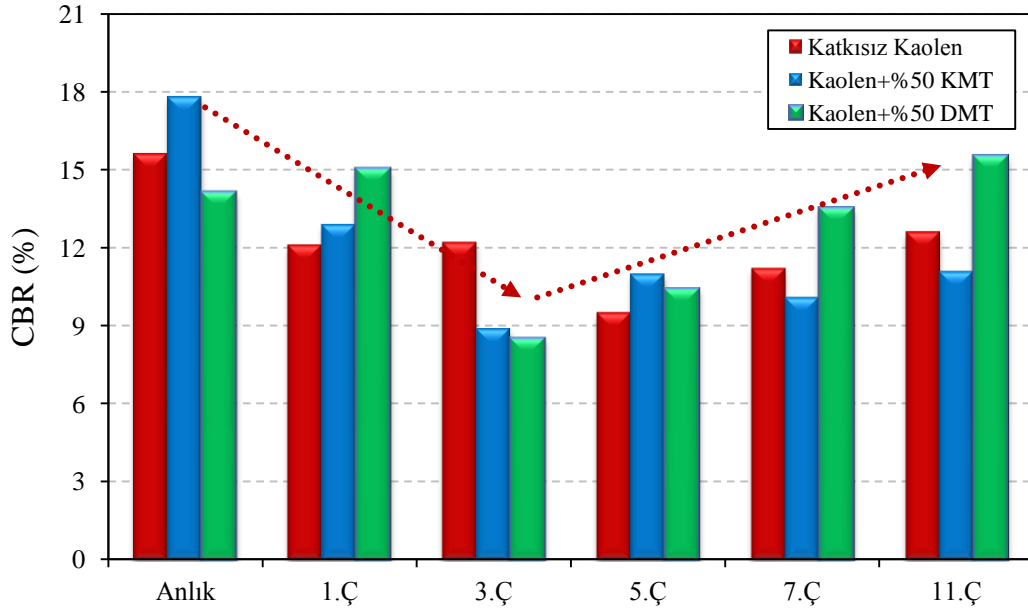


**Şekil 5.54.** Kaolen kiline ilave edilen %5 MT atığının, çevrim sayısına bağlı olarak CBR değerindeki etkisi

Kaolen kiline ilave edilen %5 oranındaki KMT ve DMT atığının, değişen çevrim sayılarına bağlı olarak elde edilen CBR sonuçları, anlık CBR sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.54). %0 katkı durumunda iken artan çevrim sayısına bağlı olarak azalmalar meydana gelmiş ve bütün çevrim sayılarında anlık duruma göre CBR değerinde azalma yaklaşık %42 dolaylarında olmuştur. %5 KMT atığı oranında, 3. çevrime kadar anlık değere göre yaklaşık %88 oranında düşüş meydana gelmiş 5. ve 7. çevrim sayılarında bu oran %45 oranında olup en düşük değer 11. çevrim değerinde gözlenmiştir. Aynı durum %5 DMT atığında da gözlenmiştir 3. çevrime kadar anlık değere göre yaklaşık %90 oranında düşüş meydana gelmiş 5. ve 7. çevrim sayılarında bu oran %87 oranında olup en düşük değer yine 11. çevrimde gözlenmesinin nedeninin malzeme oran hatası veya deney sırasında oluşabilecek diğer aksaklıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuçlar toplu olarak değerlendirildiğinde, Kaolen kiline %5 oranında ilave edilen KMT ve DMT atıklarının katkı türü fark etmeksizin benzer eğilim gösterdiği

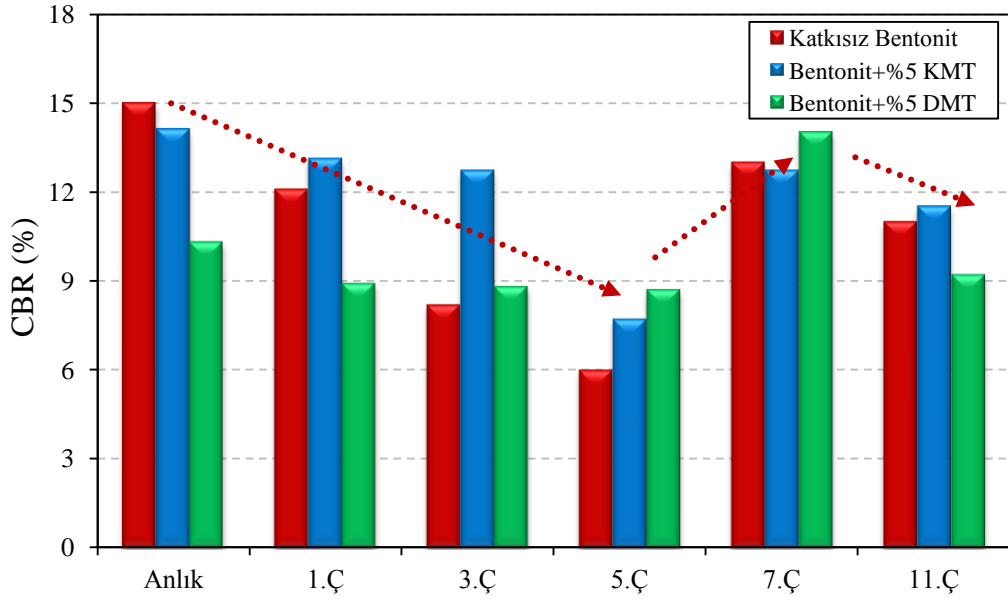
gözlenmiştir. Buna göre genel eğilimde 1. çevrimden sonra dayanımında azalmalar meydana geldiği görülmüştür.



**Şekil 5.55.** Kaolen kiline ilave edilen %50 MT atığının çevrim sayısına bağlı olarak CBR değerindeki etkisi

Kaolen kiline ilave edilen %50 oranındaki KMT ve DMT atığının, değişen çevrim sayılarına bağlı olarak, elde edilen CBR sonuçları anlık CBR sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.55). %50 KMT atığı oranında, 3. çevrime kadar anlık değere göre yaklaşık %50 oranında düşüş meydana gelmiş 5., 7. ve 11. çevrim sayılarında bu oran yaklaşık %44 oranında olduğu gözlemlenmiştir. %50 DMT atığında da 1. çevrimde anlık duruma göre artış gösterip 3. çevrimde %40 oranında düşüş meydana geldiği gözlemlenmiştir. Daha sonra artan çevrim sayısına bağlı olarak CBR değerinde artış olmuş ve en yüksek değere %10 oranında artış sağlayarak 11. çevrimde gözlenmiştir.

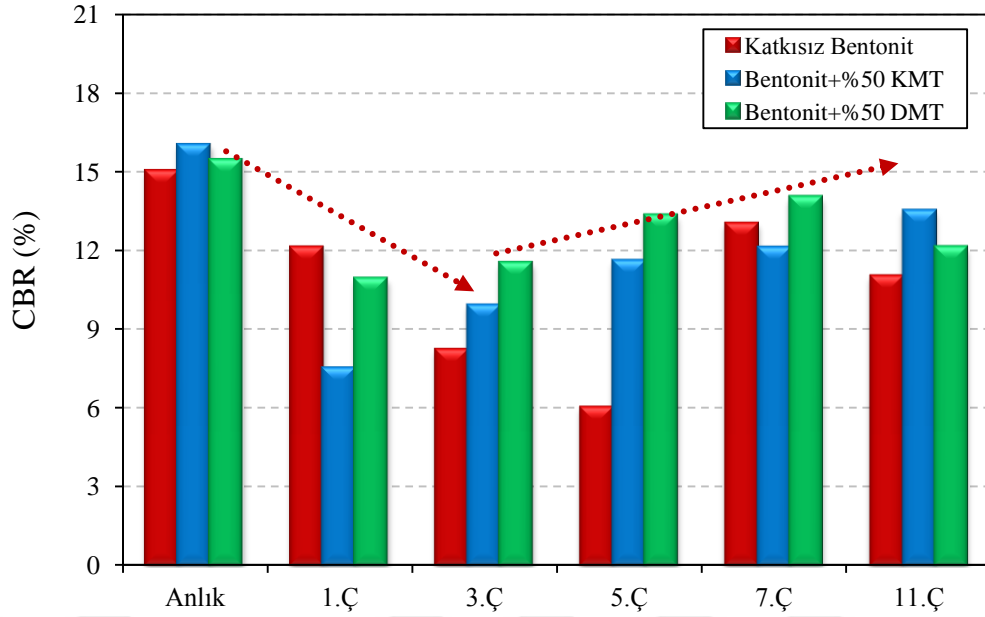
Bütün sonuçlara toplu olarak bakıldığında, Kaolen kiline %50 oranında ilave edilen KMT ve DMT atığının, çevrim sayısına bağlı sonuçlarında 3. çevrime kadar azalma göstermişler, 5. ve 7. çevrimde artarak yaklaşık CBR değerlerine ulaşmışlardır. 11. çevrimde enyüksek değerine ulaşmasıyla DMT atığının donma çözülme ile CBR değerindeki artış daha fazla olduğu gözlenmiştir.



**Şekil 5.56.** Bentonit kiline ilave edilen %5 MT atığının çevrim sayısına bağlı olarak CBR değerindeki etkisi

Bentonit kiline ilave edilen %5 oranındaki KMT ve DMT atığının, değişen çevrim sayılarına bağlı olarak elde edilen CBR sonuçları anlık CBR sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.56). %0 katkı durumunda iken 5. çevrime kadar anlık duruma göre azalmalar meydana geldiği gözlenmiştir. 5. çevrimde bu azalma %60 oranlarında olmuştur. Daha sonra artan çevrim sayısı ile CBR değerlerinde artış olmuş fakat anlık deney değerini yakalayamamıştır. %5 KMT atığı oranında, 5. çevrime kadar anlık değere göre yaklaşık %45 oranında düşüş meydana gelmiş 5. çevrimden sonra artan çevrim sayısı ile CBR değerlerinde artış gözlemlenmiş fakat anlık değerleri yakalayamamıştır. Aynı durum %5 DMT atığında da gözlenmiştir 5. çevrime kadar anlık değere göre yaklaşık %16 oranında düşüş meydana gelmiş 5. çevrimden sonra değerlerde artış meydana gelmiş ve en yüksek CBR değerine yaklaşık %40'lık bir artışla 7. çevrimde ulaşılmıştır.

Bütün sonuçlara toplu olarak bakıldığında, Bentonit kiline %5 oranında ilave edilen KMT ve DMT atığının çevrim sayısına bağlı sonuçlarında katkı türü fark etmeksizin benzer eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Buna göre en düşük CBR değeri 5. çevrim en yüksek CBR değeri 7. çevrim olduğunu bu çevrimden sonra dayanımında azalmalar meydana geldiği görülmüştür.



**Şekil 5.57.** Bentonit kiline ilave edilen %50 MT atığının, çevrim sayısına bağlı olarak, CBR değerindeki etkisi

Bentonit kiline ilave edilen %50 oranındaki KMT ve DMT atığının, değişen çevrim sayılarına bağlı olarak, elde edilen CBR sonuçları, anlık CBR sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.57). %50 KMT atığı oranında, 1. çevrimde anlık değere göre yaklaşık %53 oranında düşüş meydana gelmiş 1. çevrimden sonra artan çevrim sayısı ile CBR değerlerinde artış gözlemlenmiş fakat anlık değerleri yakalayamamıştır. Aynı durum %50 DMT atığında da gözlemlenmiştir. 1. çevrimde anlık değere göre yaklaşık %30 oranında düşüş meydana gelmiş 1. çevrimden sonra değerlerde artış meydana gelmiş fakat anlık CBR değerine ulaşılmadığı gözlemlenmiştir.

Bütün bu sonuçlara bakıldığında Bentonit kiline %50 oranında ilave edilen KMT ve DMT atığının çevrim sayısına bağlı sonuçlarında katkı türü fark etmeksizin benzer eğilim gösterdiği gözlemlenmiştir.

Genel eğilim olarak, çevrime tabi olan numunelerdeki CBR değeri, anlık CBR değerlerine göre MT atığı ve zemin türüne göre değişim gösterdiği gözlemlenmiştir.

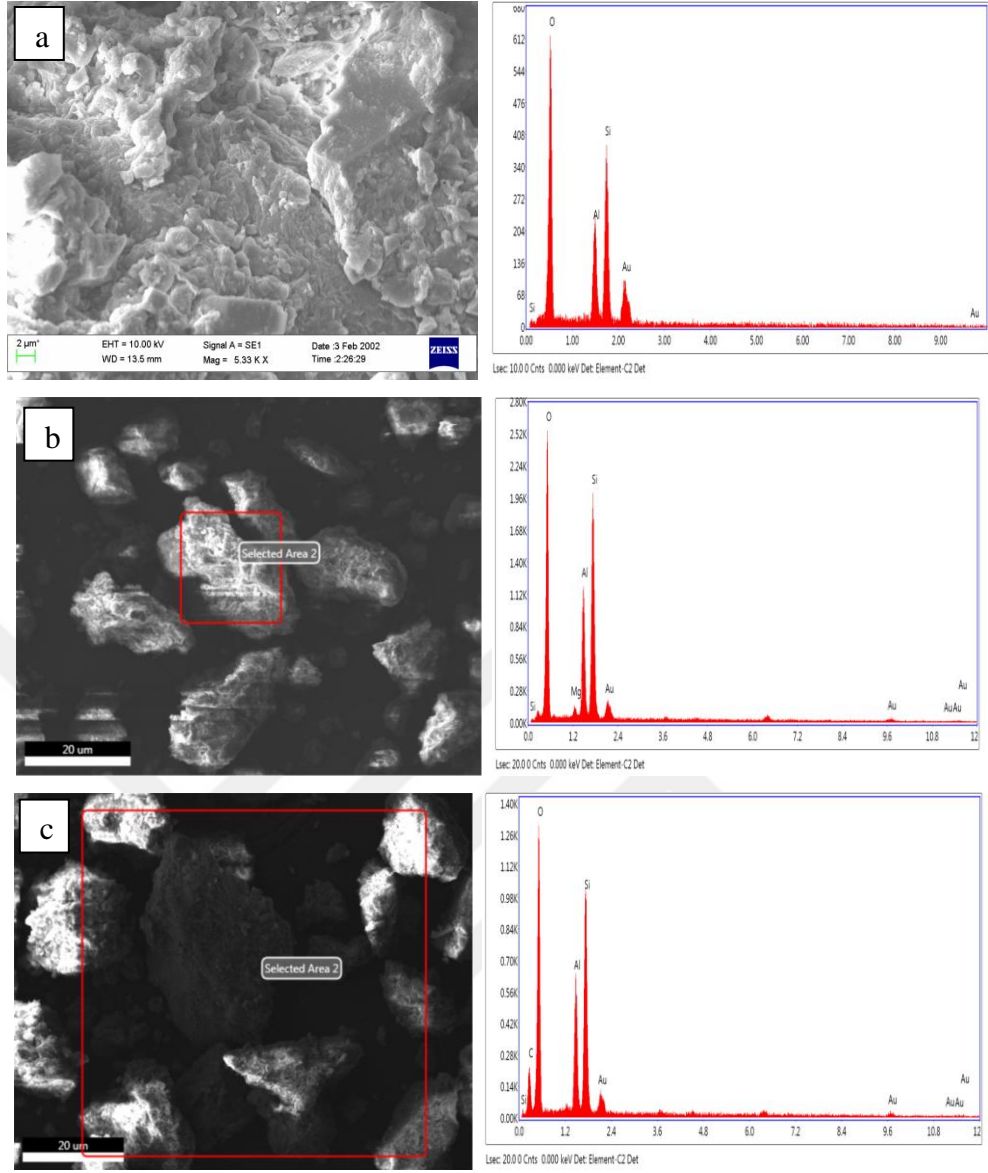
## 5.9 SEM Analizlerine Göre Mikro Yapı

Atık mermer tozu ile stabilizasyon sonunda anlık, 2 ay ve 11. çevrim deneyleri sonrasında mikro yapıdaki değişimleri incelemek için SEM (Scanning Electron Microscopy) analizleri gerçekleştirilip ek olarak noktasal ve genel olarak mineral dağılımını incelemek için EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) analizleri yapılmıştır. SEM ve EDS analizleri Niğde Ömer Halisdemir Merkezi Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

SEM ve EDS analiz sonuçları ayrı ayrı verilerek değerlendirilmiştir. İlk seri analizlerde kaolen malzemesinin katkısız, iki aylık süre bırakılmış ve 11 çevrime maruz kalan örnekleri ile yapılan SEM ve EDS analiz sonuçları Şekil 5.58'de verilmiştir.

EDS analiz grafikleri ile elde edilen değerler Çizelge 5.10'da verilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiği zaman, katkısız kaolen kilinde zamana ve donma çözülmeye maruz bırakılması durumunda mineral miktarlarında anlamlı bir değişim görülmemektedir.

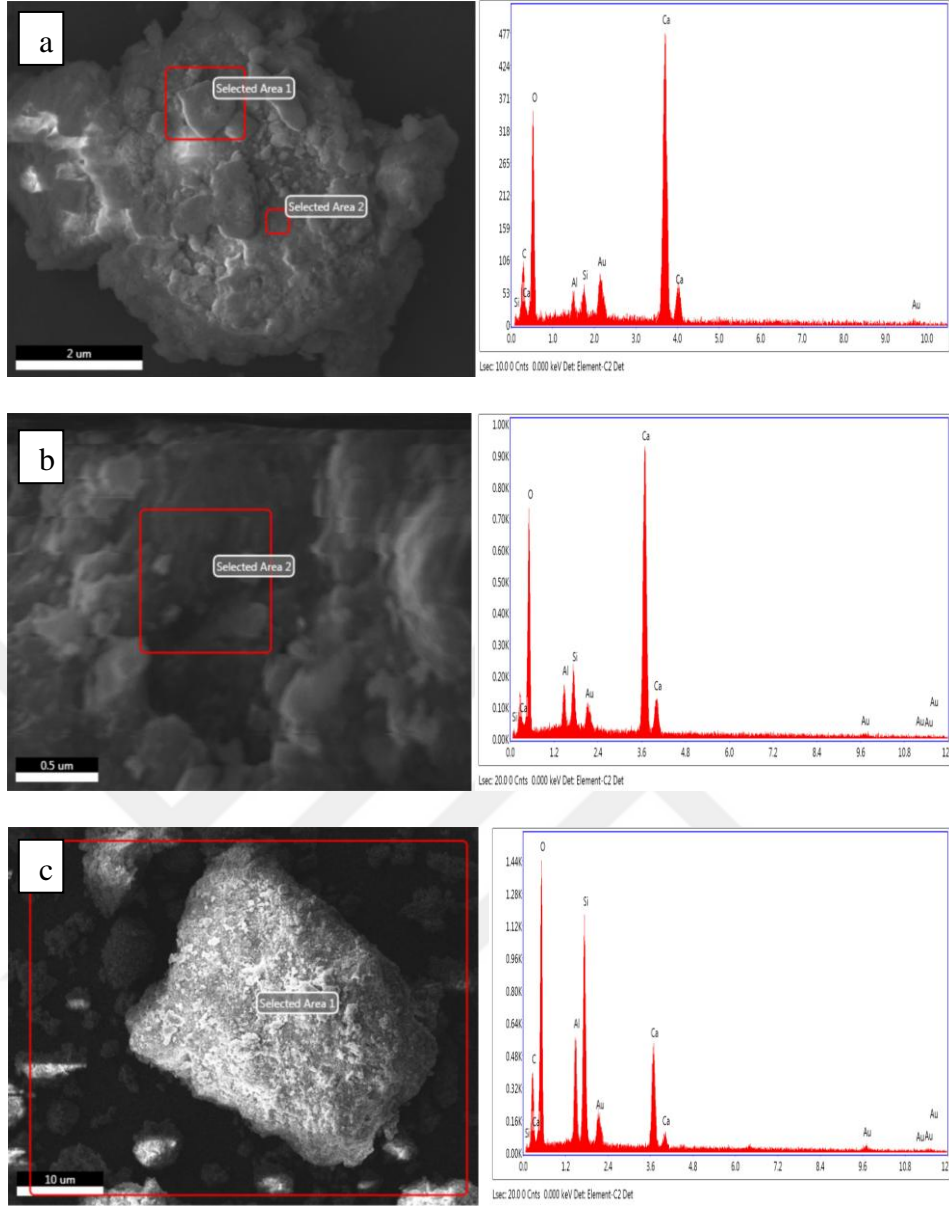
Kaolen kilinin %50 katkılı, iki aylık süre bırakılmış ve 11 çevrime maruz kalan örnekleri ile yapılan SEM ve EDS analiz sonuçları verilmiştir (Şekil 5.59, Şekil 5.60) (Çizelge 5.11, Çizelge 5.12). EDS analizlerine göre O, Al ve Ca minerallerinde zamana ve donma çözülmeye bağlı olarak artış olduğu görülmektedir. Ayrıca donma çözülme işleminde bu artışın çok daha fazla olduğu görülmektedir. Si mineralinde ise tersi olarak zamana ve donma çözülmeye bağlı olarak azalma görülmektedir. Donma çözülme işleminde azalış miktarı daha fazladır.



**Şekil 5.58.** Katkısız kaolen anlık (a), 2 ay küre bırakılan (b), 11. çevrime bırakılan numunelerin (c) SEM ve EDS analiz grafikleri

**Çizelge 5.10.** Katkısız Kaolen anlık, 2 ay ve 11. çevrim EDS analiz sonuçları

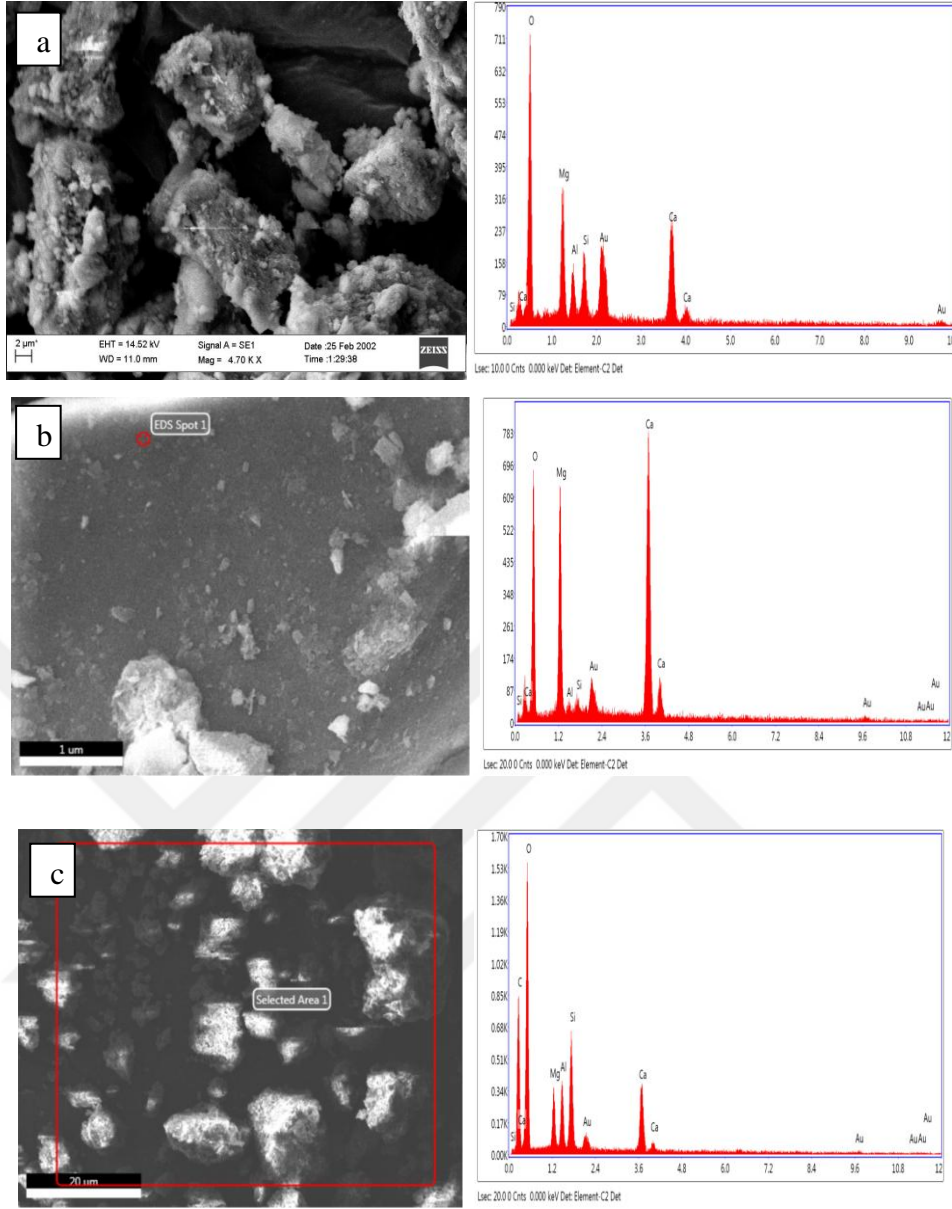
	O			Al			Si			Mg		
	ANLIK	2 AY	11. Ç	ANLIK	2 AY	11. Ç	ANLIK	2 AY	11. Ç	ANLIK	2 AY	11. Ç
Weight %	49.57	52.28	51.14	12.84	14.40	10.92	22.57	27.01	20.96	-	0.81	-



**Şekil 5.59.** Kaolen %50 KMT anlık (a), 2 ay küre bırakılan (b), 11. çevrime bırakılan numunelerin (c) SEM ve EDS analiz grafikleri

**Çizelge 5.11.** Kaolen %50 KMT anlık, 2 ay ve 11. çevrim EDS analiz sonuçları

	O			Al			Si			Ca		
	ANLIK	2 AY	11. Ç	ANLIK	2 AY	11. Ç	ANLIK	2 AY	11. Ç	ANLIK	2 AY	11. Ç
Weight %	45.05	53.99	49.13	0.96	2.33	6.01	1.39	3.33	12.94	43.92	38.15	13.81



Şekil 5.60. Kaolen %50 DMT anlık (a), 2 ay küre bırakılan (b), 11. çevrime bırakılan (c) numunelerin SEM ve EDS analiz grafikleri

Çizelge 5.12. Kaolen %50 DMT Anlık, 2 ay ve 11. çevrim EDS analiz sonuçları

	O			Al			Si			Ca /Mg		
	ANLIK	2 AY	11. Ç	ANLIK	2 AY	11. Ç	ANLIK	2 AY	11. Ç	ANLIK	2 AY	11. Ç
Weight %	44.37	51.19	47.69	3.86	0.75	3.93	5.00	1.23	6.66	21.72	30.30	8.73
										10.13	14.33	3.80

## BÖLÜM VI

### SONUÇLAR

Özellikle mermer işletme tesislerinde ortaya çıkan mermer tozu miktarının her geçen gün artması ile mermer tozu atık olarak nitelendirerek depolamak yerine, yan ürün olarak kullanılabilirliğinin arandığı günümüzde yapılan bu çalışmaların önemi büyüktür. Bu bağlamda bu çalışmada, kil numunelerine KMT ve DMT atığı ilave edilerek, atık malzemelerin zemin iyileştirme malzemesi olarak kullanılabilirliği ve mühendislik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Anlık, kür süresi ve donma çözülme sonrası CBR değerlerine etkisi araştırılmıştır ve SEM analizleri yapılarak mikro yapıdaki değişimleri değerlendirilmiştir. %5, %10, %20, %30, %50 oranlarda farklı türdeki KMT ve DMT atığının kil numunelerine karıştırılması ile kür süresine ve donma-çözülmeye bağlı olarak yapılan CBR deneyleri ve kıvam limitleri deneyleri neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Her iki atığın kil numunelerinin kıvam limitleri üzerinde benzer değişimlere neden olduğu görülmüştür. Her iki atık malzeme de artan atık oranlarının, likit limit ( $w_L$ ), plastik limit ( $w_p$ ), rötre limit ( $w_R$ ) ve plastisite indisi ( $I_p$ ) değerlerini azalttığı görülmüştür.  $w_L$  değerinin azalmasında MT atık türünün etkili olmadığı,  $w_p$  ve  $w_R$  değerlerinin azalmasında ise DMT atığının, KMT atık türüne göre daha etkili olduğu gözlenmiştir.  $I_p$  değerinin azalmasında ise KMT atığı daha etkilidir.
- KMT'nin, DMT'ye göre az da olsa stabilizasyon açısından daha uygun görülmüştür. Ayrıca USCS'ye göre atık oranlarının artmasına bağlı olarak Bentonit'e CH'den, CL'ye, Kaolen'de ise MH'den ML'ye doğru bir geçişe neden olduğu görülmektedir.
- Anlık CBR deney sonuçlarına göre Kaolen'e %10 KMT atığının ilave edilmesiyle katkısız duruma göre %28 oranında CBR değerinde artış meydana gelirken, %10 atık oranından sonra ise büyük bir değişim gözlenmemiştir. Bununla birlikte DMT atığının ise CBR değeri üzerinde ciddi bir değişimi olmadığı görülmüştür. Aynı şekilde Bentonit'e KMT atığının ilave edilmesiyle

CBR değerlerinde büyük bir değişiklik olmadığı, DMT atığının ise %10 oranına kadar düşüş sağladığı, %50 oranında en yüksek değere ulaşıldığı görülmüştür.

- 7 günlük kür sonucunda, Kaolene %5 oranında KMT atığı ilave edilmesiyle, anlık duruma göre CBR değerlerinde yaklaşık %27, DMT atığı ilave edildiğinde ise, %44 oranında bir artış meydana geldiği, %50 oranında ise bu yaklaşık olarak %55 değerine kadar ulaştığı görülmüştür. Bu artış her iki katkı türü için de 2 aylık kür süresi sonuna kadar devam etmiştir. Bentonite %5 KMT atığı ilave edildiğinde, anlık duruma göre CBR değerlerinde yaklaşık %16, DMT atığı ilave edildiğinde ise %19 oranında bir artış meydana geldiği görülmüştür. %50 katkı oranında ise yaklaşık %14 oranında artış gösterip her iki katkı türü içinde bu durum 2 aylık kür süresi sonuna kadar devam etmiştir.
- Anlık CBR sonuçları; 7 gün, 1 ay ve 2 aylık kür süresi sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, anlığa göre kür süresi etkili fakat kısa sürede dayanım kazanırken süre arttıkça azalan şekilde artan dayanım kazanmıştır.
- Donma-çözülme deney sonuçlarında; Kaolen kili %0 katkılı durumunda iken artan çevrim sayısına bağlı olarak anlık duruma göre CBR değerinde azalma yaklaşık %42 dolaylarında olmuştur. Atık türü fark etmeksizin %5-%50 oranlarında benzer eğilim olduğu görülen CBR deney sonuçlarında, 3. çevrime kadar anlık CBR değerlerine göre düşüş meydana gelmiş 5. ve 7. çevrimlerde CBR değerleri artmıştır. %5 MT atığı oranında en düşük CBR değeri 11. çevrimde gözlenmiştir, bu durumun nedeninin malzeme oran hatası veya deney sırasında oluşabilecek diğer aksaklıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. %50 MT atığı ilavesinde en büyük CBR değerine 11. çevrim sayısında ulaşılmıştır. Bentonit kiline %5 oranında ilave edilen KMT ve DMT atığının çevrim sayısına bağlı sonuçlarında katkı türü fark etmeksizin benzer eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Buna göre en düşük CBR değeri 5. çevrim en yüksek CBR değeri 7. çevrim olduğunu bu çevrimden sonra dayanımında azalmalar meydana geldiği görülmüştür. %50 MT atık oranında ise çevrim sayısına bağlı sonuçlarında katkı türü fark etmeksizin benzer eğilim gösterdiği gözlemlenmiştir. 3. çevrim sayısına kadar anlık CBR değerlerine göre düşüş meydana gelmiş daha sonra çevrim sayısı ile beraber CBR değerinde artış olmuştur. Genel eğilim olarak,

çevrime tabi olan numunelerdeki CBR değeri, anlık CBR değerlerine göre MT atđı ve zemin türüne göre değişim gösterdiği gözlenmiştir.

- SEM ve EDS analizleri değerlendirildiğinde, katkısız kaolen kilinde zamana ve donma çözölmeye maruz bırakılması durumunda mineral miktarlarında anlamlı bir değişim görülmemiştir. Genel anlamda kür süresi ve donma çözölme deneylerinin mikro yapıya etkisine bakıldığında olumlu etkisinin olduğu görölmüştür.



## KAYNAKLAR

Acar A. M., “Şişen Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri ve İmar Planlamasına Etkisi” Uzmanlık Tezi, *İller Bankası Anonim Şirketi*, s. 19-20, 2017.

Aksoy H. S., Yılmaz M. ve Akarsu E. E., “Killi Bir Zeminin Tunçbilek Uçucu Külü Kullanılarak Stabilizasyonu”, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 2008.

Alataş T., “ Afşin – Elbistan Termik Santrali Uçucu Külün Yol Stabilizasyonunda Çeşitli Malzemelerle Birlikte Kullanımı”, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, s. 7-13, 1996.

Ayan, E., “ Derin iyileştirme örnekleri ve uygulamadan örnekler”, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, s. 5-6 , 2009.

Aydın A. B., “İnce Agregasında Farklı Oranlarda Mermer Tozu Kullanılmış Betonların Dayanım ve Dayanıklılık Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, s. 23-24, 2013.

Bilge T. “Yüksek Fırın Cürufu Katkısının Kil Zeminlerin Stabilizasyonuna Etkisinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, s. 3-19, 2011

Bilgen G., Kavak A. ve Çapar Ö. F., “Düşük Plastisiteli Bir Kilde Katkı Olarak Çelikhane Cürufunun Kullanılması ve Kireç ile Etkileşimi”, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2 (2), 30-38, Zonguldak, 2012.

Bozkurt R. A., “Katkı Malzemelerinin Killerdeki Kuruma Çatlakları Davranışına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Aksaray, s. 3-19, 2015.

Chen J. A. and Idusuyi F. O., “Effect of Waste Ceramic Dust (WCD) on Index and Engineering Properties of Shrink-Swell Soils”, *International Journal of Engineering and Modern Technology* ISSN 2504-8848 Vol. 1, 2015.

Cömert A. T., “Uçucu Kül, Mermer Tozu ve Endüstriyel Atık Kumu Yol Alt Yapısında Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya*, s. 80-85, 2012.

Çakılcıoğlu İ., “Yüksek Plastisiteli Killerin Stabilizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi*, Sakarya, s. 7-10, 2007.

Çelik, M. Y., Sarıışık, A., Gürcan, S., Mermer ve taş ocaklarının çevreye olan görsel etkileri, *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu*, Afyon, 18-19 Aralık, 463-474, 2003

Çetin, A.Y., “Yüksek plastisiteli kil zeminlerin alternatif malzemeler ile yüzeysel zemin stabilizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, s. 4-36-37, 2011.

Çimen Ö., Dereli B., Coşan F. Ş., Aydın A. Ve Coşar H. V., “Dolguda kullanılacak bir zeminin mühendislik özelliklerine mermer kırığı atıklarının etkisi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Kayseri, 30(1):48-52, 2014.

Çimen Ö., Günaydın H. İ. ve Keskin S. N., “Yüksek plastisiteli kil zeminin mühendislik özelliklerine inşaat atıklarının etkisi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 23(3), 250-253, Isparta, 2017.

Edil, T., Sürdürülebilir geoteknik inşaat yaklaşım. 4. *Geoteknik Sempozyumu*, 1-2 Aralık, Çukurova Üniversitesi, Adana, 56-64, 2011

Eren Ş. ve Filiz M., “Beyaz Bentonit Malzemesinde Alternatif Katkı Maddesi Olarak Kullanılan Consolid Sistemi ile Geleneksel Zemin Stabilizasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11-2 163-172, Isparta, 2007.

Erdem A., “Çimento İle Stabilize Edilen Yüksek Plastisiteli Kilin Geoteknik Özelliklerine Çimento Tane Çapının Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, s. 16, 2017.

Erol, A., “C sınıfı uçucu kül katkılı siltlerin dayanım ve donma-çözülme direncinin deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2007.

Ghazavi, M., and Roustae, M., “The influence of freeze-thaw cycles on the unconfined compressive strength of fiber-reinforced clay”, *Cold Regions Science and Technology* 61, 125-131, 2009.

Ghazavi, M., and Roustae, M., “Freeze–thaw performance of clayey soil reinforced with geotextile layer” *Cold Regions Science and Technology* 89,22–29, 2013.

Gücek, S., “Mermer tozu ve uçucu külün kil zeminlerin iyileştirilmesinde kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, s. 20-21, 2011.

Gümüşer C., “Uçucu Kül ve Polipropilen Elyafarla Zayıf Zeminlerin Stabilizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, s. 12-13, 2009.

Günaydın M., “İyi Derecelendirilmiş zeminlerin silis dumanı ve fosfojips ile stabilizasyonu” Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, s. 2-10, 2011.

Gürer, C., Akbulut, H., Kürklü, G., İnşaat endüstrisinde geri dönüşüm ve bir hammadde kaynağı olarak farklı yapı malzemelerinin yeniden değerlendirilmesi. *5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, 13-14 Mayıs, 28-36, 2004

Hazırba, K., Güllü, H., “California Bearing Ratio improvement and freeze-thaw performance of finegrained soils treated with geofiber and synthetic fluid”, *Cold regions science and technology*, 63., 50-60, 2010.

İnan G., Sezer A., Ramyar K. and Yılmaz. H. R., Değişik Uçucu Küllerin Yüksek Plastisiteli Kilin Serbest Basınç Dayanımına Etkisi”, **S.Ü. Mühendislik.-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Konya, c.20, s.1, 2005.

Karaca, Z., Natural Stone Industry and Environment. Symposium of Evaluation of Marble Wastes and Decreasing Environmental Effects, Diyarbakır, Turkey, 16-17 October, 325-338, 2009

Kavak A., Güngör A. G., Avşar C., Atbaş B. ve Akyarlı A., “Bölünmüş Yol Çalışmalarında Bir Kireç Stabilizasyonu Uygulaması”, **Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onikinci Ulusal Kongresi**, Konya, 16-17 Ekim 2008.

Kavak A., Güngör A. G., Avşar C., Yönter G., Tokgöz M. ve Akyarlı A., “Kil Oranı Yüksek Bir Dolgu Malzemesinin Kireç ile Stabilizasyonu”, **14. Ulusal Kil Sempozyumu**, Trabzon, 1-3 Ekim 2009.

Keskin S. N., Sungur A., Akan R. ve Uzundurukan S., “İnce Daneli Zeminlerde Katkı Maddelerinin ve Donma-Çözülme Çevriminin Serbest Basınç Dayanımına Etkisi” **Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi**, 5(3), 473 – 478, Isparta, 2017.

Kızıılçelik M. M., “Yüksek Plastisiteli Bir Kilin Kireç İle Stabilizasyonu” Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi**, Kocaeli, s. 7-12, 2010.

Kizirgil M. E., “Sivas Demir-Çelik Fabrikası Cürufunun Yol Stabilizasyonunda Kullanılmasının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, s. 4-8, 2001.

Muhammed A. M., “Kireç ve uçucu kül ile stabilize edilen şişen killerde esneklik modülü tayini”, Yüksek lisans Tezi, **İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, s. 7-12, 2012.

Muratoğlu, İ., “Atık mermer tozu katkılı killi zeminlerin konsolidasyon ve permeabilite özelliklerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Afyon, s. 8-16, 2010.

Öntürk, K., “Zemin iyileştirmesinde polisaj, kireç ve uçucu külün kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, s 5-6, 2011.

Öntürk, K., Fırat S., Vural İ. ve Khatip J.M., “Uçucu Kül ve Mermer Tozu Kullanarak Yol Altyapısının İyileştirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, cilt:17, ssayı:1,s.15-16, 2014

Özaydın, E.T., “Kaolinit kilinin mössbauer spektroskopisiyle incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi*, Konya, s.6-7, 2008.

Özgan E, Ertürk S. ve Serin S. ve Serin S., “ Donma ve Çözülmenin Kohezyonlu Zeminlerin Fiziksel Özelliklerine Etkisinin incelenmesi., *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, Düzce, Cilt 1, No 1, 7-16, 2012.

Öztürk Y. E., “Kil Mineralleri Açısından İnce Daneli Zeminlerin Fiziko-Kimyasal Özellikleri ile Kıvam Limitleri Arasındaki İlişkiler” Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde, 2012.

Parte S. S. and Yadav R. K., “Effect of marble dust on index properties of black cotton soil”, *Int. J. Engg. Res. & Sci. & Tech.*, 2014.

Paudel B. and Wang B., “Freeze-thaw effect on consolidation properties of fine grained soils from the Mackenzie valley”, *GEO2010 in The West*, Canada, 2010.

Saygılı A., “Use of Waste Marble Dust for Stabilization of Clayey Soil”, *ISSN 1392–1320 Material Science (Medziagotyra)*, Vol. 21, No. 4. 2015.

Sivrikaya O., Kıyıldı K. R. and Karaca Z., “Recycling waste from natural stone processing plants to stabilise clayey soil” *Environ Earth Sci* 71:4397–4407, 2014.

Şengül E., “Yüksek Su Muhtevalı Killi Yol Taban Zemininin Kireç Stabilizasyonu ve Hücresel Dolgu Sistemiyle İyileştirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, s. 36-46, 2010.

Taşçı G., “Problemlili Kil Zeminin Geoteknik Özelliklerine Silis Dumanı ve Kireç Katkısının Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 2011.

Taşpolat, L.T., “Afyon Atık Mermer Tozlarının ve Şırnak Asfaltitlerinin Atık Depolama Alanları tabakalarında Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, *AKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar, s. 4-9-44, 2006.

Türedi Y., Örnek M., Bal B.B. ve Işık A. O., “Çelikhane Cürufu Katkısının Cbr Sonuçlarına Etkisinin Araştırılması”, 7. *Geoteknik Sempozyumu*, 22-23-24 Kasım İstanbul, 2017.

Tüylüce F., “Deniz Killerinin Kireç Stabilizasyonu İle İyileştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 2010.

Ural N. ve Yakş G., “Atık Mermer Parçalarının Yol Temel Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi”, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt:2, Sayı:2, 2015.

URL-1 <http://www.inankeskin.com/index.php/zds> 16 Ağustos 2018

URL-2 <https://www.google.com.tr/search?biw=1366&bih=631&tbm=isch> 16 Ağustos 2018

URL-3 [https://www.google.com.tr/search?q=\(htomineralbentonitmadencilik.com\)](https://www.google.com.tr/search?q=(htomineralbentonitmadencilik.com)) 16 Ağustos 2018

URL-4 <https://www.google.com.tr/search?q=zemin+stabilizasyonu&hl=tr&tbm> 16 Ağustos 2018

URL-5 <https://www.google.com.tr/search?hl=tr&biw=1366&bih=631&tbm> 16 Ağustos 2018

URL-6 <https://www.habertechnik.com.tr/turkiyenin-ilk-yerli-soyulma-onleyici> 16 Ağustos 2018

URL-7 <http://www.demircelikstore.com/-1-8938-demir-celik-fabrikalarinin-attigi-tonlarca-curufu-paraya-ceviriyorlar.html> 16 Ağustos 2018

URL-8 <http://www.alsekimyamineral.com/u/silis-dumani-58.html> 16 Ağustos 2018

Uysal R. “Sulu Ortamdan Asit Kırmızısı 88 (AK88) Boyarmaddesinin Giderimi İçin Montmorillonit Türü Kil Mineralinin Adsorpsiyon Özelliklerinin Araştırılması”, *Eskisehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskisehir, s. 70-71, 2010

Yarbaşı N., “Atık lastik parçaları ile güçlendirilmiş killi zeminlerin donma-çözülme davranışı”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 22(6): 559-562, 2016.

Yılmaz F. “Tüfit Taşların Zemin Stabilizasyonunda Kireçle Birlikte Kullanılabilirliğinin Standart Deneyle ve Bilgisayarlı Tomografi Tekniği ile Araştırılması”, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, s. 10-12-18, 2015.

Zaimoğlu A. Ş., “Freezing–thawing behavior of fine-grained soils reinforced with polypropylene fibers, *Cold Regions Science and Technology* 60, 63–65, 2010.

Zaimoğlu, A. Ş., Hattatoğlu, F. ve Akbulut, R.K., “Yüke Maruz İnce Daneli Zeminlerin Donma-çözülme Davranışı”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 19, 3, 117-120, 2013.

Zorluer, İ. ve Usta, M., “Zeminlerin Atık Mermer Tozu İle İyileştirilmesi”, *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Afyonkarahisar, sayfa 305-312, 18-19 Aralık 2003.

## Ek-A Hidrometre, Kıvam Limiti ve Standart Proktor Deney Sonuçları

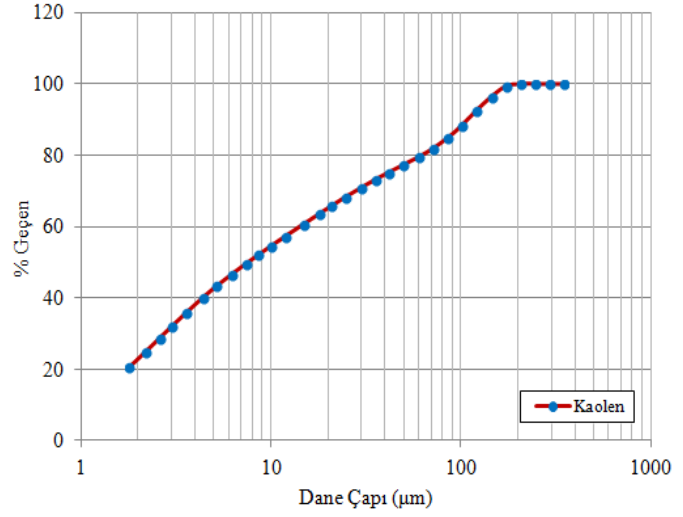
Ek-A1



### NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ

#### GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ

KAOLEN	
Dane Çapı (µm)	% Geçen
1,8	20,74
2,2	25,17
2,6	28,91
3	32,09
3,6	36,07
4,4	40,25
5,2	43,5
6,2	46,67
7,4	49,68
8,6	52,15
10	54,58
12	57,44
15	60,86
18	63,63
21	65,94
25	68,47
30	70,97
36	73,36
42	75,27
50	77,35
60	79,52
72	81,99
86	84,96
102	88,49
122	92,7
146	96,51
174	99,38
206	100
246	100
294	100
350	100

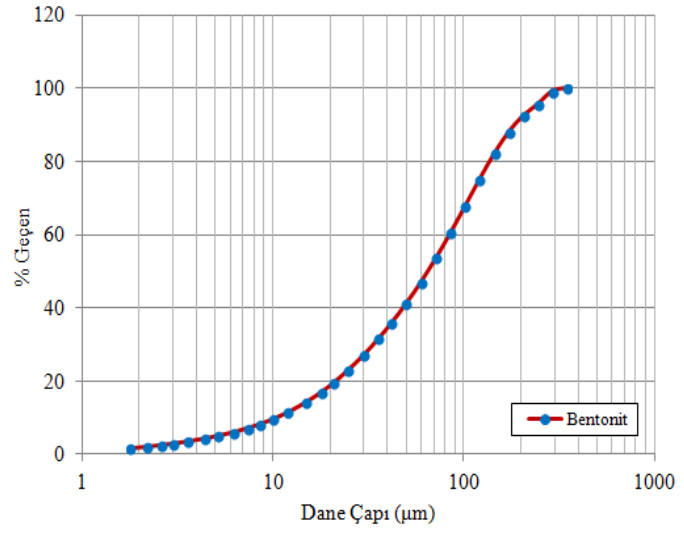




**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ**

<b>BENTONİT</b>	
Dane Çapı (µm)	% Geçen
1,8	1,69
2,2	2,14
2,6	2,57
3	2,99
3,6	3,59
4,4	4,37
5,2	5,13
6,2	6,07
7,4	7,2
8,6	8,33
10	9,65
12	11,53
15	14,32
18	17,05
21	19,71
25	23,14
30	27,18
36	31,72
42	35,94
50	41,15
60	47,12
72	53,72
86	60,7
102	67,74
122	75,22
146	82,32
174	88,2
206	92,42
246	95,65
294	99,23
350	100

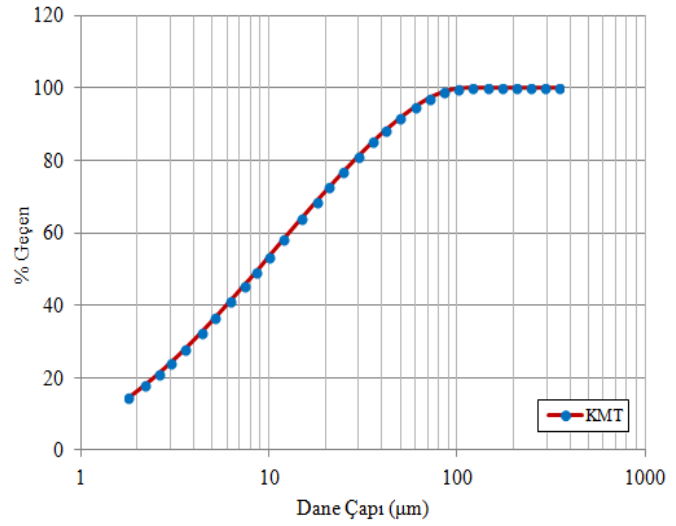




**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ**

<b>KMT</b>	
<b>Dane Çapı (µm)</b>	<b>% Geçen</b>
1,8	14,61
2,2	18,13
2,6	21,31
3	24,2
3,6	28,12
4,4	32,73
5,2	36,74
6,2	41,13
7,4	45,65
8,6	49,36
10	53,52
12	58,34
15	64,18
18	68,83
21	72,69
25	76,96
30	81,23
36	85,27
42	88,44
50	91,71
60	94,76
72	97,31
86	98,98
102	99,89
122	100
146	100
174	100
206	100
246	100
294	100
350	100

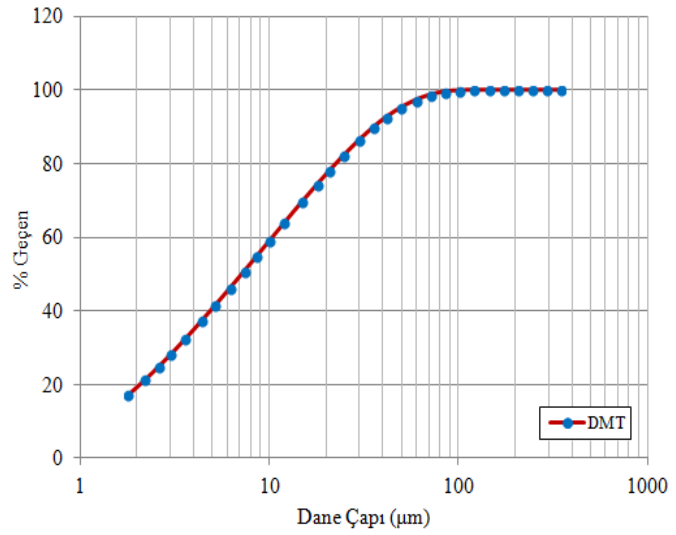




**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**GRANÜLOMETRİ EĞRİSİ**

<b>DMT</b>	
<b>Dane Çapı (µm)</b>	<b>% Geçen</b>
1,8	17,36
2,2	21,42
2,6	25,02
3	28,25
3,6	32,55
4,4	37,51
5,2	41,76
6,2	46,33
7,4	50,99
8,6	55
10	59,05
12	63,95
15	69,85
18	74,5
21	78,31
25	82,46
30	86,49
36	90,12
42	92,78
50	95,29
60	97,33
72	98,79
86	99,6
102	99,91
122	100
146	100
174	100
206	100
246	100
294	100
350	100





**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

**Deneyi Yapan :** FEB 2017/11-YÜLTEP **Numune No :** \_\_\_\_\_  
**Zemin Sınıfı :** KAOLEN **Tarih :** 27.10.2017

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

Birim hacim ağırlık belirlenmesi;

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00		
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	134,95	133,82	133,39		
Su + Piknometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	146,61	145,49	144,86		
Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,40	2,40	2,34		
Ortalama Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$			2,38		



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANIĞI DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

**Deneyi Yapan :** FEB 2017/11-YÜLTEP **Numune No :** \_\_\_\_\_  
**Zemin Sınıfı :** BENTONİT **Tarih :** 30.10.2017

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

Birim hacim ağırlık belirlenmesi;

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00	20,00	
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	135,12	133,81	133,43	135,01	
Su + Piknometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	145,89	145,03	144,65	146,09	
Dane Birim Hacim Ağırlığı ( $g/cm^3$ ), $g_s$	2,17	2,28	2,28	2,24	
Ortalama Dane Birim Hacim Ağırlığı ( $g/cm^3$ ), $g_s$			2,24		



**NIĞDE ÖMER HALISDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

Deneyi Yapan : FEB 2017/11-YÜLTEP  
 Zemin Sınıfı : KAOLEN

Numune No :  
 Tarih : 21.11.2017

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

Birim hacim ağırlık belirlenmesi;

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00	20,00	
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	135,16	133,73	133,14	134,91	
Su + Piknometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	146,81	145,69	145,06	146,87	
Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,40	2,49	2,48	2,49	
Ortalama Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$				2,46	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

**Deneyi Yapan :** FEB 2017/11-YÜLTEP **Numune No :** \_\_\_\_\_  
**Zemin Sınıfı :** BENTONİT **Tarih :** 21.11.2017

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

Birim hacim ağırlık belirlenmesi;

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00	20,00	
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	135,16	133,73	133,14	134,91	
Su + Piknometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	147,24	145,37	145,07	146,56	
Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,53	2,39	2,48	2,40	
Ortalama Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,45				



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

**Deneyi Yapan :** FEB 2017/11-YÜLTEP **Numune No :** \_\_\_\_\_  
**Zemin Sınıfı :** KAOLEN **Tarih :** 24.11.2017

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

Birim hacim ağırlık belirlenmesi;

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00	20,00	
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	135,40	134,24	133,44	135,23	
Su + Piknometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	146,90	145,67	145,18	146,69	
Dane Birim Hacim Ağırlığı ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), $g_s$	2,35	2,33	2,42	2,34	
Ortalama Dane Birim Hacim Ağırlığı ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), $g_s$	2,36				



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

**Deneyi Yapan :** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Zemin Sınıfı :** BENTONİT

**Numune No :** \_\_\_\_\_  
**Tarih :** 24,11,2017

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

**Birim hacim ağırlık belirlenmesi;**

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00	20,00	
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	135,40	134,24	133,44	135,23	
Su + Piknometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	146,43	145,45	144,84	146,24	
Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,23	2,28	2,33	2,22	
Ortalama Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,26				



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

**Denei Yapan :** FEB 2017/11-YÜLTEP

**Numune No :** \_\_\_\_\_

**Zemin Sınıfı :** KALSİTİK MERMER TOZU

**Tarih :** 11.12.2017

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

**Birim hacim ağırlık belirlenmesi;**

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00	20,00	
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	135,04	133,87	133,43	135,03	
Su + Piknometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	147,65	146,63	146,00	147,50	
Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,71	2,76	2,69	2,66	
Ortalama Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,70				



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

**Deneyi Yapan :** FEB 2017/11-YÜLTEP **Numune No :** \_\_\_\_\_  
**Zemin Sınıfı :** DOLOMITİK MERMER TOZU **Tarih :** 11.12.2017

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

**Birim hacim ağırlık belirlenmesi;**

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00	20,00	
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	135,07	133,87	133,42	135,02	
Su + Piknometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	147,54	146,77	146,39	147,61	
Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,66	2,82	2,84	2,70	
Ortalama Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,75				



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

**Deneji Yapan :** FEB 2017/11-YÜLTEP **Numune No :** \_\_\_\_\_  
**Zemin Sınıfı :** KALSİTİK MERMER TOZU **Tarih :** 12.04.2018

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

Birim hacim ağırlık belirlenmesi;

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00		
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	134,95	133,89	133,38		
Su + Piknometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	147,38	146,95	146,19		
Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,64	2,88	2,78		
Ortalama Dane Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,77				



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**DANE BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ**

**Deneği Yapan :** FEB 2017/11-YÜLTEP      **Numune No :** \_\_\_\_\_  
**Zemin Sınıfı :** DOLOMITİK MERMER TOZU      **Tarih :** 12.04.2018

$$\gamma_s = \frac{W_1}{[W_1 - (W_3 - W_2)]}$$

**Birim hacim ağırlık belirlenmesi;**

Numune No	1	2	3	4	5
Kuru Zemin ağırlığı (g), $W_1$	20,00	20,00	20,00		
Su + Piknometre Ağırlığı (g), $W_2$	134,95	133,89	133,38		
knometre - Zemin Ağırlığı (g), $W_3$	148,20	146,47	145,95		
ç Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$	2,96	2,70	2,69		
ç Birim Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ), $g_s$			2,78		



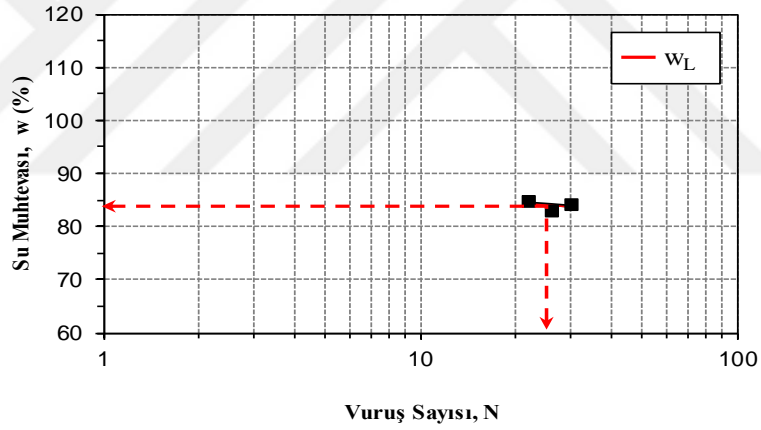
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** Katkısız Bentonit

**Deney Tarihi:** 24 Nisan 2018 Salı  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı $N$	Su muhtevası (%) $w$	Fit su muhtevası (%) $w$
2	1	18,91	25,60	22,54	30	84,30	83,76
1	2	18,44	24,70	21,86	26	83,04	84,03
3	3	22,99	30,53	27,07	22	84,80	84,35
			Likit limit $w_L$ , (%) =	84,11			
			Doğrunun eğimi =	0,022			





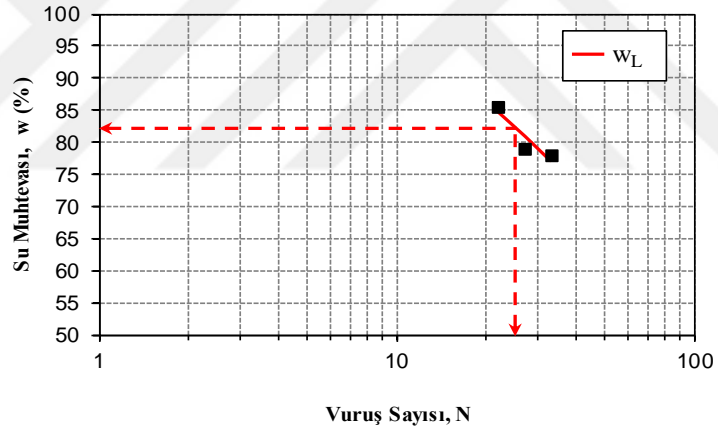
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP **Deney Tarihi:** 24 Nisan 2018 Salı  
**Numunenin Sınıfı:** %95 Bentonit+%5 Dolomitik M.T. **Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı $N$	Su muhtevası (%) $w$	Fit su muhtevası (%) $w$
1	1	18,46	30,22	25,07	33	77,91	77,02
2	2	18,94	33,50	27,07	27	79,09	80,86
3	3	23,00	34,64	29,27	22	85,65	84,77

Likit limit  $w_L$  , (%) = 82,33  
Doğrunun eğimi = 0,234



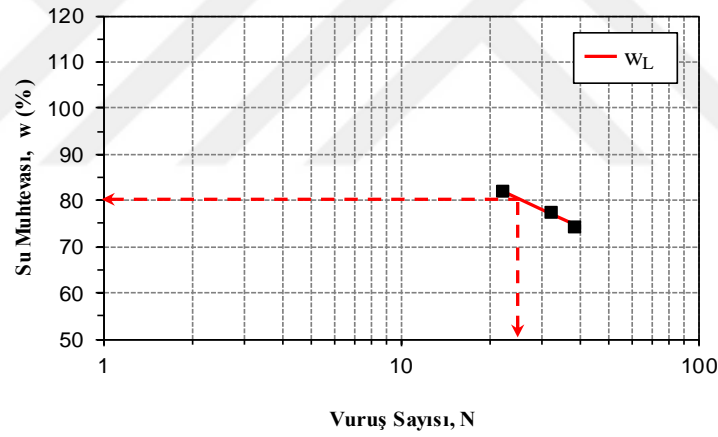


**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP **Deney Tarihi:** 24 Nisan 2018 Salı  
**Numunenin Sınıfı:** %90 Bentonit+%10 Dolomitik M.T. **Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
7	1	21,76	33,63	28,56	38	74,56	74,84
8	2	14,89	32,29	24,69	32	77,55	77,15
9	3	23,10	36,39	30,40	22	82,05	82,18
			Likit limit $w_L$ , (%) =	80,46			
			Doğrunun eğimi =	0,171			



Kap No		Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
10	1		21,15	34,90	29,32	39	68,30	68,29
11	2		15,29	28,86	23,12	23	73,31	73,39
12	3		32,06	48,50	41,49	21	74,34	74,27

Likit limit $w_L$ , (%) =	72,58
Doğrunun eğimi =	0,136

Vuruş Sayısı, N

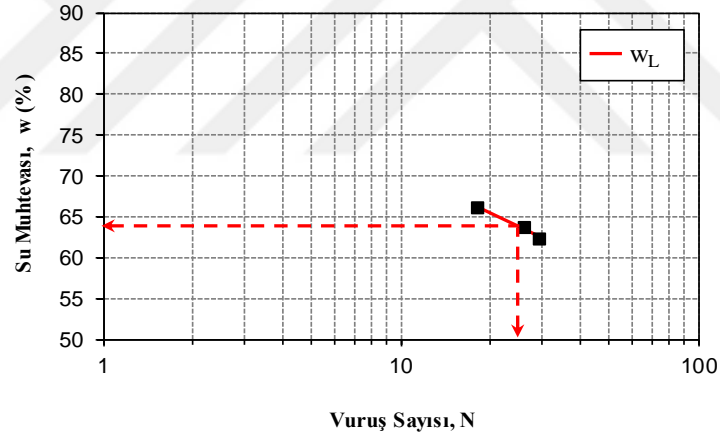


**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP **Deney Tarihi:** 24 Nisan 2018 Salı  
**Numunenin Sınıfı:** %70 Bentonit+%30 Dolomitik M.T. **Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
12	1	32,02	47,56	41,59	29	62,38	62,62
122	2	33,49	45,82	41,02	26	63,75	63,44
123	3	32,35	48,60	42,13	18	66,16	66,22
		Likit limit $w_L$ , (%) = 63,74					
		Doğrunun eğimi = 0,117					





**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

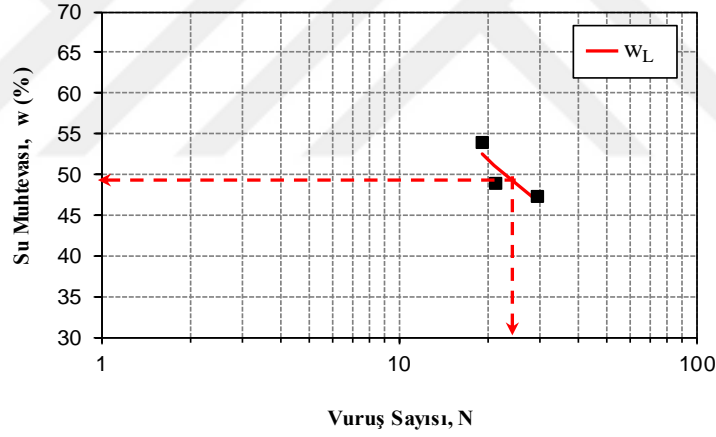
**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP

**Deney Tarihi:** 24 Nisan 2018 Salı

**Numunenin Sınıfı:** %50 Bentonit+%50 Dolomitik M.T.

**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
*	1	16,36	31,60	26,70	29	47,39	46,89
J	2	22,66	36,03	31,63	21	49,05	51,17
Beyaz	3	42,38	56,99	51,86	19	54,11	52,50
		Likit limit $w_L$ , (%) = 48,86					
		Doğrunun eğimi = 0,263					





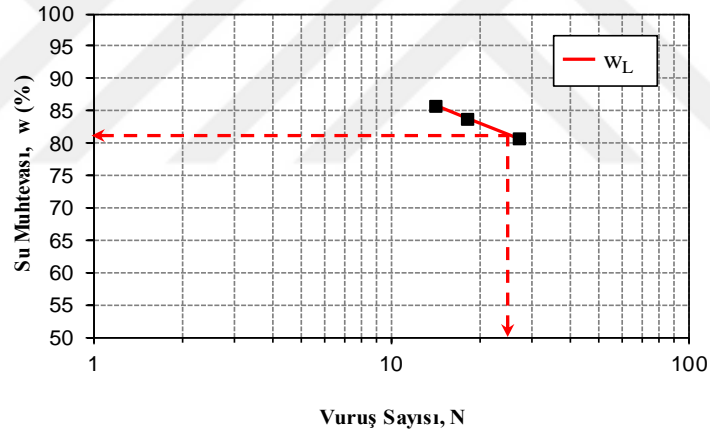
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** %95 Bentonit+%5 Kalsitik M.T.

**Deney Tarihi:** 27 Nisan 2018 Cuma  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
46	1	82,71	93,56	88,71	27	80,83	80,77
47	2	84,36	97,90	91,73	18	83,72	83,88
48	3	82,46	95,53	89,49	14	85,92	85,81
			Likit limit $w_L$ , (%) =	81,36			
			Doğrunun eğimi =	0,092			





**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

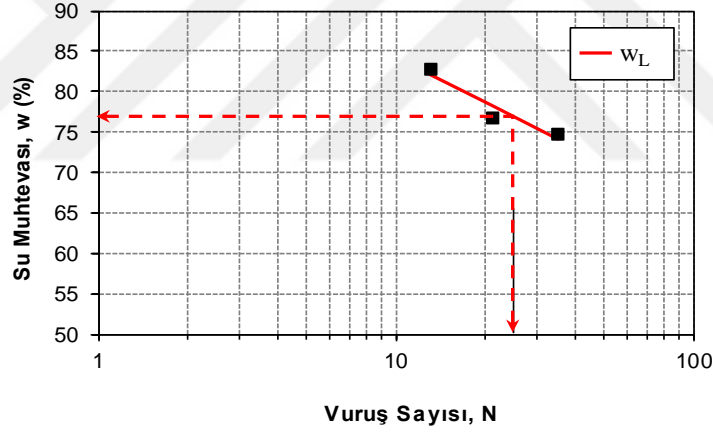
**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**


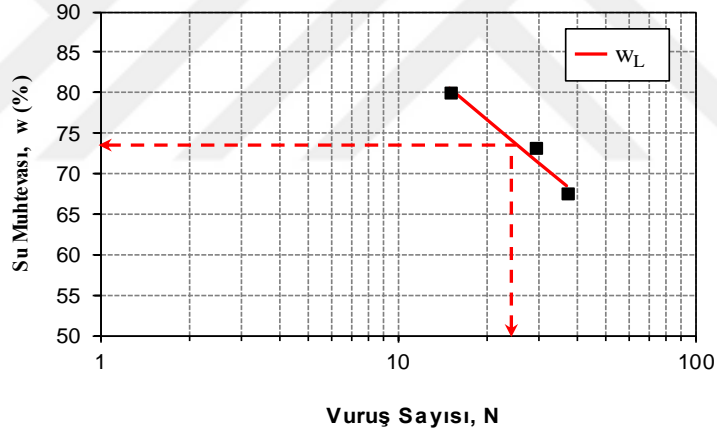
**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** %90 Bentonit+%10 Kalsitik M.T.

**Deney Tarihi:** 27 Nisan 2018 Cuma  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
BF1	1	61,87	81,10	72,87	35	74,82	74,11
BF2	2	59,71	73,98	67,78	21	76,83	78,29
BF4	3	57,37	69,72	64,12	13	82,96	82,21

Likit limit  $w_L$ , (%) = 76,86  
Doğrunun eğimi = 0,104



		<b>NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>					
<b>LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)</b>							
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP				<b>Deney Tarihi:</b> 27 Nisan 2018 Cuma			
<b>Numunenin Sınıfı:</b> %80 Bentonit+%20 Kalsitik M.T.				<b>Deney No:</b> _____			
Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı $N$	Su muhtevası (%) $w$	Fit su muhtevası (%) $w$
49	1	83,14	97,78	91,88	37	67,51	68,56
50	2	83,01	95,69	90,33	29	73,22	71,78
51	3	85,31	96,73	91,65	15	80,13	80,51
Likit limit $w_L$ , (%) =			73,75				
Doğrunun eğimi =			0,179				
							



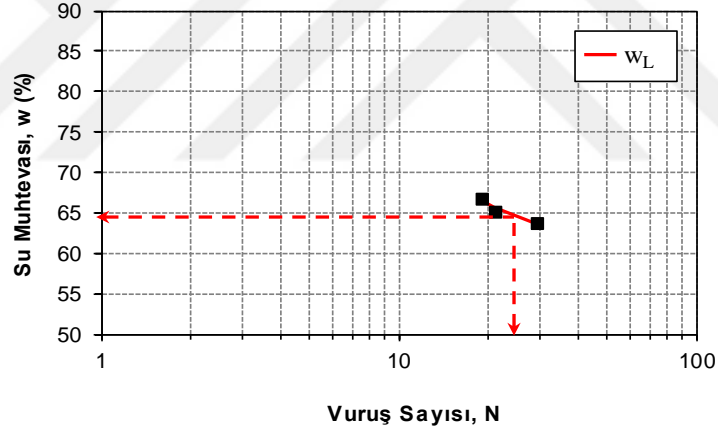
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** %30 Bentonit+%30 Kalsitik M.T.

**Deney Tarihi:** 27 Nisan 2018 Cuma  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
BF5	1	57,33	69,53	64,78	29	63,76	63,63
SF6	2	61,08	74,76	69,36	21	65,22	65,77
SF7	3	51,77	67,22	61,03	19	66,85	66,43
			Likit limit $w_L$ , (%) =	64,61			
			Doğrunun eğimi =	0,102			





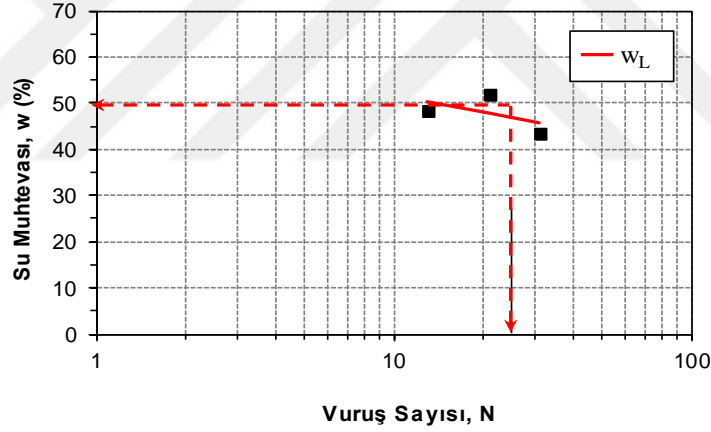
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** %50 Bentonit+%50 Kalsitik M.T.

**Deney Tarihi:** 27 Nisan 2018 Cuma  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
SF8	1	70,79	83,60	79,72	31	43,45	45,76
SF9	2	54,42	67,50	63,03	21	51,92	47,72
SF10	3	62,93	74,45	70,70	13	48,26	50,14
			Likit limit $w_L$ , (%) = 49,20				
			Doğrunun eğimi = 0,111				





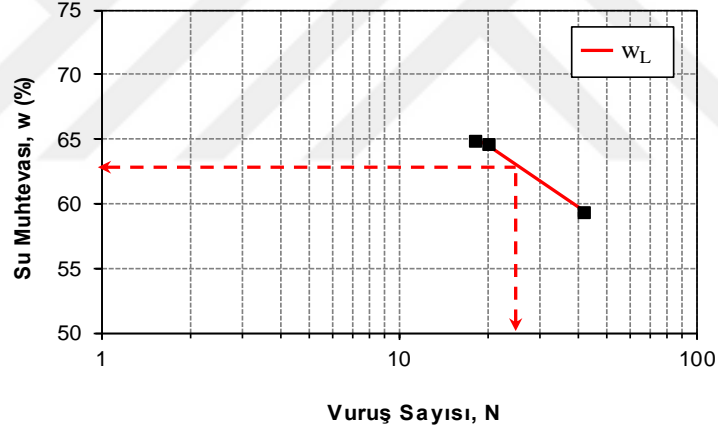
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** Katkısız Kaolen

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
46	1	82,71	91,76	88,39	42	59,33	59,37
47	2	84,36	93,27	89,77	20	64,70	64,40
48	3	82,46	89,12	86,50	18	64,85	65,11
			Likit limit $w_L$ , (%) =	62,88			
			Doğrunun eğimi =	0,109			





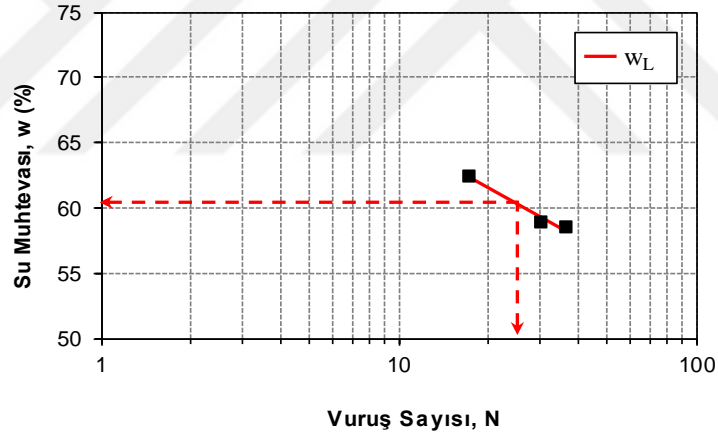
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** %95 Kaolen+%5 Dolomitik M.T.

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
58	1	51,20	59,92	56,70	36	58,55	58,29
59	2	50,05	60,16	56,41	30	58,96	59,30
60	3	51,28	58,40	55,66	17	62,56	62,47
		Likit limit $w_L$ , (%) =		60,32			
		Doğrunun eğimi =		0,092			



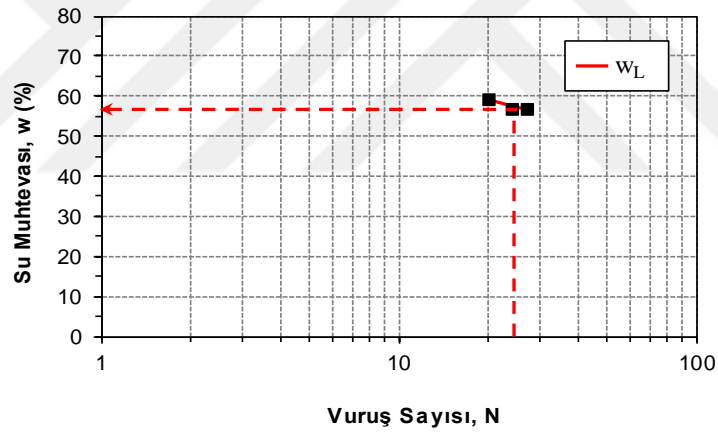


**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP **Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Numunenin Sınıfı:** %90 Kaolen+%10 Dolomitik M.T. **Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı $N$	Su muhtevası (%) $w$	Fit su muhtevası (%) $w$
61	1	50,57	62,57	58,22	27	56,86	56,48
62	2	51,64	61,90	58,18	24	56,88	57,50
63	3	50,43	58,46	55,47	20	59,33	59,08
			Likit limit $w_L$ , (%) =	57,15			
			Doğrunun eğimi =	0,149			





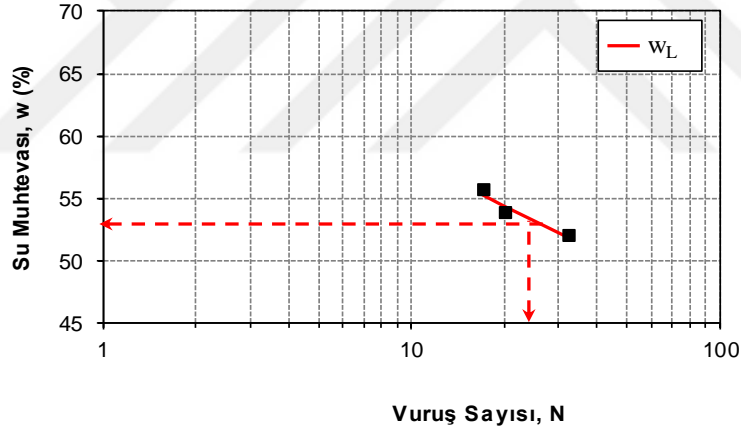
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** %80 Kaolen+%20 Dolomitik M.T.

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
64	1	50,57	60,88	57,35	32	52,06	51,92
65	2	51,21	63,72	59,34	20	53,87	54,45
66	3	51,23	62,99	58,78	17	55,76	55,33
		Likit limit $w_L$ , (%) = 53,25					
		Doğrunun eğimi = 0,100					





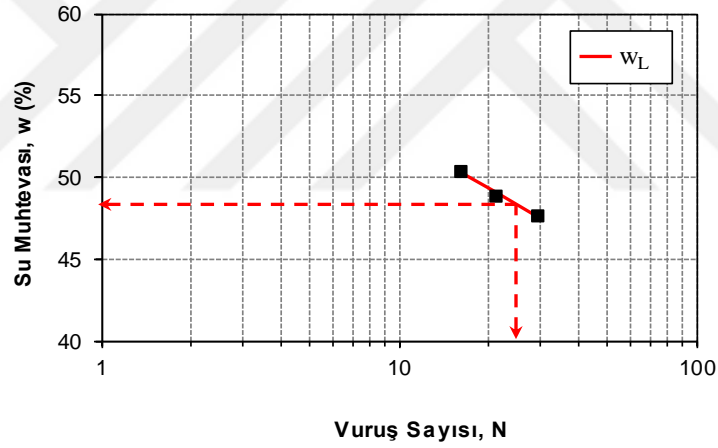
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** % 70 Kaolen+% 30 Dolomitik M.T.

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı $N$	Su muhtevası (%) $w$	Fit su muhtevası (%) $w$
67	1	51,58	61,92	58,58	29	47,71	47,64
16	2	33,43	46,61	42,28	21	48,93	49,10
17	3	49,01	61,36	57,22	16	50,43	50,33
Likit limit $w_L$ , (%) =			48,31				
Doğrunun eğimi =			0,092				





**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

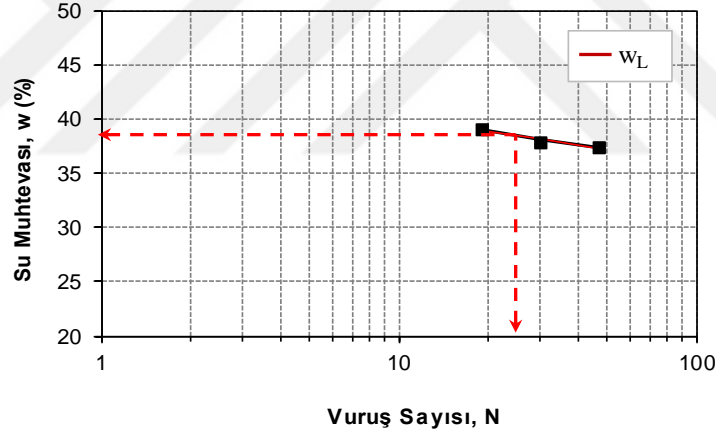
**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba

**Numunenin Sınıfı:** %50 Kaolen+%50 Dolomitik M.T.

**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
18	1	32,10	43,82	40,63	47	37,40	37,26
19	2	35,79	48,61	45,09	30	37,85	38,12
20	3	34,59	49,74	45,48	19	39,12	38,99
		Likit limit $w_L$ , (%) = 38,46					
		Doğrunun eğimi = 0,050					





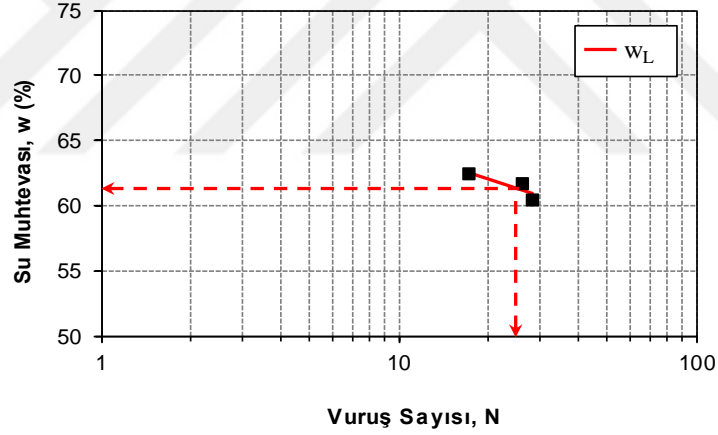
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** % 95 Kaolen+%5Kalsitik M.T.

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
49	1	83,14	92,80	89,16	28	60,47	60,96
50	2	83,01	91,39	88,19	26	61,78	61,20
51	3	85,31	95,24	91,42	17	62,52	62,61
			Likit limit $w_L$ , (%) =	61,33			
			Doğrunun eğimi =	0,054			





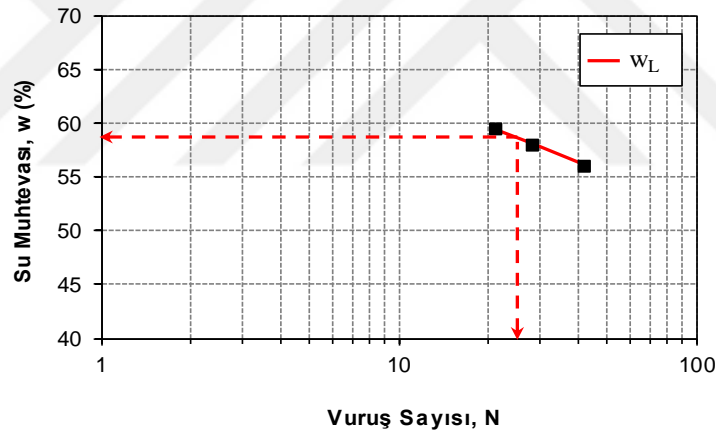
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** %90 Kaolen+%10 Kalsitik M.T.

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
BF1	1	61,87	72,14	68,45	42	56,08	56,06
BF2	2	59,71	73,36	68,35	28	57,99	58,04
BF4	3	57,37	69,81	65,17	21	59,49	59,45
			Likit limit $w_L$ , (%) =	58,60			
			Doğrunun eğimi =	0,085			





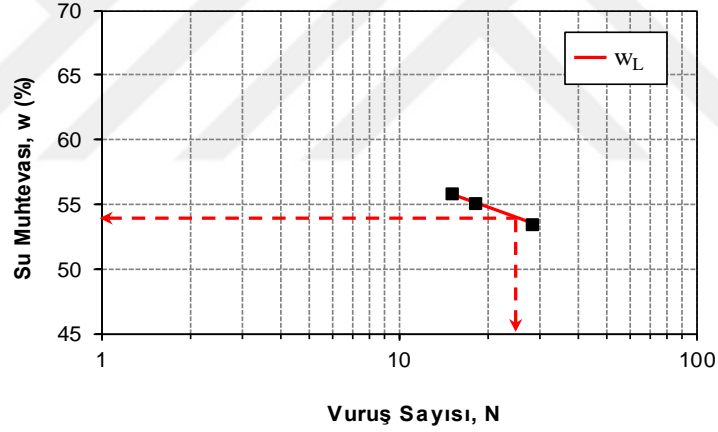
**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİRÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** %80 Kaolen+%20 Kalsitik M.T.

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı N	Su muhtevası (%) w	Fit su muhtevası (%) w
BF5	1	57,33	65,36	62,56	28	53,54	53,53
SF6	2	61,08	74,11	69,48	18	55,12	55,15
SF7	3	51,77	66,06	60,94	15	55,83	55,81
			Likit limit $w_L$ , (%) =	53,94			
			Doğrunun eğimi =	0,067			





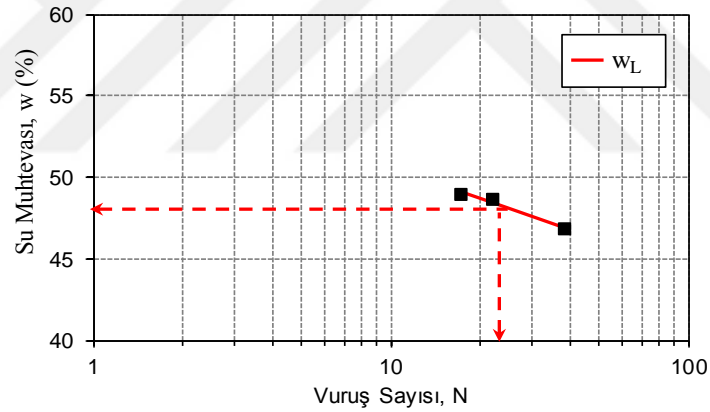
**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** % 70 Kaolen+% 30 Kalsitik M.T.

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı $N$	Su muhtevası (%) $w$	Fit su muhtevası (%) $w$
SF8	1	62,93	74,21	70,61	38	46,87	46,95
SF9	2	54,42	60,68	58,63	22	48,69	48,46
SF10	3	70,79	80,52	77,32	17	49,00	49,17
			Likit limit $w_L$ , (%) =	48,10			
			Doğrunun eğimi =	0,057			





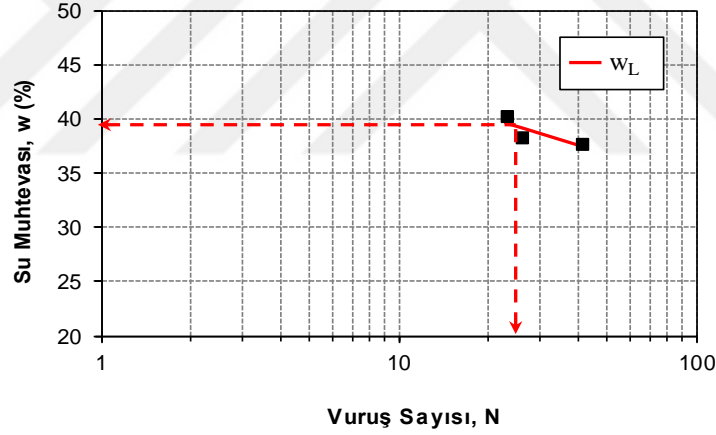
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**LİKİT LİMİT DENEYİ (Casagrande Yöntemi)**

**Deneyi Yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin Sınıfı:** %50 Kaolen+%50 Kalsitik M.T.

**Deney Tarihi:** 25 Nisan 2018 Çarşamba  
**Deney No:** \_\_\_\_\_

Kap No	Deney No.	Kabın kütlesi (g) $W_c$	Kap+yaş zemin kütlesi (g) $W_w$	Kap+kuru zemin kütlesi (g) $W_d$	Vuruş Sayısı $N$	Su muhtevası (%) $w$	Fit su muhtevası (%) $w$
SF11	1	53,91	62,28	59,99	41	37,66	37,48
SF12	2	62,13	71,55	68,94	26	38,33	39,18
Siyah	3	45,32	55,59	52,64	23	40,30	39,63
		Likit limit $w_L$ , (%) = 39,32					
		Doğrunun eğimi = 0,096					





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

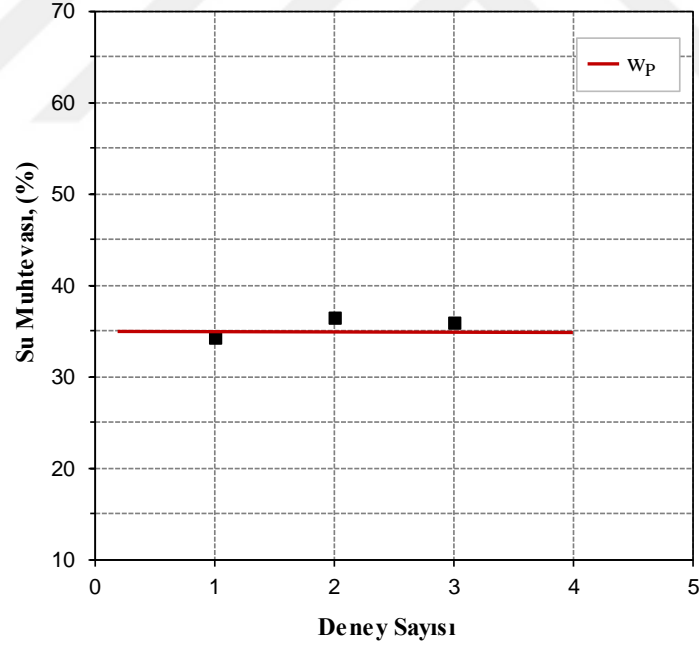
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** YÜLTEP 2  
**Numunenin sınıfı:** Katkısız Bentonit

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	10,89	11,83	11,59	34,29
2	19,96	20,97	20,70	36,49
3	24	24,72	24,53	35,85

Plastik limit (%) = 35,54





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

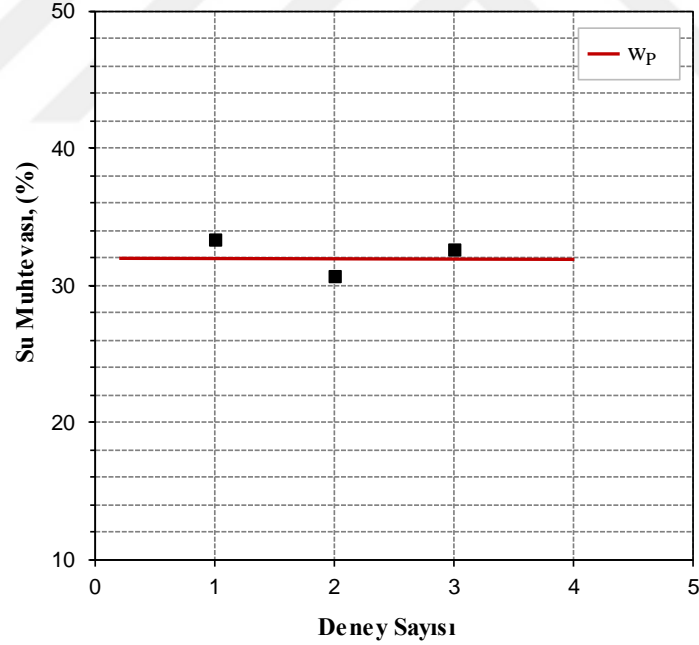
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %95 Bentonit + %5Dolomitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	18,54	19,90	19,56	33,33
2	21,76	23,42	23,03	30,71
3	14,89	16,60	16,18	32,56

Plastik limit (%) = 32,20





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

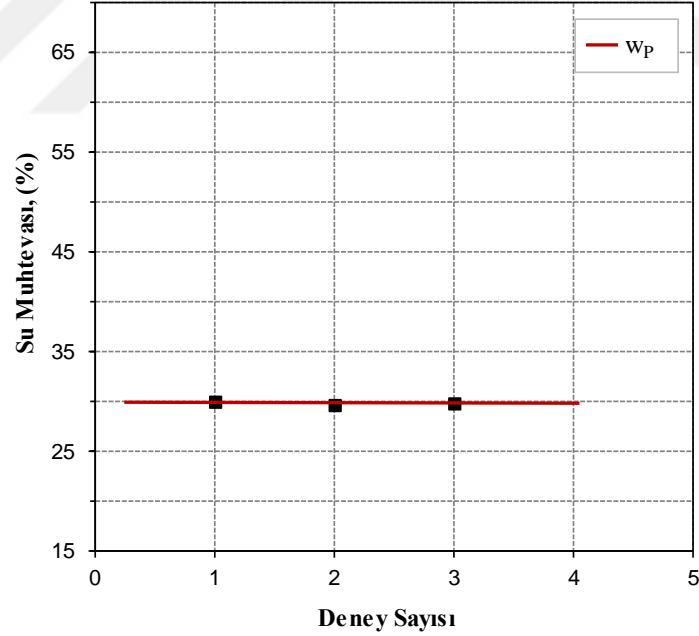
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %90 Bentonit+ %10 Dolomitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	23,10	24,66	24,30	30,00
2	21,15	23,03	22,60	29,66
3	15,28	16,94	16,56	29,69

Plastik limit (%) = 29,78





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

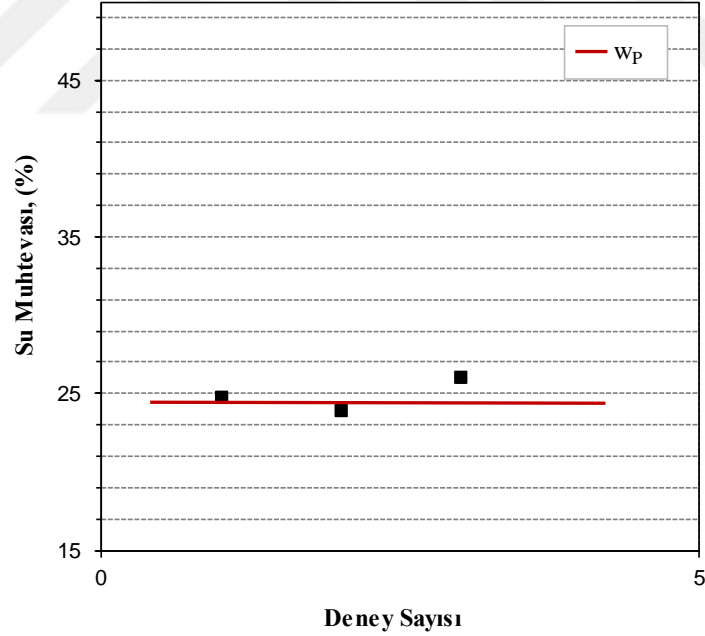
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %80 Bentonit + %20 Dolomitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	32,13	33,74	33,42	24,81
2	32,02	33,21	32,98	23,96
3	33,43	35,41	35,00	26,11

Plastik limit (%) = 24,96





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

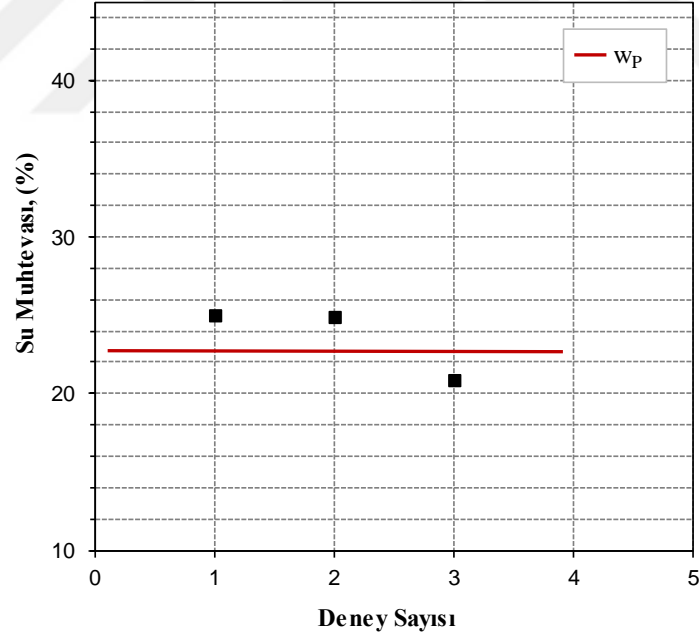
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Deneysel yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %70 Bentonit + %30 Dolomitik M.T.

**Deneysel Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Deneysel No:** \_\_\_\_\_

Deneysel No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	48,99	50,74	50,39	25,00
2	32,09	34,65	34,14	24,88
3	35,76	37,50	37,20	20,83

Plastik limit (%) = 23,57





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

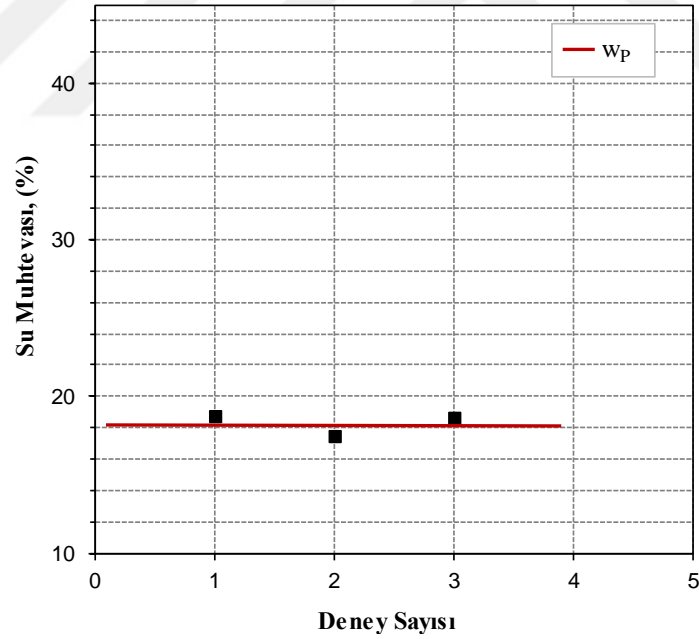
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %50 Bentonit+ %50 Dolomitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	34,58	37,30	36,87	18,78
2	36,69	38,37	38,12	17,48
3	34,75	37,23	36,84	18,66

Plastik limit (%) = 18,31





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

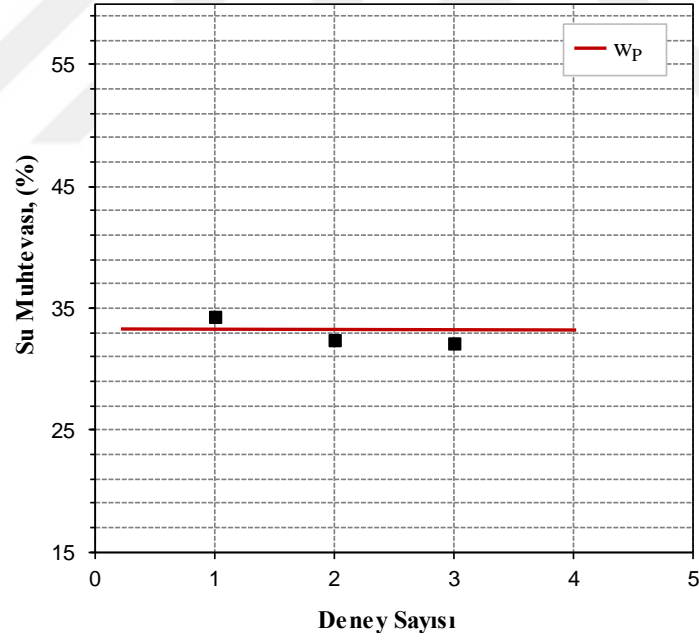
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** Katkısız Bentonit

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	10,89	11,83	11,59	34,29
2	19,96	20,94	20,70	32,43
3	24	24,70	24,53	32,08

Plastik limit (%) = 32,93





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

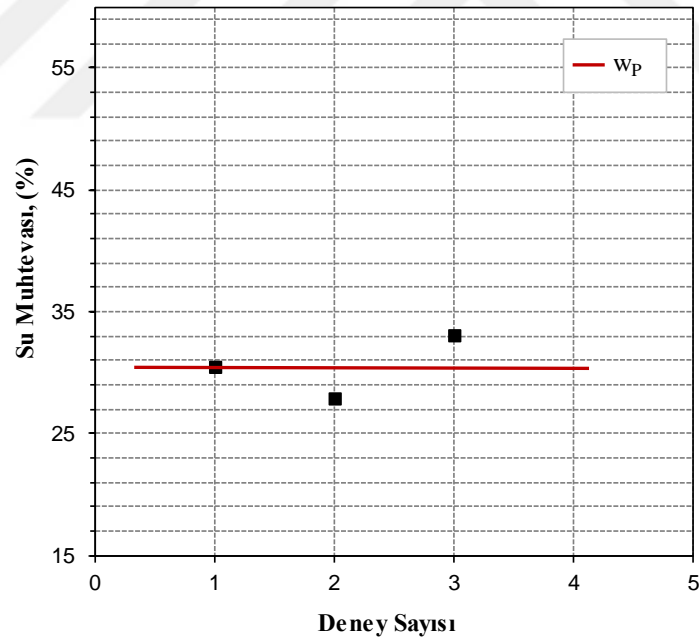
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %95 Bentonit + %5 Kalsitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	19,39	21,06	20,67	30,47
2	30,76	32,55	32,16	27,86
3	87,48	89,09	88,69	33,06

Plastik limit (%) = 30,46





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

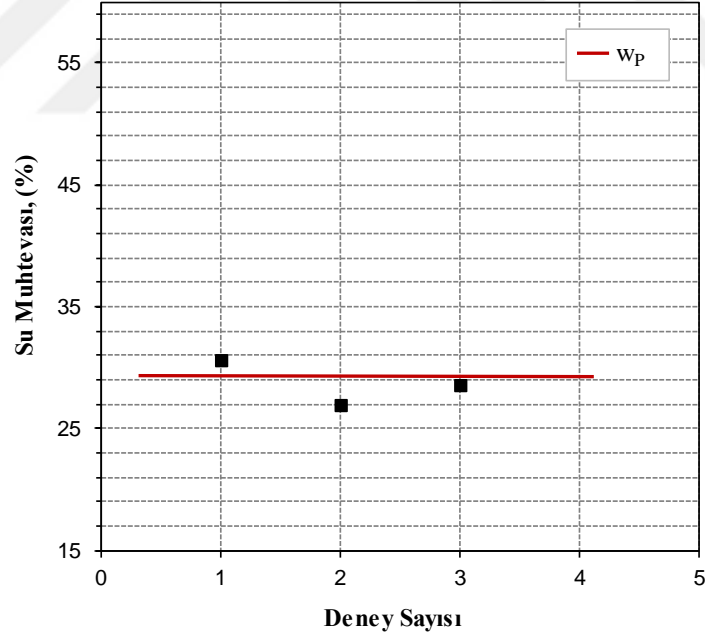
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %90 Bentonit+ %10 Kalsitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	84,06	85,94	85,50	30,56
2	83,44	85,37	84,96	26,97
3	94,17	95,79	95,43	28,57

Plastik limit (%) = 28,70





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

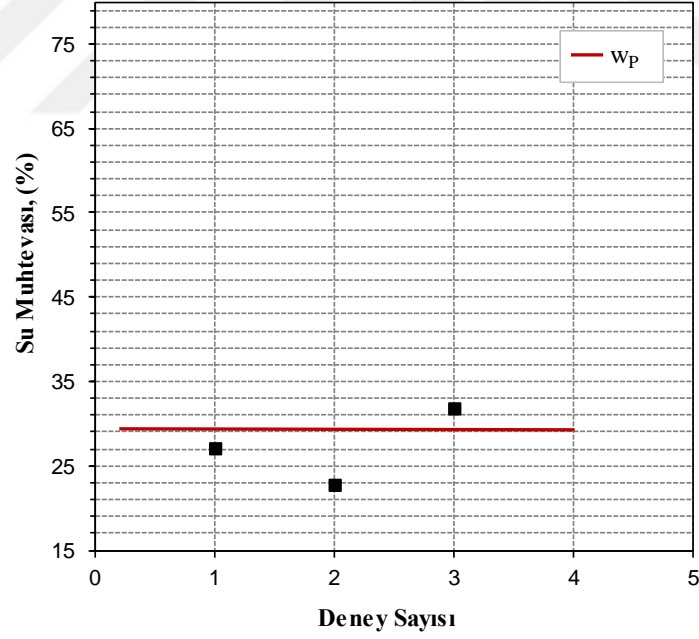
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %80 Bentonit + %20 Kalsitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	98,31	100,00	99,64	27,07
2	93,44	94,79	94,54	22,73
3	86,64	88,46	88,02	31,88

Plastik limit (%) = 27,23





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

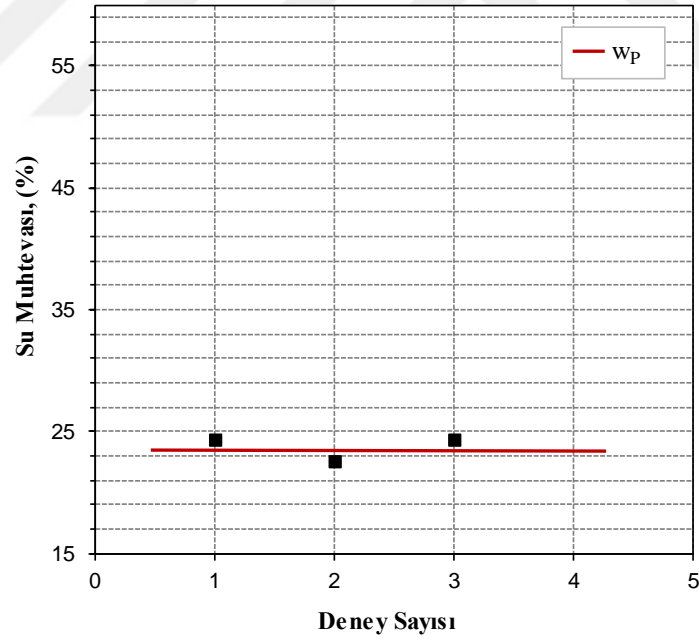
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Deneysel yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %70 Bentonit + %30 Kalsitik M.T.

**Deneysel Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Deneysel No:** \_\_\_\_\_

Deneysel No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	87,92	89,45	89,15	24,39
2	93,84	95,63	95,30	22,60
3	79,53	81,78	81,34	24,31

Plastik limit (%) = 23,77





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

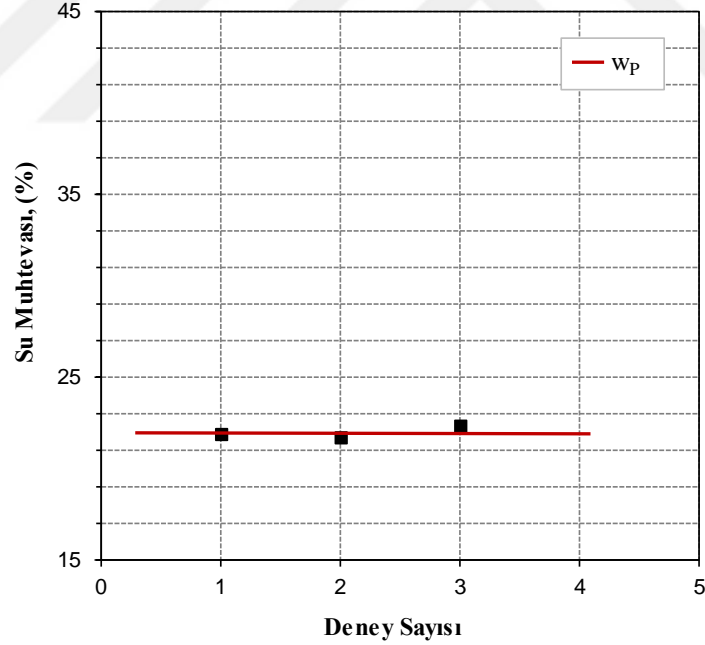
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %50 Bentonit+ %50 Kalsitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	10,97	12,14	11,93	21,88
2	9,04	10,50	10,24	21,67
3	9,7	10,85	10,64	22,34

Plastik limit (%) = 21,96





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

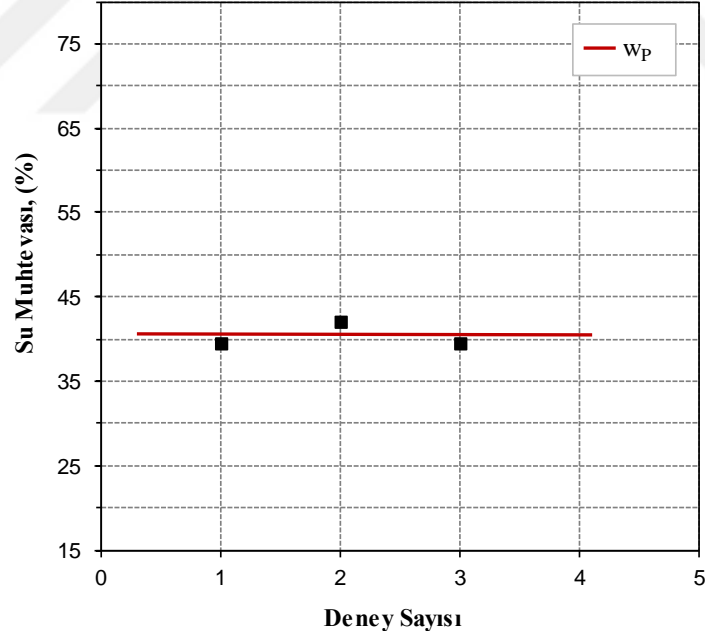
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %95 Kaolen + %5 Dolomitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	10,97	12,17	11,83	39,53
2	9,03	10,28	9,91	42,05
3	9,69	10,82	10,50	39,51

Plastik limit (%) = 40,36





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

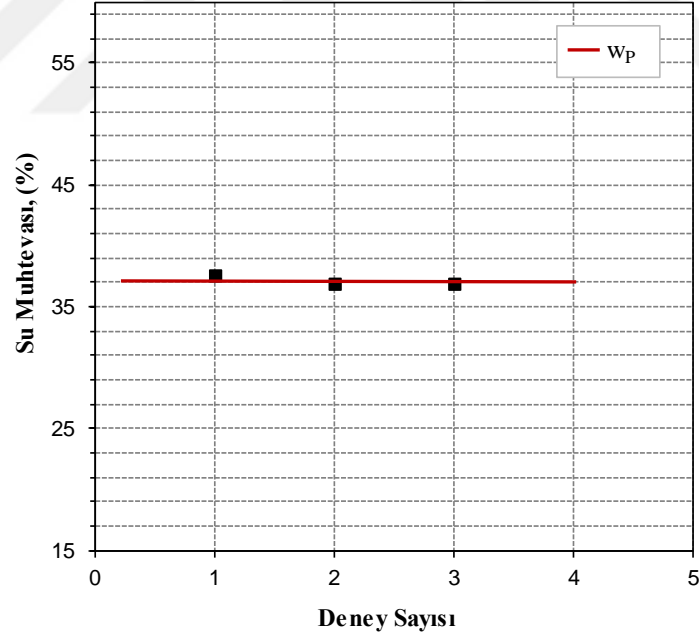
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %90 Kaolen + %10 Dolomitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	19,40	20,79	20,41	37,62
2	30,71	33,01	32,39	36,90
3	87,55	88,85	88,50	36,84

Plastik limit (%) = 37,12





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

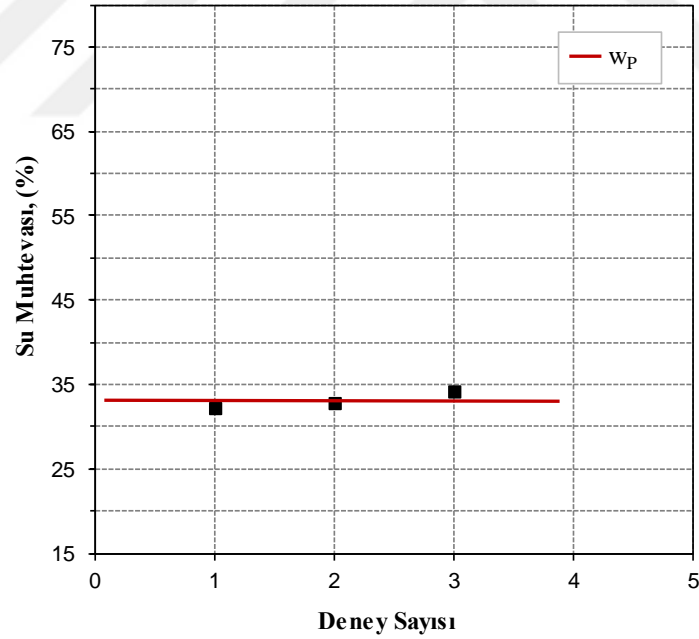
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %80 Kaolen + %20 Dolomitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	84,06	85,99	85,52	32,19
2	83,44	85,75	85,18	32,76
3	94,16	96,83	96,15	34,17

Plastik limit (%) = 33,04





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

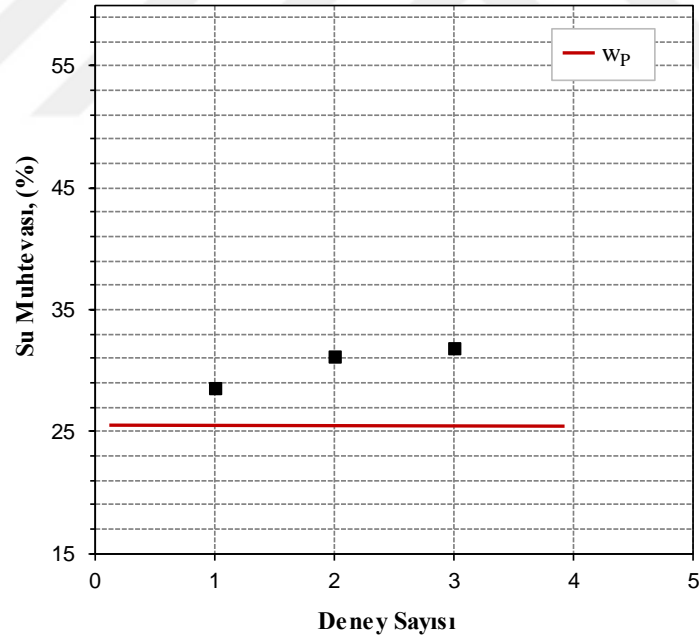
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Deneysel yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %70 Kaolen + %30 Dolomitik M.T.

**Deneysel Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Deneysel No:** \_\_\_\_\_

Deneysel No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	51,20	52,55	52,25	28,57
2	50,06	51,66	51,28	31,15
3	51,29	53,03	52,61	31,82

Plastik limit (%) = 30,51





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

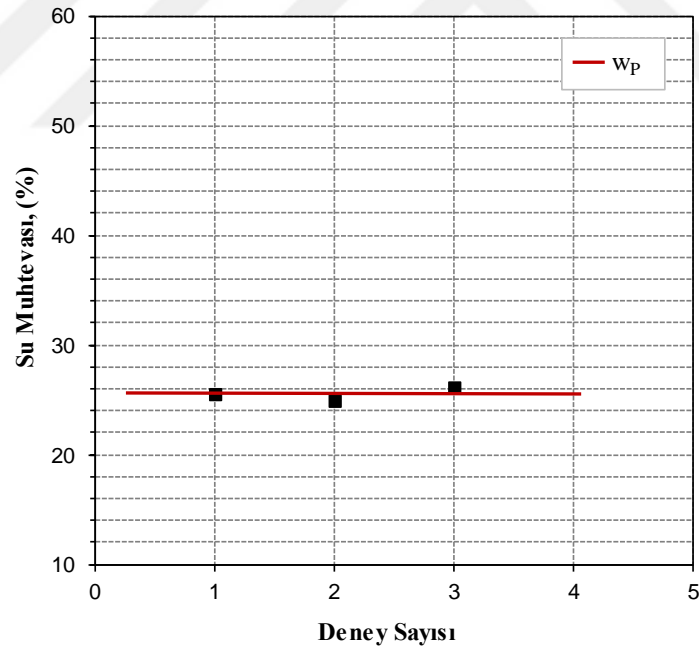
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %50 Kaolen + %50 Dolomitik M.T.

**Denei Tarihi:** 23 Ocak 2018 Salı  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	10,98	12,90	12,51	25,49
2	9,04	10,79	10,44	25,00
3	9,7	10,81	10,58	26,14

Plastik limit (%) = 25,54





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

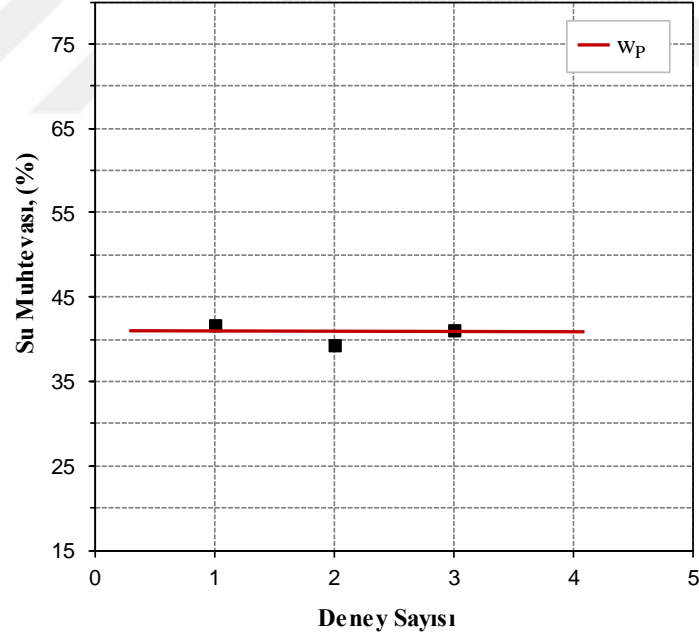
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Deneysel yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %95 Kaolen + %5 Kalsitik M.T.

**Deneysel Tarihi:** 19 Ocak 2018 Cuma  
**Deneysel No:** \_\_\_\_\_

Deneysel No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	18,53	20,40	19,85	41,67
2	21,75	23,24	22,82	39,25
3	14,89	16,23	15,84	41,05

Plastik limit (%) = 40,66





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

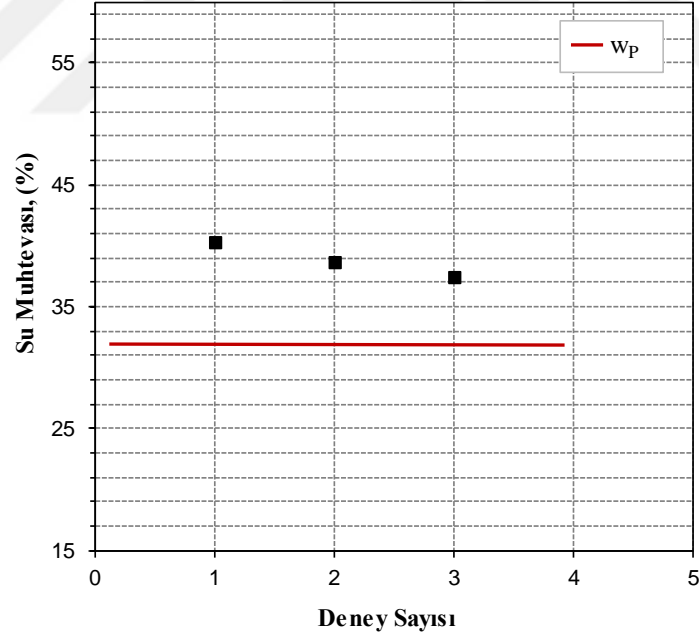
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Deneysel yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %90 Kaolen + %10 Kalsitik M.T.

**Deneysel Tarihi:** 19 Ocak 2018 Cuma  
**Deneysel No:** \_\_\_\_\_

Deneysel No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	23,10	24,98	24,44	40,30
2	21,15	23,05	22,52	38,69
3	15,28	17,37	16,80	37,50

Plastik limit (%) = 38,83





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

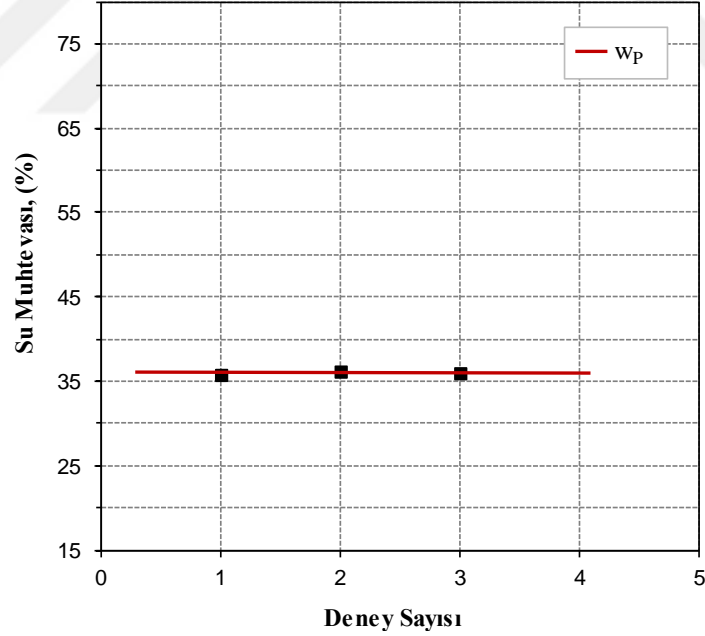
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %80 Kaolen + %20 Kalsitik M.T.

**Denei Tarihi:** 19 Ocak 2018 Cuma  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	61,87	63,69	63,21	35,82
2	59,71	61,59	61,09	36,23
3	61,09	63,09	62,56	36,05

Plastik limit (%) = 36,04





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

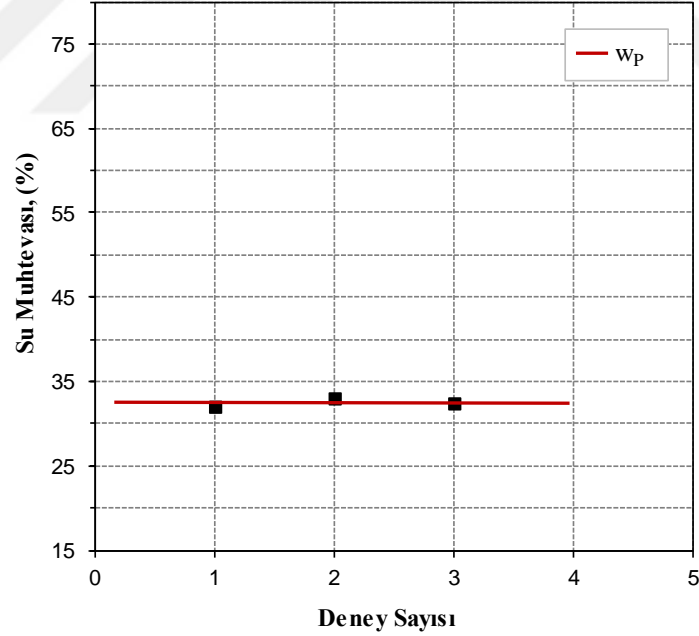
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Denei yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %70 Kaolen + %30 Kalsitik M.T.

**Denei Tarihi:** 19 Ocak 2018 Cuma  
**Denei No:** \_\_\_\_\_

Denei No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	51,77	52,84	52,58	32,10
2	62,93	64,58	64,17	33,06
3	54,42	56,01	55,62	32,50

Plastik limit (%) = 32,55





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

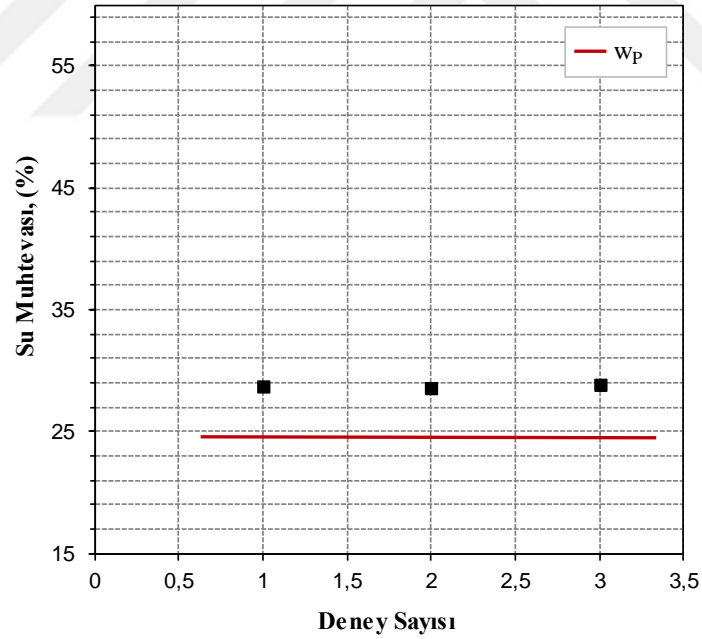
**PLASTİK LİMİT DENEYİ**

**Deneysel yapan:** FEB 2017/11-YÜLTEP  
**Numunenin sınıfı:** %50 Kaolen + %50 Kalsitik M.T.

**Deneysel Tarihi:** 19 Ocak 2018 Cuma  
**Deneysel No:** \_\_\_\_\_

Deneysel No	Dara (g) $M_c$	Dara + ıslak num. (g) $M_w$	Dara+kuru num. (g) $M_d$	Su muhtevası (%) w
1	70,80	72,37	72,02	28,69
2	53,91	55,26	54,96	28,57
3	62,14	63,93	63,53	28,78

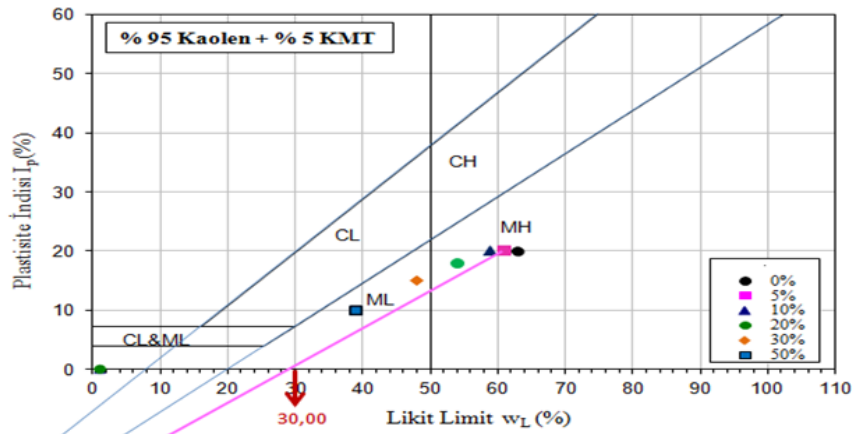
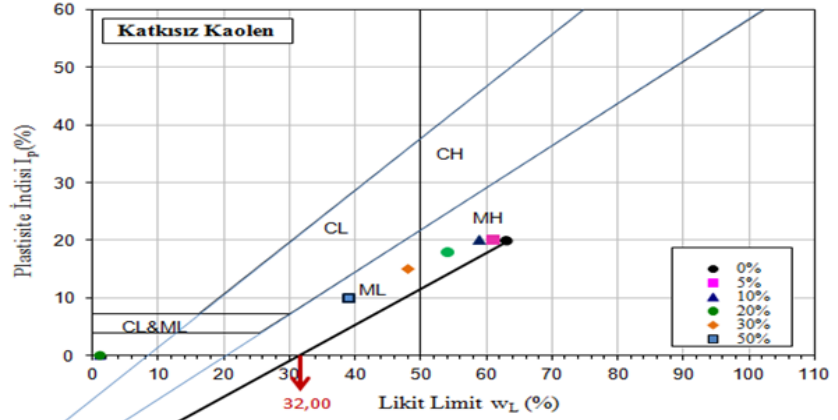
Plastik limit (%) = 28,68





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

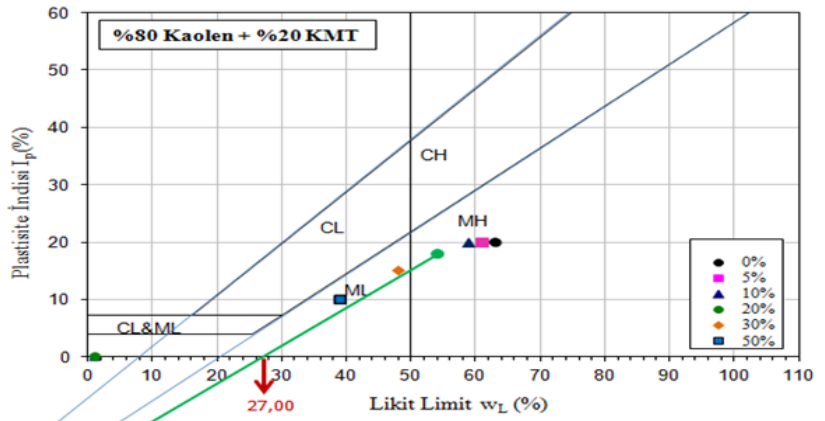
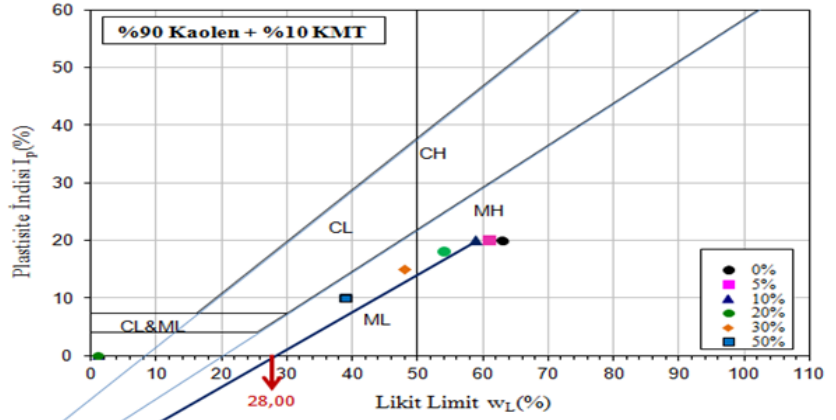
**RÖTRE LİMİTİ**





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

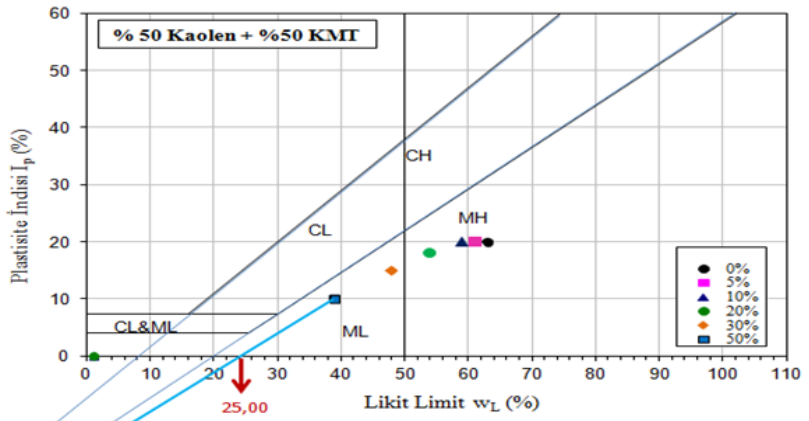
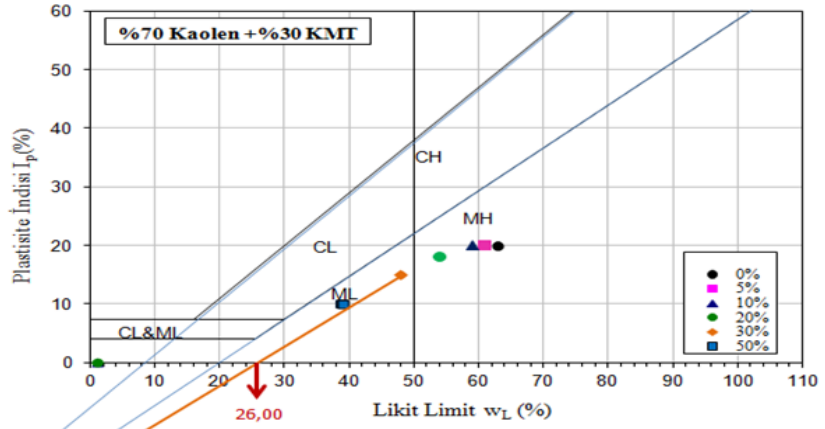
**RÖTRE LİMİTİ**





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

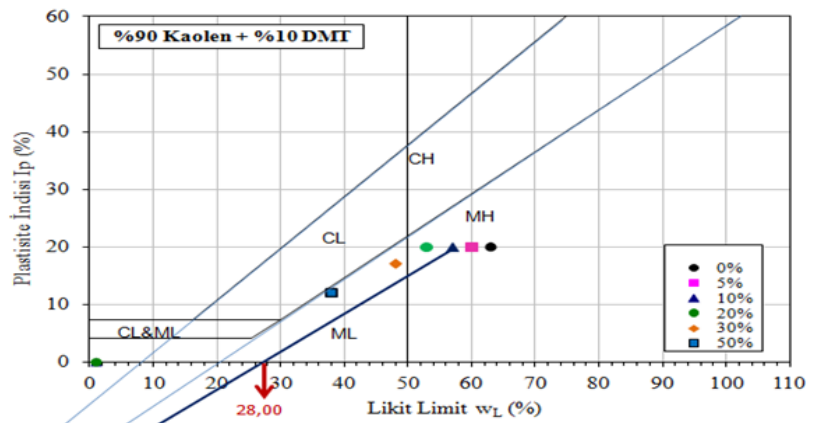
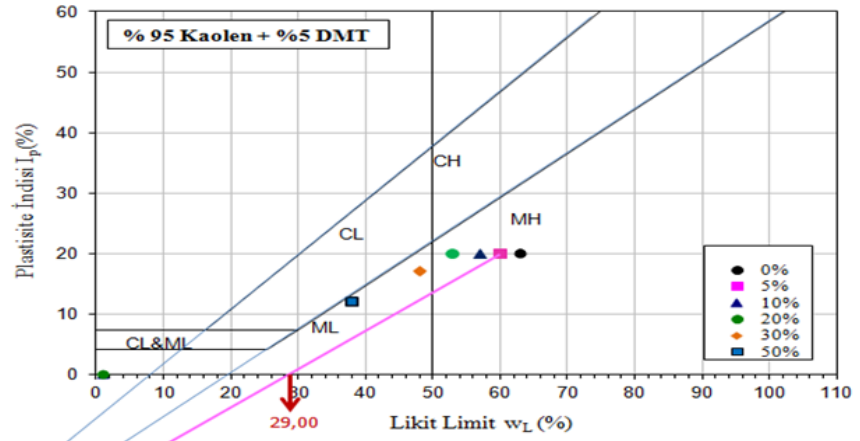
**RÖTRE LİMİTİ**





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

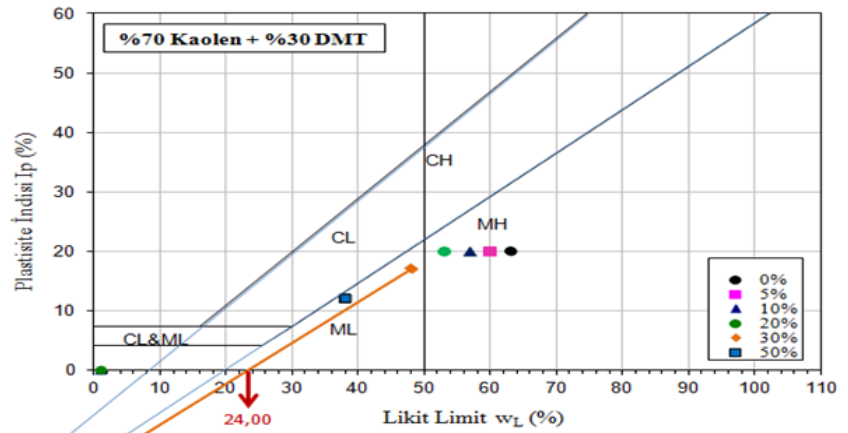
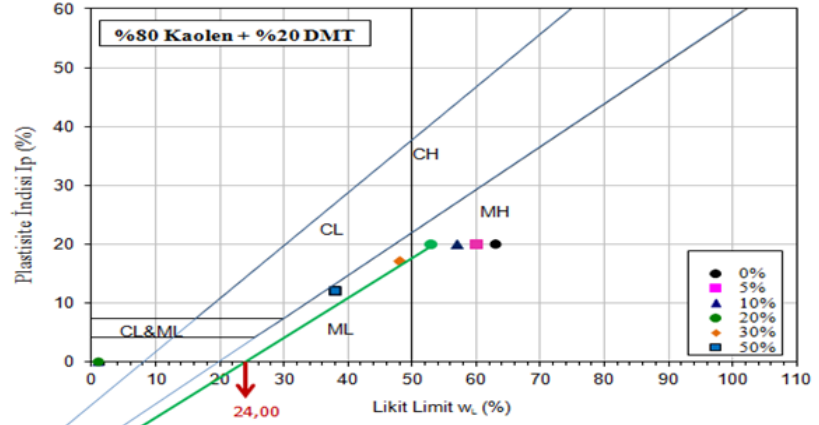
**RÖTRE LİMİTİ**





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

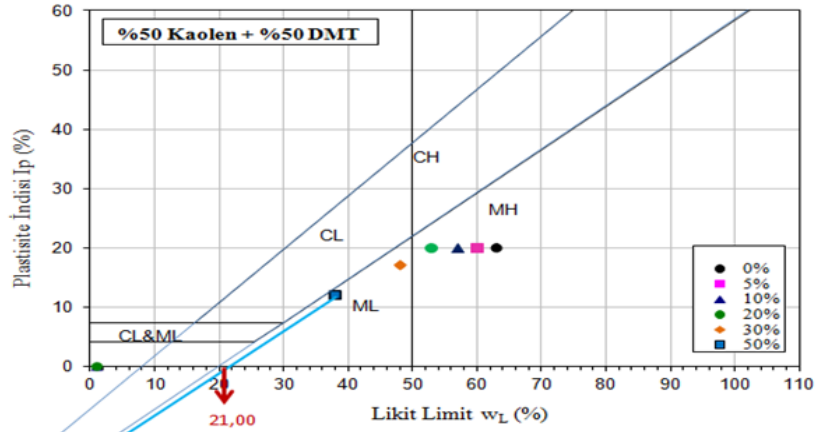
**RÖTRE LİMİTİ**



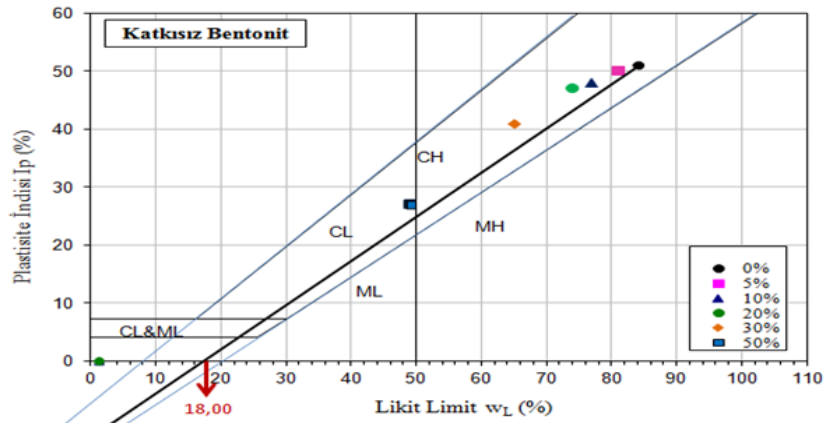


**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**RÖTRE LİMİTİ**



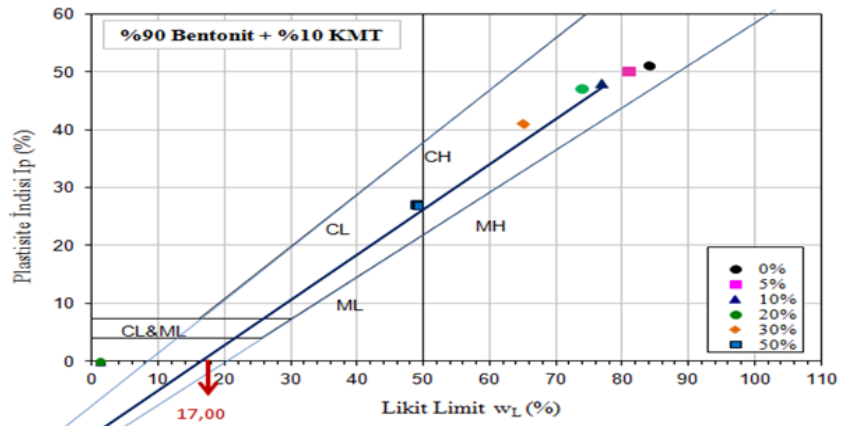
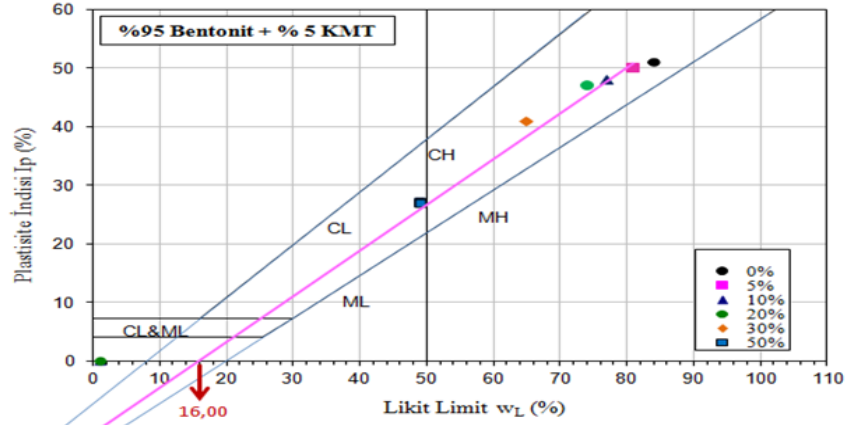
8





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

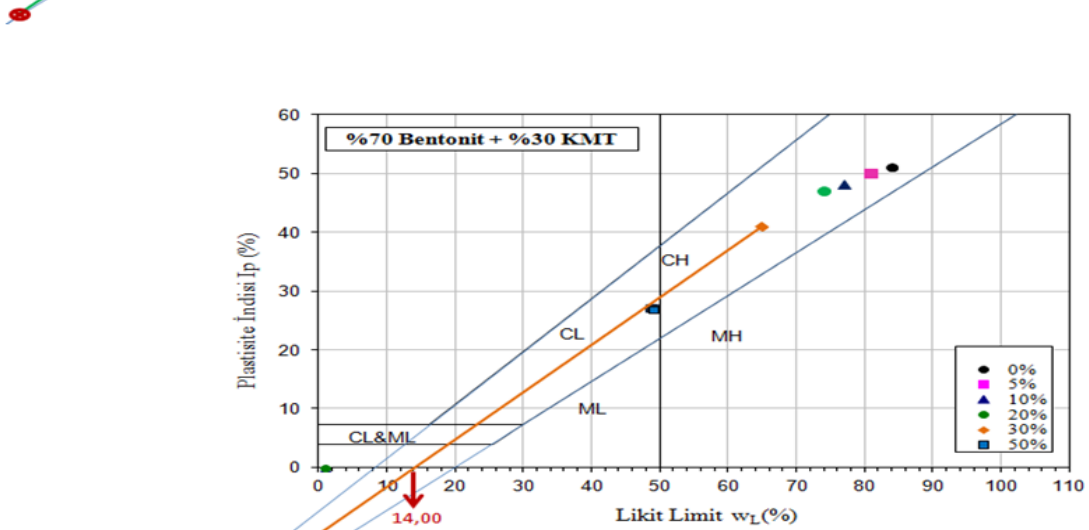
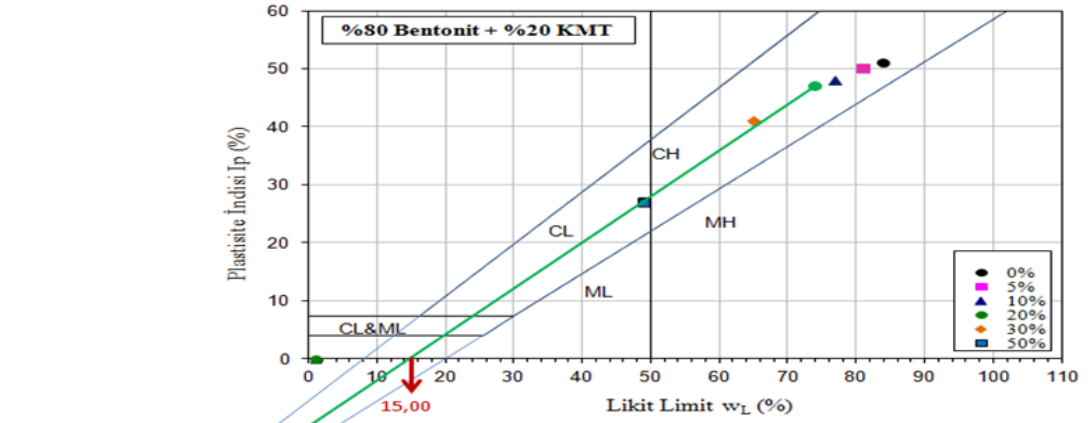
**RÖTRE LİMİTİ**





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

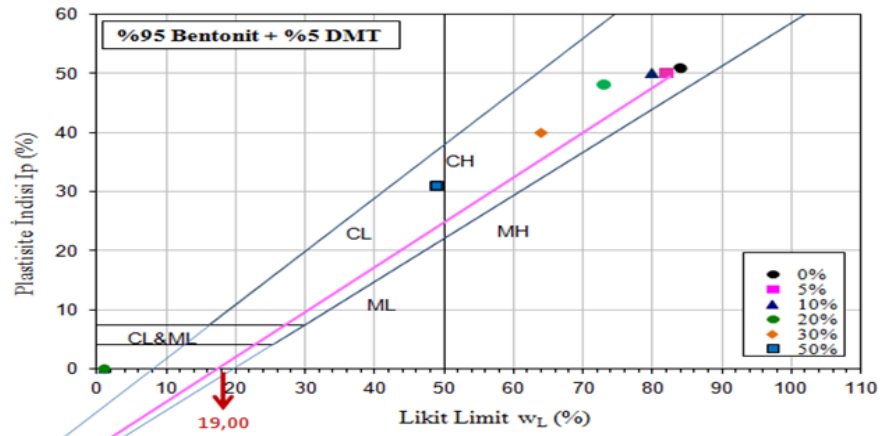
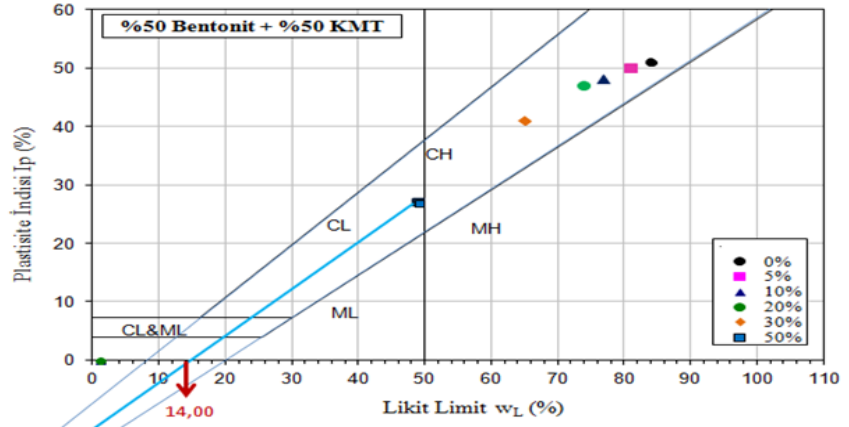
**RÖTRE LİMİTİ**





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

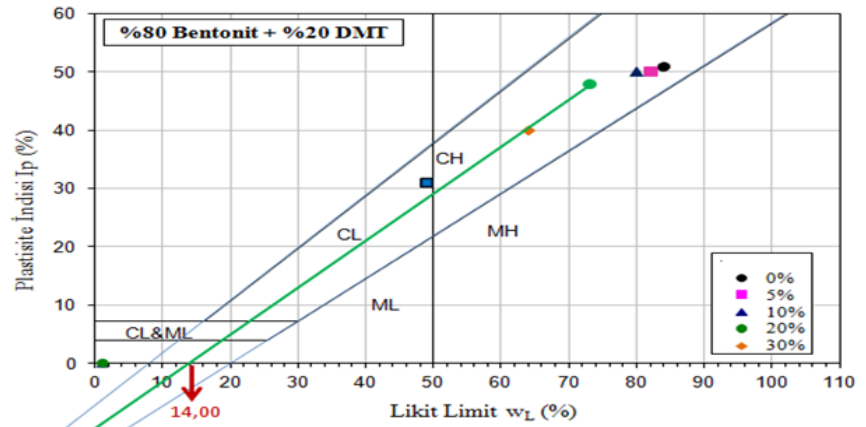
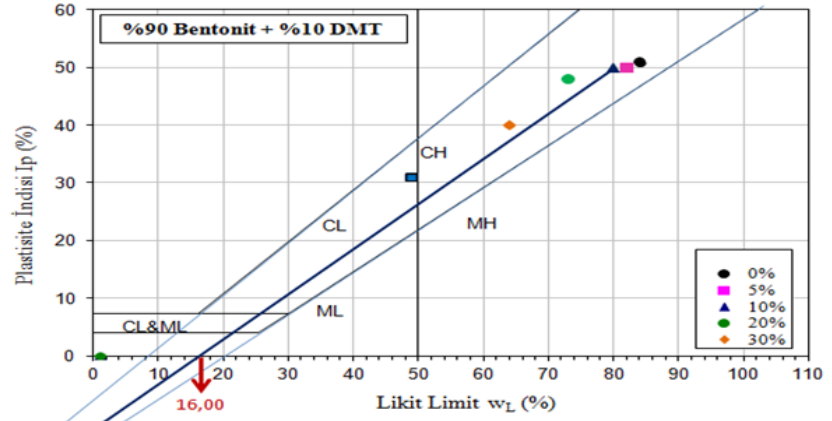
**RÖTRE LİMİTİ**





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

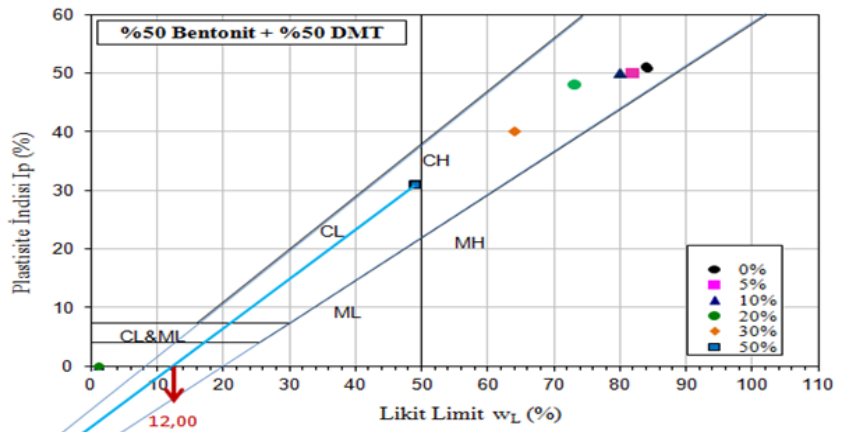
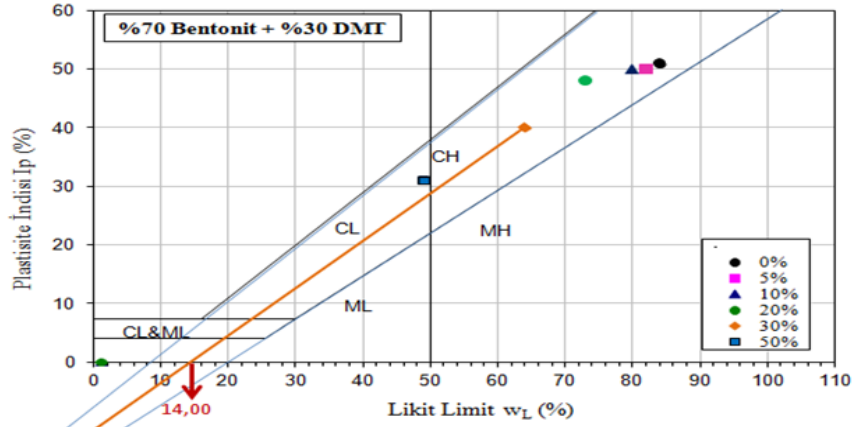
**RÖTRE LİMİTİ**





**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNIK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**RÖTRE LİMİTİ**





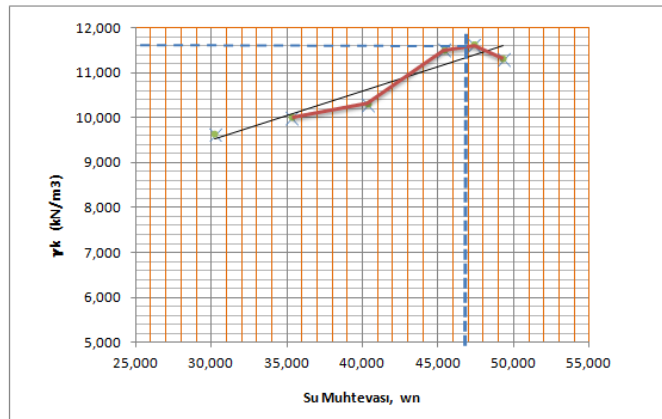
**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**STANDART PROKTOR DENEYİ**

Deneyi Yapan:	FEB 2017/11-YÜLTEP	Deney Tarihi:	25 Ekim 2017 Çarşamba
Numune Sınıfı:	KAOLEN	Deney No:	
Tokmağın Ağırlığı:	2,5 g	Tokmağın Düşme Yüksekliği:	30 cm
Moldun Çapı, d:	15,00 cm	Moldun Ağırlığı, $M_m$ :	2672,6 g
Moldun Yüksekliği, h:	11,50 cm	Kalıp Hacmi $cm^3$ :	2032,22 $cm^3$

Deney Sayısı	1			2			3		
Kap No	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Yaş Numune+Kap ( gr )	91,3	91,3	91,3	101,97	101,97	101,97	100,96	100,96	100,96
Kuru Numune+Kap ( gr )	81,49	81,49	81,49	83,75	83,75	83,75	80,86	80,86	80,86
Kap Ağırlığı ( gr )	48,99	48,99	48,99	32,09	32,09	32,09	30,96	30,96	30,96
Kuru Numune Ağırlığı ( gr )	32,5	32,5	32,5	51,66	51,66	51,66	49,9	49,9	49,9
Su İçeriği, w (%)	30,185	30,185	30,185	35,269	35,269	35,269	40,281	40,281	40,281
Ortalama Su İçeriği, w (%)	30,185			35,269			40,281		
Kalıp Ağırlığı ( gr )	2672,6			2672,6			2672,6		
Kalıp+Kompaksiyonlu zemin(g)	5223,3			5425			5610,3		
Islak b.h.a $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	12,551			13,544			14,456		
Kuru b.h.a $\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	9,641			10,012			10,305		

Deney Sayısı	4			5			6		
Kap No	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Yaş Numune+Kap ( gr )	135,64	135,64	135,64	113,73	113,73	113,73	134,22	134,22	134,22
Kuru Numune+Kap ( gr )	108,94	108,94	108,94	88,68	88,68	88,68	101,33	101,33	101,33
Kap Ağırlığı ( gr )	50,08	50,08	50,08	35,77	35,77	35,77	34,57	34,57	34,57
Kuru Numune Ağırlığı ( gr )	58,86	58,86	58,86	52,91	52,91	52,91	66,76	66,76	66,76
Su İçeriği, w (%)	45,362	45,362	45,362	47,345	47,345	47,345	49,266	49,266	49,266
Ortalama Su İçeriği, w (%)	45,362			47,345			49,266		
Kalıp Ağırlığı ( gr )	2672,6			2672,6			2672,6		
Kalıp+Kompaksiyonlu zemin(g)	6075,5			6154,3			6104		
Islak b.h.a $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	16,745			17,132			16,885		
Kuru b.h.a $\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	11,519			11,628			11,312		



$\gamma_{kmax}$ (kN/m <sup>3</sup> )	11,6
$w_{opt}$ (%)	:46,9



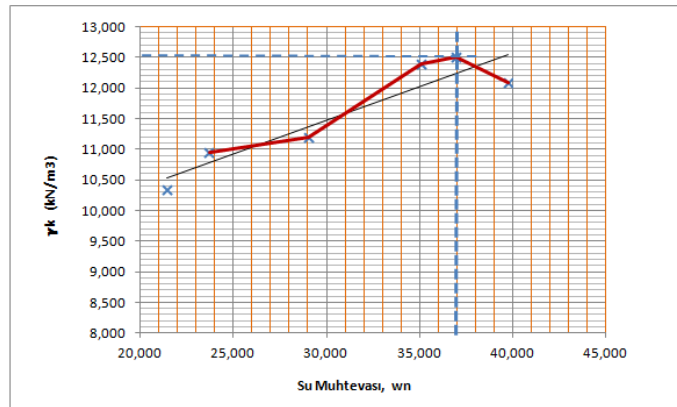
**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**STANDART PROKTOR DENEYİ**

Deneyi Yapan:	FEB 2017/11-YÜLTEP	Deney Tarihi:	26 Ekim 2017 Perşembe
Numune Sınıfı:	BENTONİT	Deney No:	
Tokmağın Ağırlığı:	2,5 g	Tokmağın Düşme Yüksekliği:	30 cm
Moldun Çapı, d:	15,00 cm	Moldun Ağırlığı, $M_m$ :	2672,6 g
Moldun Yüksekliği, h:	11,50 cm	Kalp Hacmi $cm^3$ :	2032,22 $cm^3$

Deney Sayısı	1			2			3		
	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Kap No									
Yaş Numune+Kap ( gr )	94,19	94,19	94,19	96,24	96,24	96,24	104,31	104,31	104,31
Kuru Numune+Kap ( gr )	84,26	84,26	84,26	84,24	84,24	84,24	88,67	88,67	88,67
Kap Ağırlığı ( gr )	37,91	37,91	37,91	33,63	33,63	33,63	34,84	34,84	34,84
Kuru Numune Ağırlığı ( gr )	46,35	46,35	46,35	50,61	50,61	50,61	53,83	53,83	53,83
Su İçeriği, w (%)	21,424	21,424	21,424	23,711	23,711	23,711	29,054	29,054	29,054
Ortalama Su İçeriği, w (%)	21,424			23,711			29,054		
Kalp Ağırlığı ( gr )	2672,6			2672,6			2672,6		
Kalp+Kompaksiyonlu zemin(g)	5223,3			5425			5610,3		
Islak b.h.a $\gamma_n$ ( $kN/m^3$ )	12,551			13,544			14,456		
Kuru b.h.a $\gamma_k$ ( $kN/m^3$ )	10,337			10,948			11,201		

Deney Sayısı	4			5			6		
	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Kap No									
Yaş Numune+Kap ( gr )	130,13	130,13	130,13	121,42	121,42	121,42	163,67	163,67	163,67
Kuru Numune+Kap ( gr )	105,87	105,87	105,87	100,31	100,31	100,31	132,52	132,52	132,52
Kap Ağırlığı ( gr )	36,77	36,77	36,77	43,2	43,2	43,2	54,14	54,14	54,14
Kuru Numune Ağırlığı ( gr )	69,1	69,1	69,1	57,11	57,11	57,11	78,38	78,38	78,38
Su İçeriği, w (%)	35,109	35,109	35,109	36,964	36,964	36,964	39,742	39,742	39,742
Ortalama Su İçeriği, w (%)	35,109			36,964			39,742		
Kalp Ağırlığı ( gr )	2672,6			2672,6			2672,6		
Kalp+Kompaksiyonlu zemin(g)	6075,5			6154,3			6104		
Islak b.h.a $\gamma_n$ ( $kN/m^3$ )	16,745			17,132			16,885		
Kuru b.h.a $\gamma_k$ ( $kN/m^3$ )	12,394			12,509			12,083		



$\gamma_{kmax}$ ( $kN/m^3$ )	12,5
$w_{opt}$ (%)	37



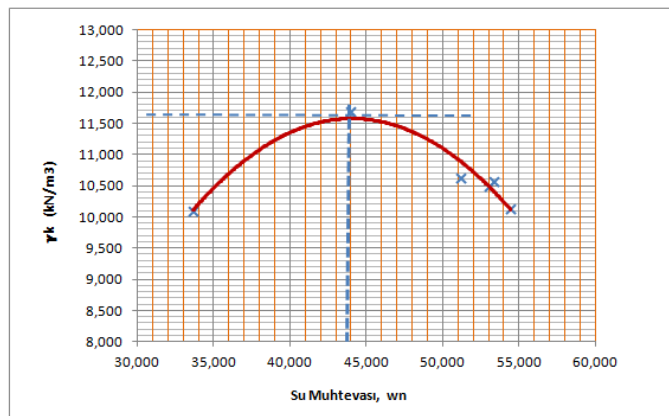
**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**STANDART PROKTOR DENEYİ**

Deneyi Yapan:	FEB 2017/11-YÜLTEP	Deney Tarihi:	26 Ekim 2017 Perşembe
Numune Sınıfı:	KAOLEN	Deney No:	
Tokmağın Ağırlığı:	2,5 g	Tokmağın Düşme Yüksekliği:	30 cm
Moldun Çapı, d:	10,10 cm	Moldun Ağırlığı, $M_m$ :	1734,4 g
Moldun Yüksekliği, h:	11,60 cm	Kalıp Hacmi $cm^3$ :	929,3 $cm^3$

Deney Sayısı	1			2			3		
Kap No	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Yaş Numune+Kap ( gr )	52,64	85,73	74,32	88,49	84,52	84,91	83,65	108,33	93,93
Kuru Numune+Kap ( gr )	48,07	76,79	64,6	76,46	68,46	69,56	65,56	86,86	74,26
Kap Ağırlığı ( gr )	34,56	50,03	35,75	48,97	32,07	34,74	30,93	43,01	36,66
Kuru Numune Ağırlığı ( gr )	13,51	26,76	28,85	27,49	36,39	34,82	34,63	43,85	37,6
Su İçeriği, w (%)	33,827	33,408	33,692	43,761	44,133	44,084	52,238	48,962	52,314
Ortalama Su İçeriği, w (%)	33,642			43,993			51,171		
Kalıp Ağırlığı ( gr )	1734,4			1734,4			1734,4		
Kalıp+Kompaksiyonlu zemin(g)	2986,4			3298,4			3225,2		
Islak b.h.a $\gamma_n$ ( $kN/m^3$ )	13,473			16,830			16,042		
Kuru b.h.a $\gamma_k$ ( $kN/m^3$ )	10,081			11,688			10,612		

Deney Sayısı	4			5			6		
Kap No	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Yaş Numune+Kap ( gr )	140,06	110,79	88,46	48,67	58,22	64,99	60,13	62,64	62,99
Kuru Numune+Kap ( gr )	110,27	85,17	69,39	37,1	49,16	53,76	47,1	52,46	47,6
Kap Ağırlığı ( gr )	54,1	37,78	33,43	15,27	32,06	32,68	23,07	33,81	19,39
Kuru Numune Ağırlığı ( gr )	56,17	47,39	35,96	21,83	17,1	21,08	24,03	18,65	28,21
Su İçeriği, w (%)	53,035	54,062	53,031	53,000	52,982	53,273	54,224	54,584	54,555
Ortalama Su İçeriği, w (%)	53,376			53,085			54,454		
Kalıp Ağırlığı ( gr )	1734,4			1734,4			1734,4		
Kalıp+Kompaksiyonlu zemin(g)	3239,1			3226,9			3188,8		
Islak b.h.a $\gamma_n$ ( $kN/m^3$ )	16,192			16,060			15,650		
Kuru b.h.a $\gamma_k$ ( $kN/m^3$ )	10,557			10,491			10,133		



$\gamma_{kmax}$ ( $kN/m^3$ )	: 11,59
$w_{opt}$ (%)	: 44,1



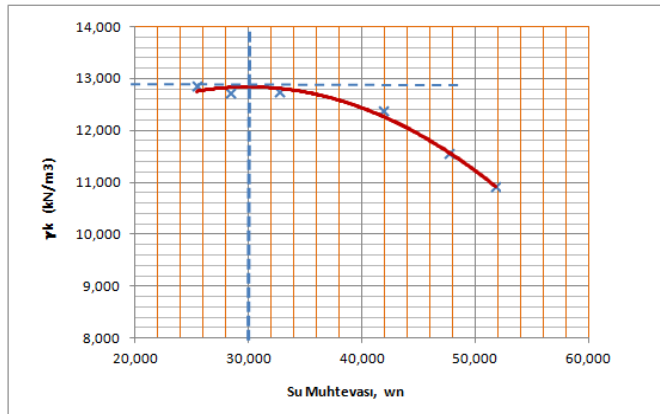
**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

**STANDART PROKTOR DENEYİ**

Deneyi Yapan:	FEB 2017/11-YÜLTEP	Deney Tarihi:	08 Kasım 2017 Çarşamba
Numune Sınıfı:	BENTONİT	Deney No:	
Tokmağın Ağırlığı:	2,5 g	Tokmağın Düşme Yüksekliği:	30 cm
Moldun Çapı, d:	10,10 cm	Moldun Ağırlığı, $M_m$ :	1734,4 g
Moldun Yüksekliği, h:	11,60 cm	Kalıp Hacmi $cm^3$ :	929,3 $cm^3$

Deney Sayısı	1			2			3		
Kap No	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Yaş Numune+Kap ( gr )	38,17	42,09	39,2	44,18	45,83	41,45	45,2	47,65	40,47
Kuru Numune+Kap ( gr )	34,7	37,38	34,95	39,17	39	37,41	38,86	40,34	35,27
Kap Ağırlığı ( gr )	21,17	18,5	18,4	21,76	14,88	22,98	19,2	18,52	19,27
Kuru Numune Ağırlığı ( gr )	13,53	18,88	16,55	17,41	24,12	14,43	19,66	21,82	16
Su İçeriği, w (%)	25,647	24,947	25,680	28,777	28,317	27,997	32,248	33,501	32,500
Ortalama Su İçeriği, w (%)	25,425			28,364			32,750		
Kalıp Ağırlığı ( gr )	1734,4			1734,4			1734,4		
Kalıp+Kompaksiyonlu zemin(g)	3233,3			3251,2			3306,9		
Islak b.h.a $\gamma_n$ ( $kN/m^3$ )	16,129			16,322			16,921		
Kuru b.h.a $\gamma_k$ ( $kN/m^3$ )	12,860			12,715			12,747		

Deney Sayısı	4			5			6		
Kap No	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_1$	$M_2$	$M_3$
Yaş Numune+Kap ( gr )	57,45	49,92	49,36	28,2	29,96	27,87	76,42	58,03	80,08
Kuru Numune+Kap ( gr )	49,94	42,24	40,77	22,81	23,55	21,91	63,5	48,95	66,25
Kap Ağırlığı ( gr )	32,19	24	19,95	11,44	10,08	9,49	38,18	31,48	39,77
Kuru Numune Ağırlığı ( gr )	17,75	18,24	20,82	11,37	13,47	12,42	25,32	17,47	26,48
Su İçeriği, w (%)	42,310	42,105	41,258	47,405	47,587	47,987	51,027	51,975	52,228
Ortalama Su İçeriği, w (%)	41,891			47,660			51,743		
Kalıp Ağırlığı ( gr )	1734,4			1734,4			1734,4		
Kalıp+Kompaksiyonlu zemin(g)	3367,1			3320,1			3272,5		
Islak b.h.a $\gamma_n$ ( $kN/m^3$ )	17,569			17,063			16,551		
Kuru b.h.a $\gamma_k$ ( $kN/m^3$ )	12,382			11,556			10,907		



$\gamma_{kmax}$ ( $kN/m^3$ )	12,87
$w_{opt}$ (%)	30

## Ek-B Kaolen ve Bentonitin Anlık CBR Deneyi Sonuçları

Ek-B1

NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ	
<b>CBR DENEYİ</b>	
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 27 Mart 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b> KATKISIZ KAOLEN	<b>Deney No:</b>
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tokmağın Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305

Su içeriği			
<b>Kap No</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	25,91	37,1	48,88
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	23,69	31,75	41,39
Kap Ağırlığı (gr)	18,44	18,91	22,99
Su içeriği (%)	42,3	41,7	40,7
Ortalama Su içeriği (%)	41,6		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11435,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,511
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,067

Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		8,87	16,49
CBR	2,54/5,08	12,6	15,6
	Max.	15,6	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

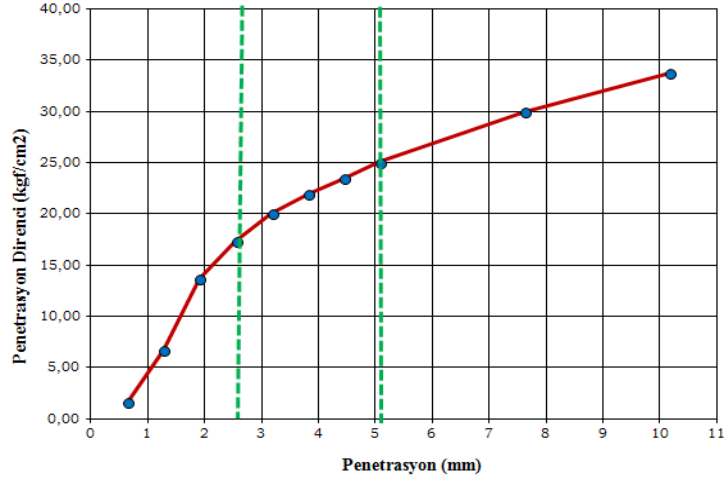
**CBR DENEYİ**

<b>Deneği Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deneği Tarihi:</b>	26 Mart 2018 Pazartesi
<b>Numune Sınıfı:</b>	%95 Kaolen+ %5 KMT	<b>Deneği No:</b>	
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tokmağın Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Tabaka Sayısı :</b>	3
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
<b>Kap No</b>	58	59	60
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	59,19	64,27	61,17
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	57	60,35	58,37
Kap Ağırlığı (gr)	51,2	50,05	51,28
Su içeriği (%)	37,8	38,1	39,5
Ortalama Su içeriği (%)	38,4		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11384
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,489
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,075



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		17,32	25,07
CBR	2,54/5,08	24,6	23,7
	Max.	24,6	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

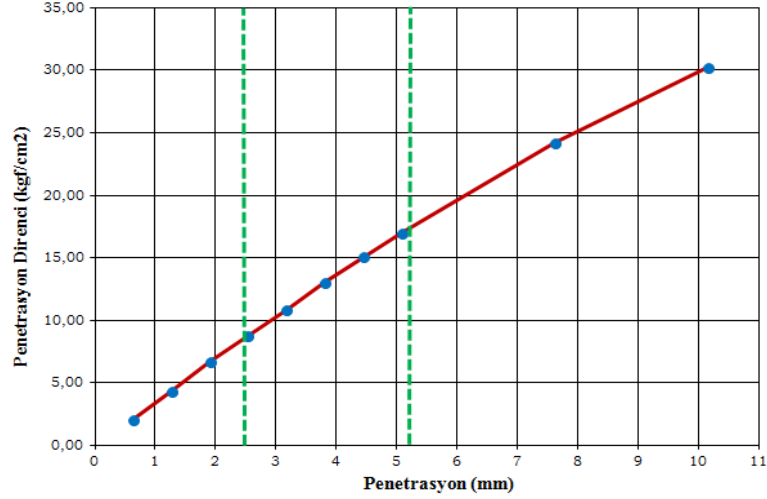
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 04 Nisan 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b> %90 Kaolen+ %10 KMT	<b>Deney No:</b>
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tokmağın Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Tabaka Sayısı :</b> 3
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	1	2	3
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	36,19	29,84	36,93
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	31,43	26,83	33,15
Kap Ağırlığı (gr)	18,44	18,91	22,99
Su içeriği (%)	36,6	38,0	37,2
Ortalama Su İçeriği (%)	37,3		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11552
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,562
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,137



Deney No		2	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		kgf/cm <sup>2</sup>	
Düz.Yük		70,4	105,6
CBR		8,81	17
2,54/5,08		%	
Max.		12,5	16,1
		16,1	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

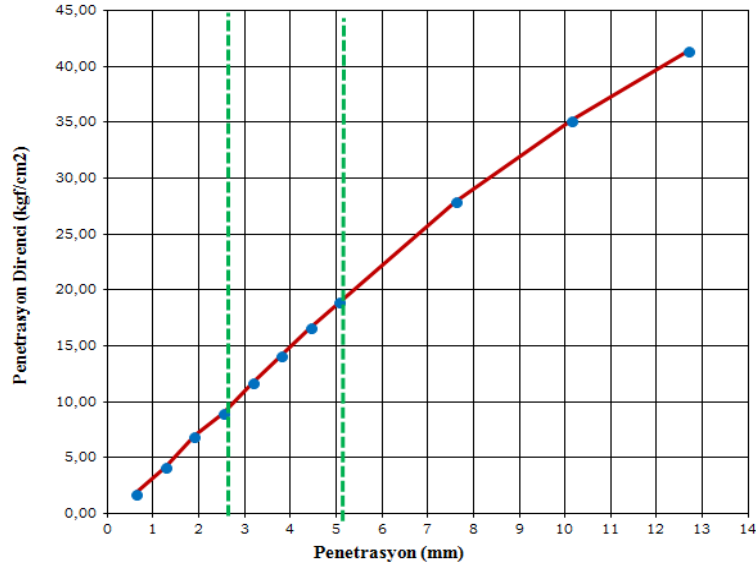
**CBR DENEYİ**

<b>Deney Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	04 Nisan 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%80 Kaolen+ %20 KMT	<b>Deney No:</b>	
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tokmağın Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Tabaka Sayısı :</b>	3
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
<b>Kap No</b>	47	28	29
<b>Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)</b>	97,96	20,67	19,91
<b>Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)</b>	94,51	18,22	17,2
<b>Kap Ağırlığı (gr)</b>	84,36	10,98	9,04
<b>Su içeriği (%)</b>	34,0	33,8	33,2
<b>Ortalama Su içeriği (%)</b>	33,7		

TARTILAR / WEIGHTS	
<b>Kalıp + Numune (gr)</b>	11564,5
<b>Kalıp (gr)</b>	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
<b>Yaş Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,567
<b>Kuru Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,172



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		8,97	19
CBR	2,54/5,08	12,7	18,0
	Max.	18,0	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

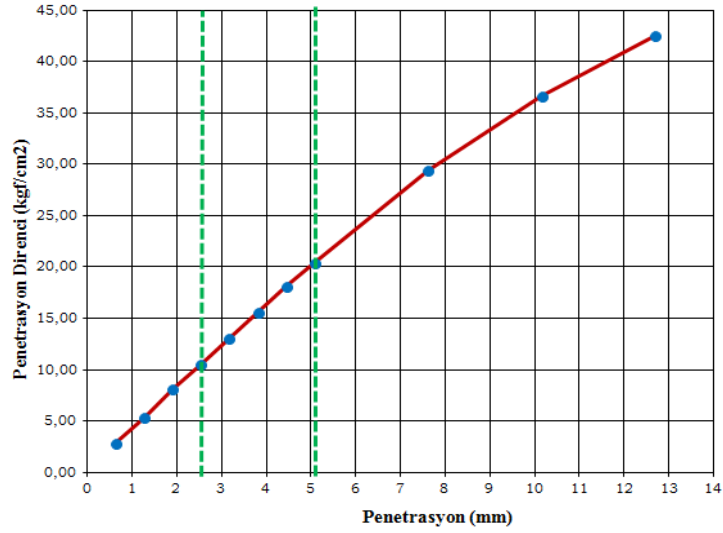
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 04 Nisan 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b> %70 Kaolen+ %30 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305

Su içeriği			
Kap No	30	31	33
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	19,73	18,62	33,5
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	17,4	16,25	30,38
Kap Ağırlığı (gr)	9,7	8,27	19,96
Su içeriği (%)	30,3	29,7	29,9
Ortalama Su İçeriği (%)	30,0		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11539,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,556
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,197



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		10,56	20,41
CBR	2,54/5,08	15,0	19,3
	Max.	19,3	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

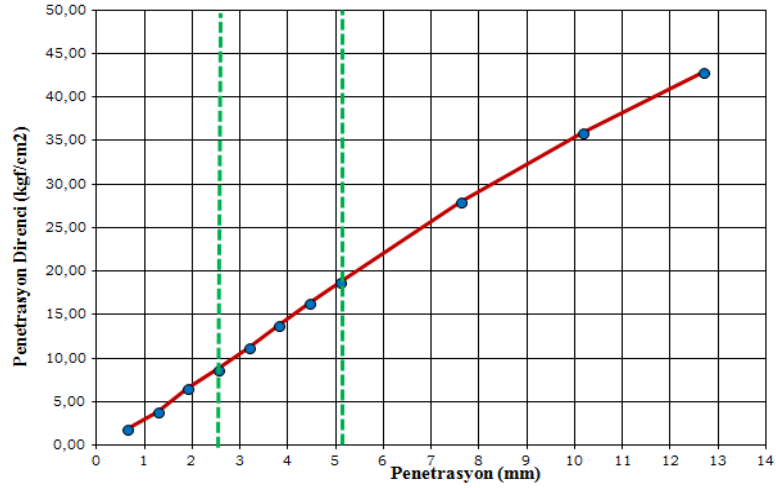
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	04 Nisan 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Kaolen+ %50 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
<b>Kap No</b>	21	22	23
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	67,24	56,37	68,44
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	61,17	52,01	64,82
Kap Ağırlığı (gr)	36,7	34,76	50,04
Su içeriği (%)	24,8	25,3	24,5
Ortalama Su içeriği (%)	24,9		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11692
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,622
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,299



Deney No		2	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		kgf/cm <sup>2</sup>	
Düz.Yük		70,4	105,6
CBR		8,78	18,76
2,54/5,08		12,5	17,8
Max.		17,8	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

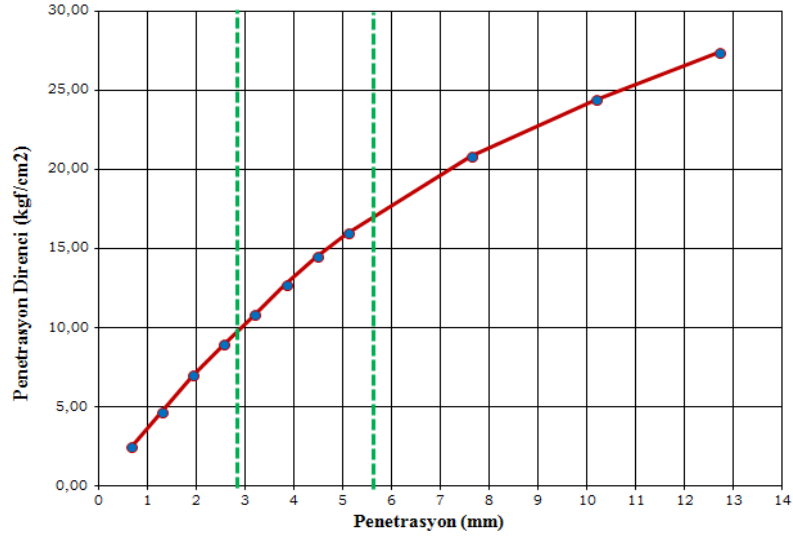
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 06 Nisan 2018 Cuma
<b>Numune Sınıfı:</b> %95 Kaolen+ %5 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305

Su İçeriği			
Kap No	BF1	BF2	BF4
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	74,53	69,12	67,54
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	71,03	66,52	64,73
Kap Ağırlığı (gr)	61,85	59,69	57,36
Su içeriği (%)	38,1	38,1	38,1
Ortalama Su İçeriği (%)	38,1		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11319
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,461
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,058



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		8,90	15,92
CBR	2,54/5,08	%	12,6
	Max.		15,1



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

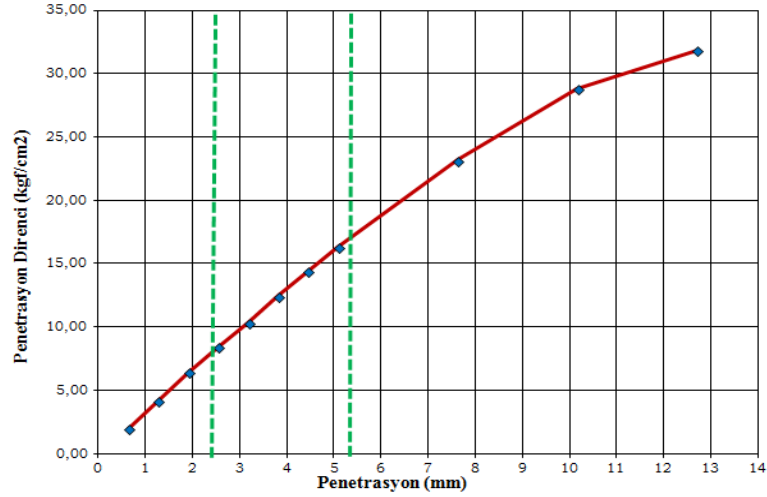
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	05 Nisan 2018 Perşembe
<b>Numune Sınıfı:</b>	%90 Kaolen+ %10 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	59	60	61
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	62,91	65,89	68,35
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	59,53	61,97	63,59
Kap Ağırlığı (gr)	50,04	51,28	50,56
Su içeriği (%)	35,6	36,7	36,5
Ortalama Su İçeriği (%)	36,3		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11545,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,559
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,144



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		8,44	16,31
CBR	2,54/5,08	12,0	15,4
	Max.	%	
		15,4	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

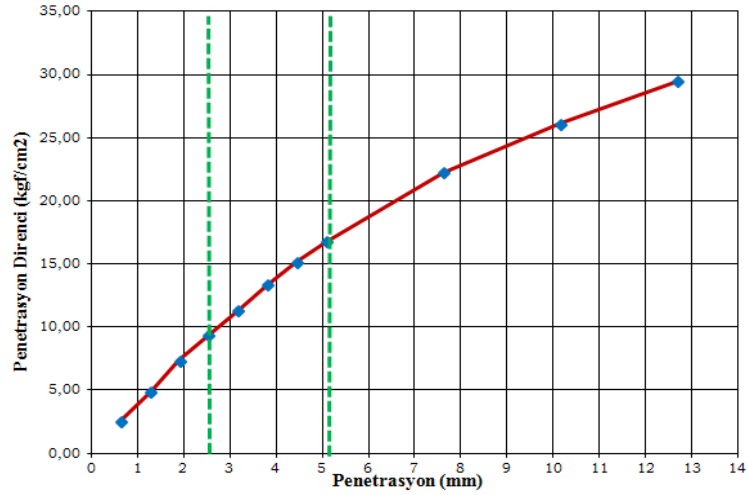
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	05 Nisan 2018 Perşembe
<b>Numune Sınıfı:</b>	%80 Kaolen+ %20 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	SF8	SF9	SF10
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	67,57	61,7	77,08
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	66,43	59,91	75,52
Kap Ağırlığı (gr)	62,92	54,4	70,78
Su içeriği (%)	32,5	32,5	32,9
Ortalama Su İçeriği (%)	32,6		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11389
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,491
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,124



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
		Düz.Yük	9,38
CBR	2,54/5,08	13,3	15,9
	Max.	15,9	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

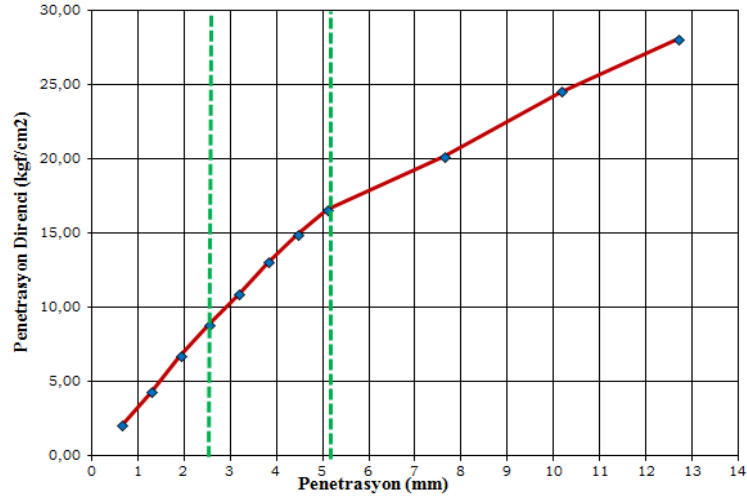
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	06 Nisan 2018 Cuma
<b>Numune Sınıfı:</b>	%70 Kaolen+ %30DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	1	2	3
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	28,98	26,27	32,52
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	26,6	25	30,38
Kap Ağırlığı (gr)	18,44	18,91	22,99
Su içeriği (%)	29,2	20,9	29,0
Ortalama Su İçeriği (%)	26,3		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11398,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,495
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,183



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		8,82	16,54
CBR	2,54/5,08	12,5	15,7
	Max.	15,7	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

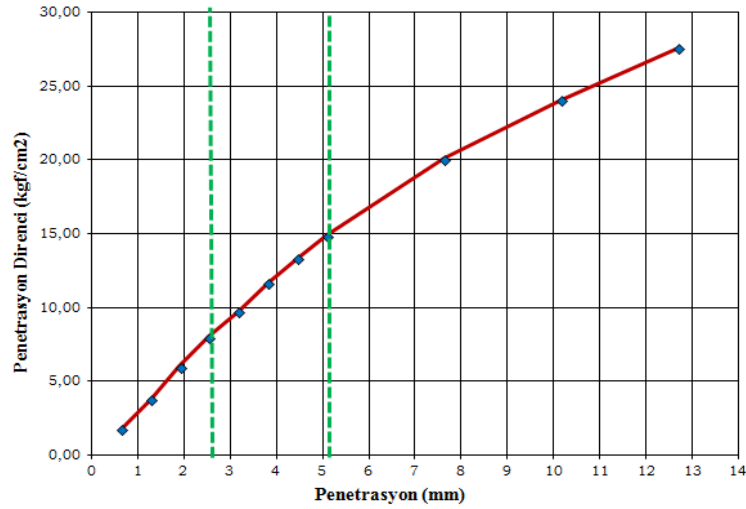
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	09 Nisan 2018 Pazartesi
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Kaolen+ %50 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	48	49	50
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	96,34	98,95	99,48
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	93,49	95,68	96,13
Kap Ağırlığı (gr)	82,45	83,14	83
Su içeriği (%)	25,8	26,1	25,5
Ortalama Su içeriği (%)	25,8		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11650
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,604
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,275



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		8,01	14,9
CBR	2,54/5,08	11,4	14,1
	Max.	14,1	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

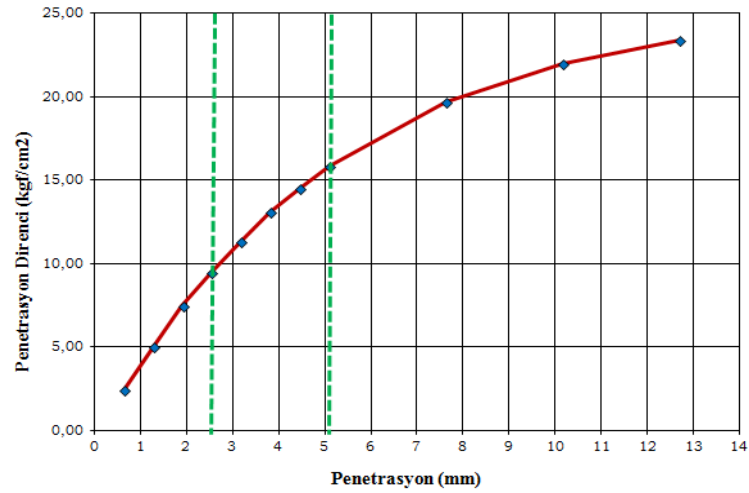
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	09 Nisan 2018 Pazartesi
<b>Numune Sınıfı:</b>	Katsız Bentonit	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305

Su içeriği			
Kap No	4	5	6
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	38,4	28,31	30,7
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	33,82	26	27,81
Kap Ağırlığı (gr)	19,29	18,42	18,54
Su içeriği (%)	31,5	30,5	31,2
Ortalama Su içeriği (%)	31,1		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11590,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,578
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,204



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		9,44	15,85
CBR	2,54/5,08	13,4	15,0
	Max.	15,0	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

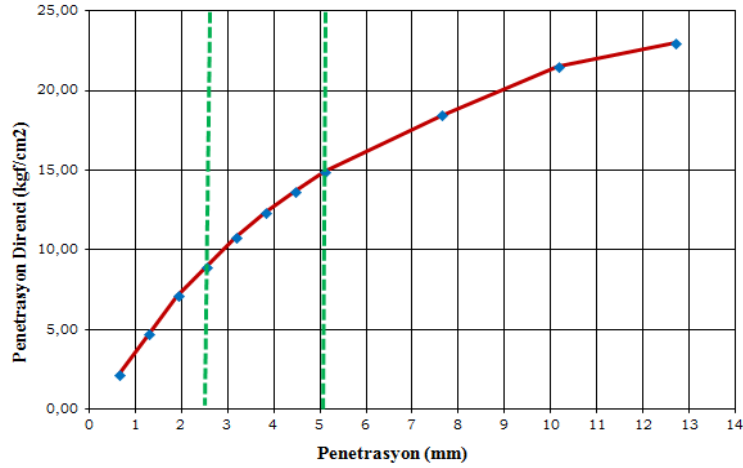
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	09 Nisan 2018 Pazartesi
<b>Numune Sınıfı:</b>	%95 Bentonit + %5 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305

Su içeriği			
Kap No	46	47	12
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	94,86	104,68	46,85
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	92,01	99,91	43,43
Kap Ağırlığı (gr)	82,72	84,37	32,06
Su içeriği (%)	30,7	30,7	30,1
Ortalama Su içeriği (%)	30,5		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11584
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,575
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,207



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		8,95	14,89
CBR	2,54/5,08	%	12,7
	Max.		14,1



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

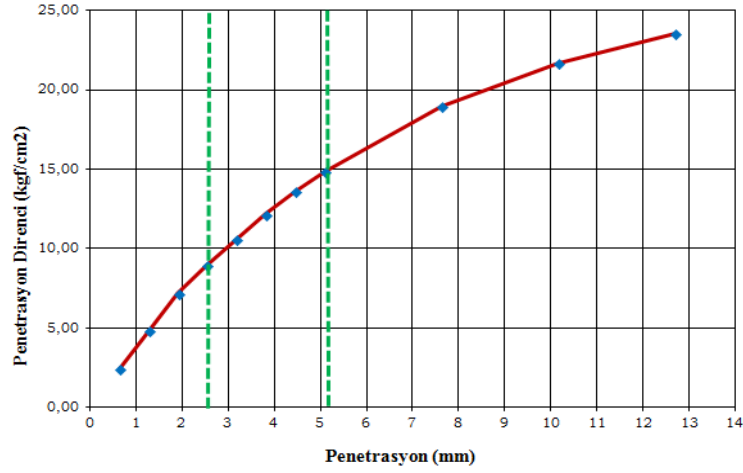
**CBR DENEYİ**

<b>Deney Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	09 Nisan 2018 Pazartesi
<b>Numune Sınıfı:</b>	%90 Bentonit + %10 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	SF11	SF12	51
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	67,07	76,68	100,47
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	64,16	73,4	97,07
Kap Ağırlığı (gr)	53,9	62,11	85,3
Su içeriği (%)	28,4	29,1	28,9
Ortalama Su içeriği (%)	28,8		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11532,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,553
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,206



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		8,93	14,85
CBR	2,54/5,08	12,7	14,1
	Max.	14,1	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

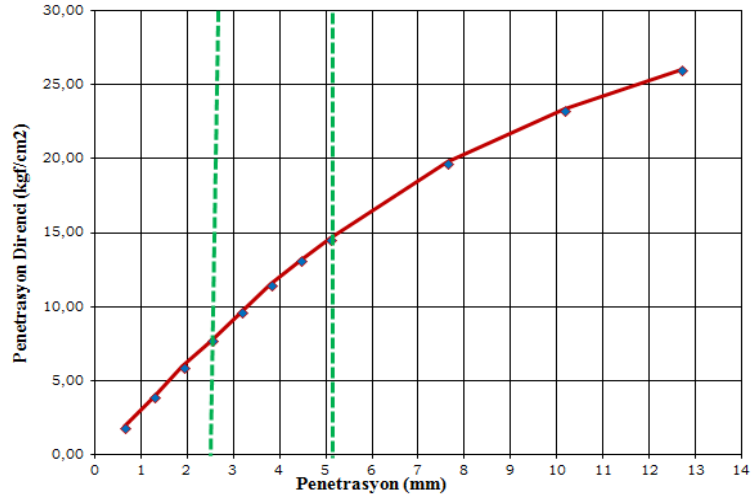
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	09 Nisan 2018 Pazartesi
<b>Numune Sınıfı:</b>	%80 Bentonit + %20 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	7	11	13
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	36,97	28,54	46,63
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	33,87	25,88	43,68
Kap Ağırlığı (gr)	21,75	15,28	32,01
Su içeriği (%)	25,6	25,1	25,3
Ortalama Su içeriği (%)	25,3		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11559
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,565
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,249



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		7,75	14,62
CBR	2,54/5,08	11,0	13,8
	Max.	13,8	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

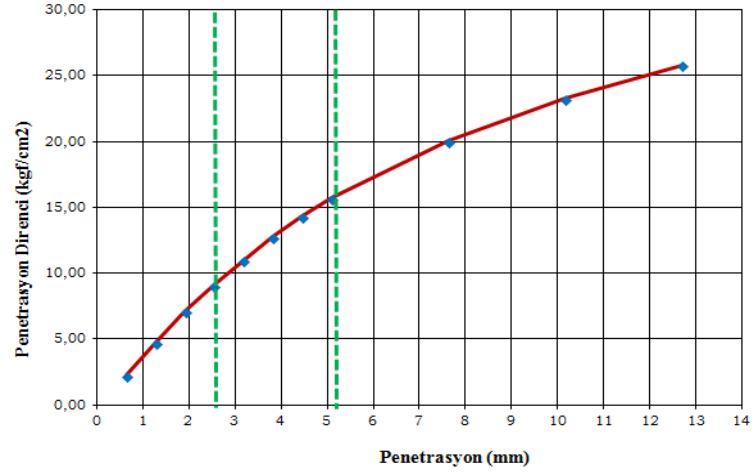
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	09 Nisan 2018 Pazartesi
<b>Numune Sınıfı:</b>	%70 Bentonit + %30 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>


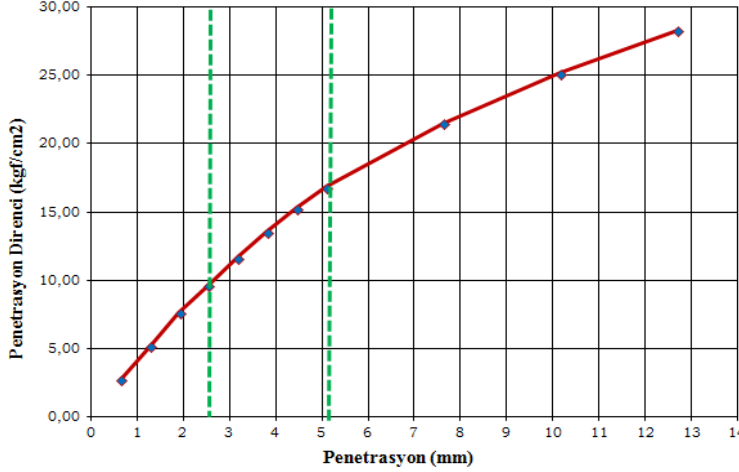
Su içeriği			
Kap No	*	16	17
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	26,27	49,79	79,74
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	24,26	46,46	73,36
Kap Ağırlığı (gr)	16,35	33,43	48,98
Su içeriği (%)	25,4	25,6	26,2
Ortalama Su içeriği (%)	25,7		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11644,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,602
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,274



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		9,06	15,7
CBR	%	12,9	14,9
		Max. 14,9	

		<b>NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>	
<b>CBR DENEYİ</b>			
<b>Deney Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %50 Bentonit + %50 KMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 01 Mayıs 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305	
<b>Su içeriği</b>			
Kap No	21	22	23
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	50,3	59,01	65,16
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	48,04	54,97	62,7
Kap Ağırlığı (gr)	36,7	34,79	50,05
Su içeriği (%)	19,9	20,0	19,4
Ortalama Su İçeriği (%)	19,8		
<b>TARTILAR / WEIGHTS</b>			
Kalıp + Numune (gr)	11731,5		
Kalıp (gr)	7952,5		
<b>BİRİM AĞIRLIKLAR</b>			
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,639		
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,369		
			
Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		9,63	16,85
CBR	2,54/5,08	13,7	16,0
	Max.	16,0	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

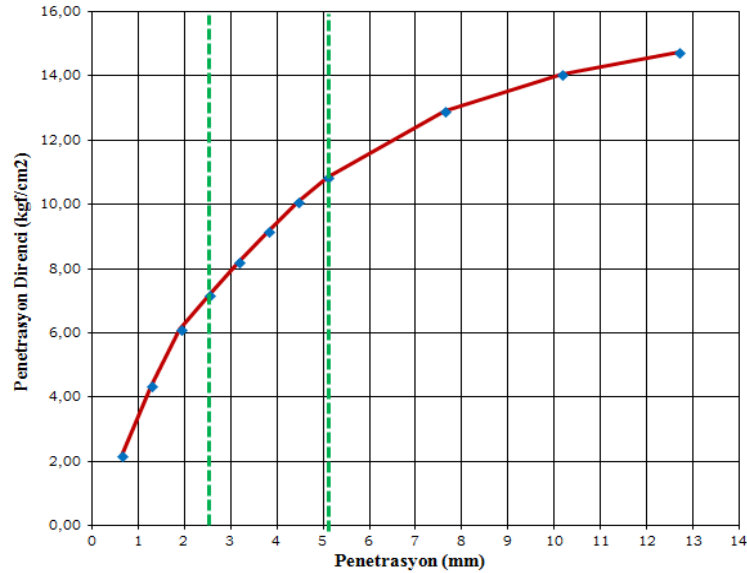
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	14 Nisan 2018 Cumartesi
<b>Numune Sınıfı:</b>	%95 Bentonit + %5 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su İçeriği			
Kap No	18	19	20
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	50,58	47,94	48,19
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	46,18	44,99	44,87
Kap Ağırlığı (gr)	32,1	35,79	34,58
Su içeriği (%)	31,3	32,1	32,3
Ortalama Su İçeriği (%)	31,9		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11733
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,640
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,244



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		7,20	10,83
CBR	2,54/5,08	10,23	10,26
	Max.	10,3	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

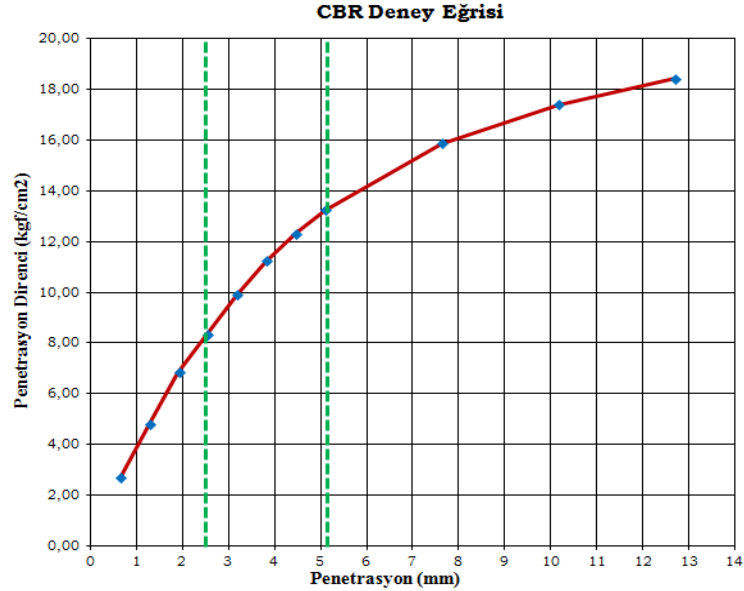
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	10 Nisan 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b>	%90Bentonit + %10 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>


Su İçeriği			
Kap No	1	2	3
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	40,15	33,03	47,16
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	35,29	29,77	41,73
Kap Ağırlığı (gr)	18,45	18,92	22,99
Su içeriği (%)	28,9	30,0	29,0
Ortalama Su İçeriği (%)	29,3		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11701,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	#SAYI/0!
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	#SAYI/0!



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		8,35	13,24
CBR	%	2,54/5,08	11,9
		Max.	12,5

 <b>NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>	
CBR DENEYİ	
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 10 Nisan 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b> %80 Bentonit + %20 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305

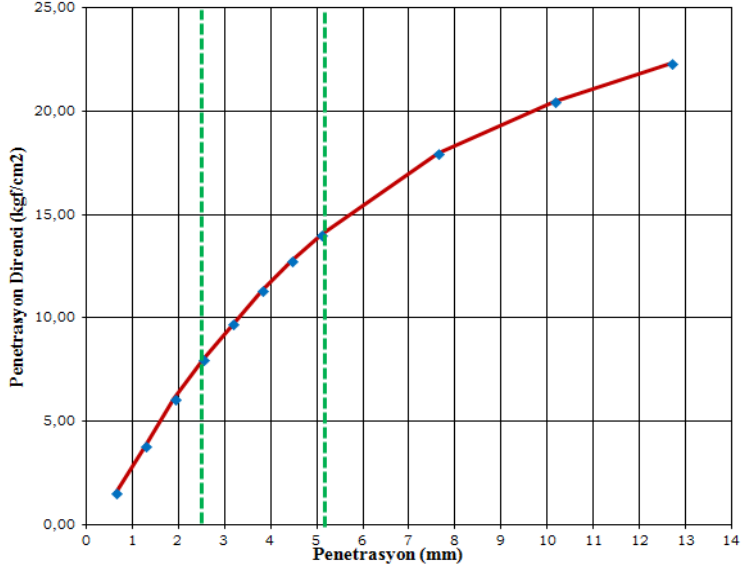
Su içeriği			
Kap No	8	9	10
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	31,88	43,22	32,29
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	28,45	39,19	30,06
Kap Ağırlığı (gr)	14,88	23,09	21,15
Su içeriği (%)	25,3	25,0	25,0
Ortalama Su İçeriği (%)	25,1		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11651,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,605
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,283

Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		7,99	14,01
CBR	2,54/5,08	11,3	13,3
	Max.	13,3	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

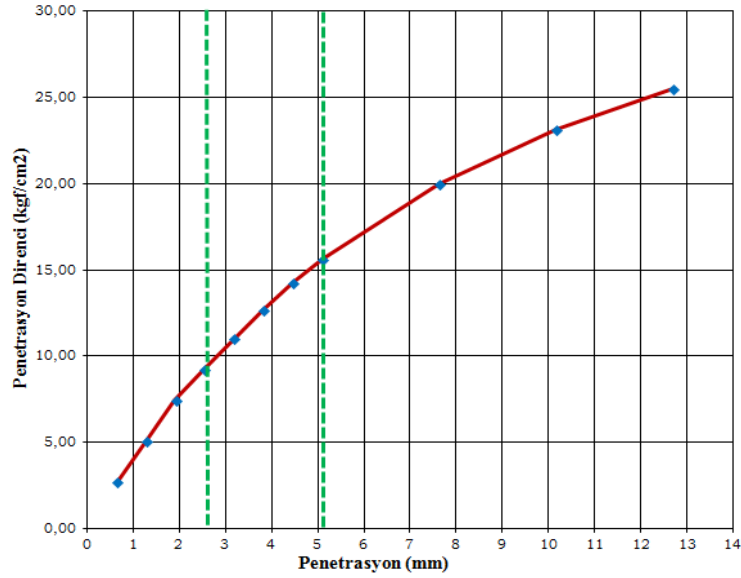
**CBR DENEYİ**

<b>Deney Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 11 Nisan 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b> %70 Bentonit + %30 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı:</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305

Su içeriği			
Kap No	62	63	64
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	64,87	63,95	67,62
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	62,15	61,27	64,11
Kap Ağırlığı (gr)	51,64	50,43	50,56
Su içeriği (%)	25,9	24,7	25,9
Ortalama Su içeriği (%)	25,5		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11714
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,632
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,300



Deney No		1		
Penetrasyon		2,54	5,08	
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6	
Düz.Yük		9,26	15,59	
CBR	2,54/5,08	%	13,2	14,8
	Max.		14,8	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

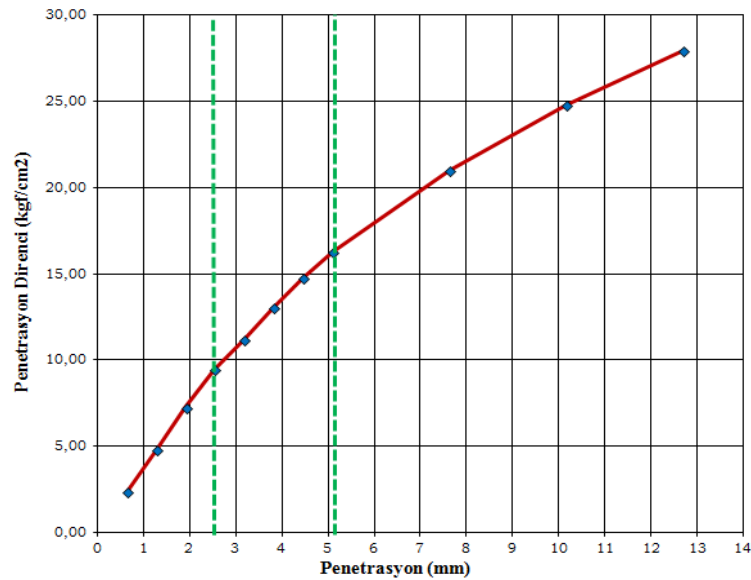
**CBR DENEYİ**

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 10 Nisan 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b> %50 Bentonit + %50 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı:</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305

Su içeriği			
Kap No	BF5	SF6	SF7
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	79,18	72,73	63,38
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	75,7	70,85	61,48
Kap Ağırlığı (gr)	57,32	61,07	51,76
Su içeriği (%)	18,9	19,2	19,5
Ortalama Su İçeriği (%)	19,2		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11870,5
Kalıp (gr)	7952,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,700
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,426



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		9,49	16,25
CBR	2,54/5,08	13,5	15,4
	Max.	15,4	

## Ek-C Kaolen ve Bentonitin 7 Günlük CBR Deneyi Sonuçları

Ek-C1

7 GÜN		CBR DENEYİ	
<b>Deney Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP		<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı	
<b>Numune Sınıfı:</b> Katkısız Kaolen		<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30	cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5	kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3	
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152	mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56	
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127	mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305	cm <sup>3</sup>

Su İçeriği			
Kap No	1	2	3
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	29,87	40,77	38,09
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	27,07	35,22	34,28
Kap Ağırlığı (gr)	18,46	18,94	22,98
Su içeriği (%)	32,5	34,1	33,7
Ortalama Su İçeriği (%)	33,4		


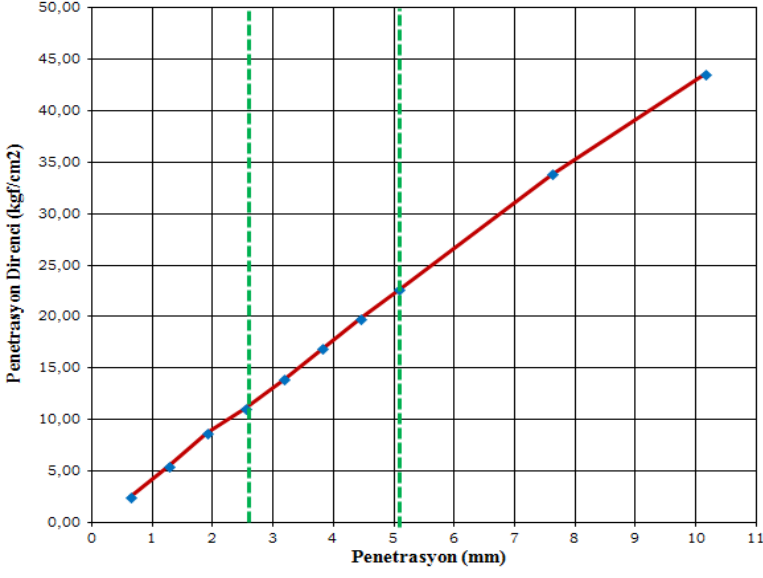
TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	9977
Kalıp (gr)	6748

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,401
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,050

Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		9,65	20,91
CBR	2,54/5,08	13,7	19,8
	Max.	19,8	

		<b>NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>																													
7 GÜN		CBR DENEYİ																													
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %95 Kaolen +%5 KMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Su İçeriği</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kap No</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>32,81</td> <td>33,95</td> <td>31,63</td> </tr> <tr> <td>Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>29,85</td> <td>30,59</td> <td>28,77</td> </tr> <tr> <td>Kap Ağırlığı (gr)</td> <td>19,29</td> <td>18,42</td> <td>18,54</td> </tr> <tr> <td>Su içeriği (%)</td> <td>28,0</td> <td>27,6</td> <td>28,0</td> </tr> <tr> <td>Ortalama Su İçeriği (%)</td> <td colspan="3">27,9</td> </tr> </tbody> </table>				Su İçeriği				Kap No	4	5	6	Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	32,81	33,95	31,63	Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	29,85	30,59	28,77	Kap Ağırlığı (gr)	19,29	18,42	18,54	Su içeriği (%)	28,0	27,6	28,0	Ortalama Su İçeriği (%)	27,9		
Su İçeriği																															
Kap No	4	5	6																												
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	32,81	33,95	31,63																												
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	29,85	30,59	28,77																												
Kap Ağırlığı (gr)	19,29	18,42	18,54																												
Su içeriği (%)	28,0	27,6	28,0																												
Ortalama Su İçeriği (%)	27,9																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TARTILAR / WEIGHTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kalıp + Numune (gr)</td> <td>10954</td> </tr> <tr> <td>Kalıp (gr)</td> <td>7627,5</td> </tr> </tbody> </table>				TARTILAR / WEIGHTS		Kalıp + Numune (gr)	10954	Kalıp (gr)	7627,5																						
TARTILAR / WEIGHTS																															
Kalıp + Numune (gr)	10954																														
Kalıp (gr)	7627,5																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">BİRİM AĞIRLIKLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yaş Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,443</td> </tr> <tr> <td>Kuru Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,129</td> </tr> </tbody> </table>				BİRİM AĞIRLIKLAR		Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,443	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,129																						
BİRİM AĞIRLIKLAR																															
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,443																														
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,129																														
																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Deney No</th> <th colspan="2">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Penetrasyon</td> <td>2,54</td> <td>5,08</td> </tr> <tr> <td>Standart Gerilme</td> <td rowspan="2">kgf/cm<sup>2</sup></td> <td>70,4</td> <td>105,6</td> </tr> <tr> <td>Düz.Yük</td> <td>11,08</td> <td>22,6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CBR</td> <td>2,54/5,08</td> <td>15,7</td> <td>21,4</td> </tr> <tr> <td>Max.</td> <td colspan="2">21,4</td> </tr> </tbody> </table>				Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6	Düz.Yük	11,08	22,6	CBR	2,54/5,08	15,7	21,4	Max.	21,4							
Deney No		1																													
Penetrasyon		2,54	5,08																												
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6																												
Düz.Yük		11,08	22,6																												
CBR	2,54/5,08	15,7	21,4																												
	Max.	21,4																													



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

7 GÜN

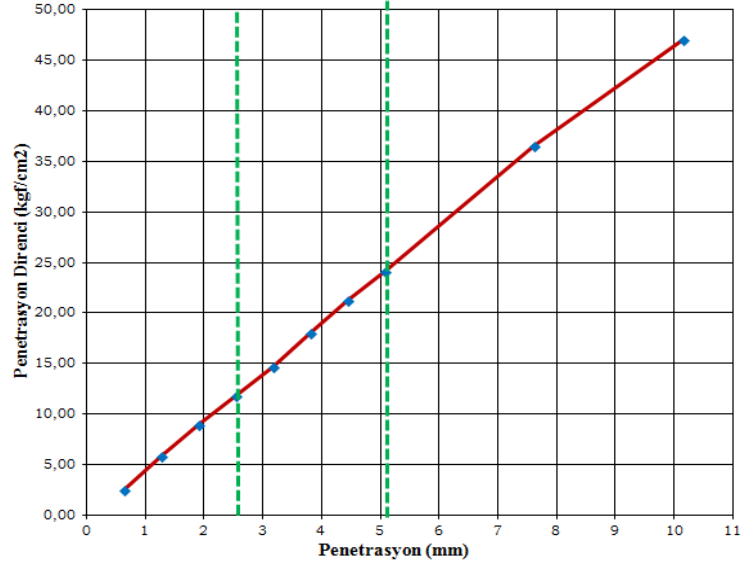
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	03 Temmuz 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Kaolen + %50 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>


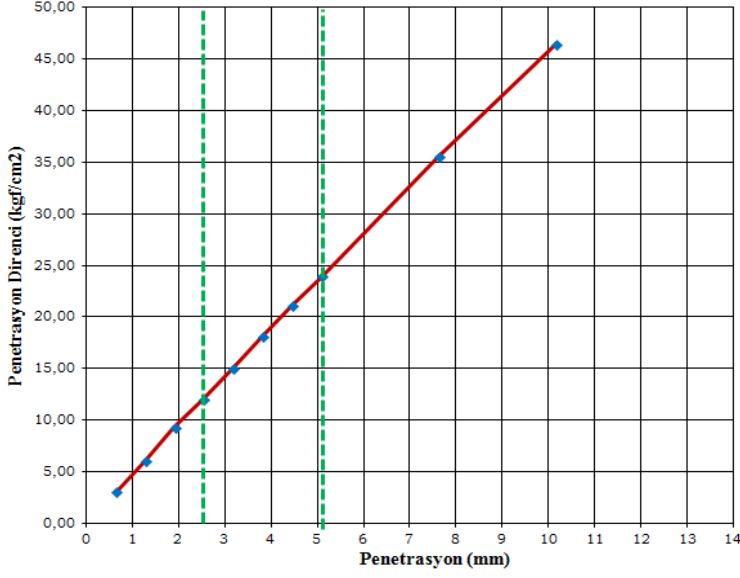
Su içeriği			
Kap No	7	8	9
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	37,12	29,29	45,91
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	35,13	27,35	42,95
Kap Ağırlığı (gr)	21,76	14,9	23,1
Su içeriği (%)	14,9	15,6	14,9
Ortalama Su içeriği (%)	15,1		


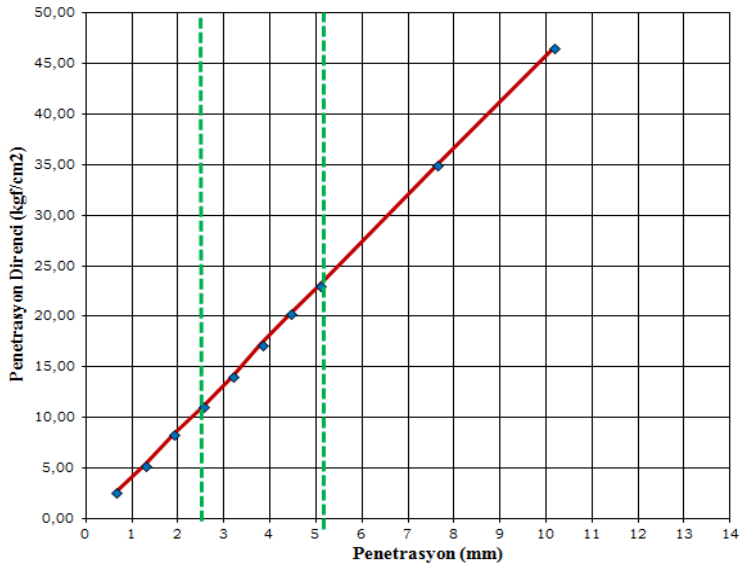
TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10666,5
Kalıp (gr)	6891


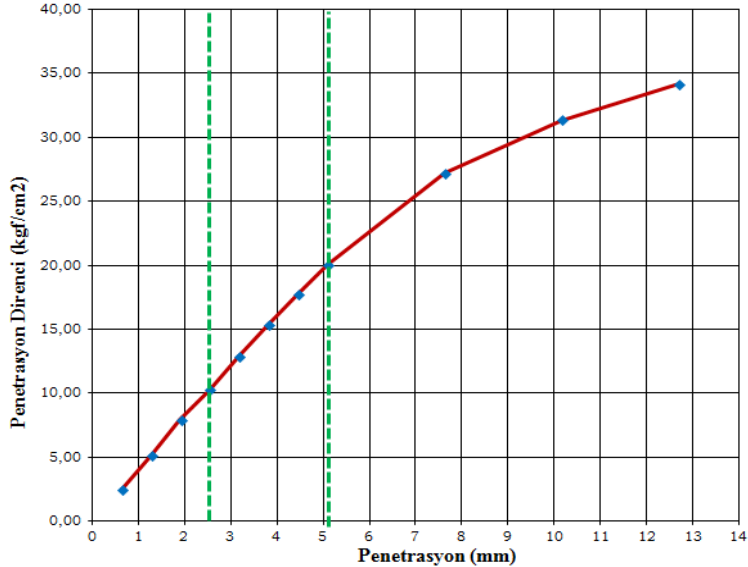
BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,638
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,423




Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		11,79	24,13
CBR	2,54/5,08	16,7	22,9
	Max.	22,9	

		<b>NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>																													
7 GÜN		CBR DENEYİ																													
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %95 Kaolen + % 5 DMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Sah <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Su içeriği</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kap No</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>30,98</td> <td>26,95</td> <td>42,01</td> </tr> <tr> <td>Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>28,85</td> <td>24,39</td> <td>39,91</td> </tr> <tr> <td>Kap Ağırlığı (gr)</td> <td>21,18</td> <td>15,28</td> <td>32,07</td> </tr> <tr> <td>Su içeriği (%)</td> <td>27,8</td> <td>28,1</td> <td>26,8</td> </tr> <tr> <td>Ortalama Su içeriği (%)</td> <td colspan="3">27,6</td> </tr> </tbody> </table>				Su içeriği				Kap No	10	11	12	Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	30,98	26,95	42,01	Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	28,85	24,39	39,91	Kap Ağırlığı (gr)	21,18	15,28	32,07	Su içeriği (%)	27,8	28,1	26,8	Ortalama Su içeriği (%)	27,6		
Su içeriği																															
Kap No	10	11	12																												
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	30,98	26,95	42,01																												
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	28,85	24,39	39,91																												
Kap Ağırlığı (gr)	21,18	15,28	32,07																												
Su içeriği (%)	27,8	28,1	26,8																												
Ortalama Su içeriği (%)	27,6																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TARTILAR / WEIGHTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kalıp + Numune (gr)</td> <td>11379</td> </tr> <tr> <td>Kalıp (gr)</td> <td>7947,5</td> </tr> </tbody> </table>				TARTILAR / WEIGHTS		Kalıp + Numune (gr)	11379	Kalıp (gr)	7947,5																						
TARTILAR / WEIGHTS																															
Kalıp + Numune (gr)	11379																														
Kalıp (gr)	7947,5																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">BİRİM AĞIRLIKLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yaş Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,489</td> </tr> <tr> <td>Kuru Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,167</td> </tr> </tbody> </table>				BİRİM AĞIRLIKLAR		Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,489	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,167																						
BİRİM AĞIRLIKLAR																															
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,489																														
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,167																														
																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Deney No</th> <th colspan="2">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Penetrasyon</td> <td>2,54</td> <td>5,08</td> </tr> <tr> <td>Standart Gerilme</td> <td rowspan="2">kgf/cm<sup>2</sup></td> <td>70,4</td> <td>105,6</td> </tr> <tr> <td>Düz.Yük</td> <td>12,06</td> <td>23,91</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CBR</td> <td>2,54/5,08</td> <td rowspan="2">%</td> <td>17,1</td> </tr> <tr> <td>Max.</td> <td>22,6</td> </tr> </tbody> </table>				Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6	Düz.Yük	12,06	23,91	CBR	2,54/5,08	%	17,1	Max.	22,6							
Deney No		1																													
Penetrasyon		2,54	5,08																												
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6																												
Düz.Yük		12,06	23,91																												
CBR	2,54/5,08	%	17,1																												
	Max.		22,6																												

		<b>NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>																													
7 GÜN		CBR DENEYİ																													
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %50 Kaolen + %50 DMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Su içeriği</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kap No</td> <td>13</td> <td>122</td> <td>123</td> </tr> <tr> <td>Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>57,8</td> <td>56,67</td> <td>56,69</td> </tr> <tr> <td>Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>54,34</td> <td>53,58</td> <td>53,41</td> </tr> <tr> <td>Kap Ağırlığı (gr)</td> <td>31,97</td> <td>33,5</td> <td>32,36</td> </tr> <tr> <td>Su içeriği (%)</td> <td>15,5</td> <td>15,4</td> <td>15,6</td> </tr> <tr> <td>Ortalama Su içeriği (%)</td> <td colspan="3">15,5</td> </tr> </tbody> </table>				Su içeriği				Kap No	13	122	123	Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	57,8	56,67	56,69	Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	54,34	53,58	53,41	Kap Ağırlığı (gr)	31,97	33,5	32,36	Su içeriği (%)	15,5	15,4	15,6	Ortalama Su içeriği (%)	15,5		
Su içeriği																															
Kap No	13	122	123																												
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	57,8	56,67	56,69																												
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	54,34	53,58	53,41																												
Kap Ağırlığı (gr)	31,97	33,5	32,36																												
Su içeriği (%)	15,5	15,4	15,6																												
Ortalama Su içeriği (%)	15,5																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TARTILAR / WEIGHTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kalıp + Numune (gr)</td> <td>10509</td> </tr> <tr> <td>Kalıp (gr)</td> <td>6779,5</td> </tr> </tbody> </table>				TARTILAR / WEIGHTS		Kalıp + Numune (gr)	10509	Kalıp (gr)	6779,5																						
TARTILAR / WEIGHTS																															
Kalıp + Numune (gr)	10509																														
Kalıp (gr)	6779,5																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">BİRİM AĞIRLIKLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yaş Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,618</td> </tr> <tr> <td>Kuru Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,401</td> </tr> </tbody> </table>				BİRİM AĞIRLIKLAR		Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,618	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,401																						
BİRİM AĞIRLIKLAR																															
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,618																														
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,401																														
																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Deney No</th> <th colspan="2">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Penetrasyon</td> <td>2,54</td> <td>5,08</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Standart Gerilme</td> <td>70,4</td> <td>105,6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Düz.Yük</td> <td>11,14</td> <td>23,11</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CBR</td> <td>2,54/5,08</td> <td>15,8</td> <td>21,9</td> </tr> <tr> <td>Max.</td> <td colspan="2">21,9</td> </tr> </tbody> </table>				Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme		70,4	105,6	Düz.Yük		11,14	23,11	CBR	2,54/5,08	15,8	21,9	Max.	21,9						
Deney No		1																													
Penetrasyon		2,54	5,08																												
Standart Gerilme		70,4	105,6																												
Düz.Yük		11,14	23,11																												
CBR	2,54/5,08	15,8	21,9																												
	Max.	21,9																													

		<b>NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANIĞI DENEYLERİ</b>																							
7 GÜN		CBR DENEYİ																							
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> Katkısız Bentonit <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>																							
<b>Su içeriği</b>																									
Kap No	58	59	60																						
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	64,19	64,09	60,64																						
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	61,37	61,07	58,86																						
Kap Ağırlığı (gr)	51,21	50,07	51,3																						
Su içeriği (%)	27,8	27,5	23,5																						
Ortalama Su içeriği (%)	26,3																								
<b>TARTILAR / WEIGHTS</b>																									
Kalıp + Numune (gr)	10348,5																								
Kalıp (gr)	6888,5																								
<b>BİRİM AĞIRLIKLAR</b>																									
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,501																								
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,189																								
																									
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Deney No</td> <td colspan="2">1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Penetrasyon</td> <td>2,54</td> <td>5,08</td> </tr> <tr> <td>Standart Gerilme</td> <td rowspan="2">kgf/cm<sup>2</sup></td> <td>70,4</td> <td>105,6</td> </tr> <tr> <td>Düz.Yük</td> <td>10,26</td> <td>20,09</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CBR</td> <td>2,54/5,08</td> <td>14,6</td> <td>19,0</td> </tr> <tr> <td>Max.</td> <td colspan="2">19,0</td> </tr> </table>				Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6	Düz.Yük	10,26	20,09	CBR	2,54/5,08	14,6	19,0	Max.	19,0	
Deney No		1																							
Penetrasyon		2,54	5,08																						
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6																						
Düz.Yük		10,26	20,09																						
CBR	2,54/5,08	14,6	19,0																						
	Max.	19,0																							

7 GÜN		CBR DENEYİ	
 <b>NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>			
<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	03 Temmuz 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b>	%95 Bentonit+ %5 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

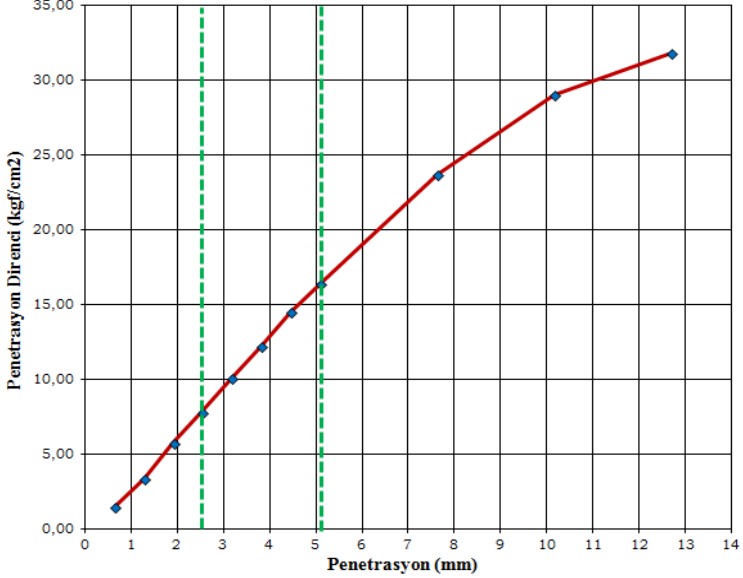
Su içeriği			
Kap No	61	62	63
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	62,49	68,31	65,5
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	60,04	64,83	62,43
Kap Ağırlığı (gr)	50,58	51,67	50,45
Su içeriği (%)	25,9	26,4	25,6
Ortalama Su İçeriği (%)	26,0		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11284,5
Kalıp (gr)	7717

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,548
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,228

Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
		Düz.Yük	7,86
CBR	2,54/5,08	11,2	15,6
	Max.	15,6	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

7 GÜN

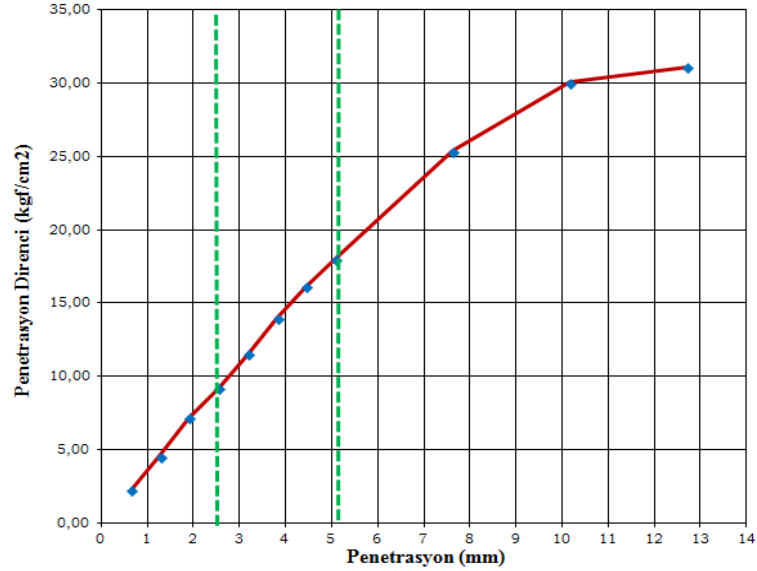
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	03 Temmuz 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Bentonit+ %50 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>


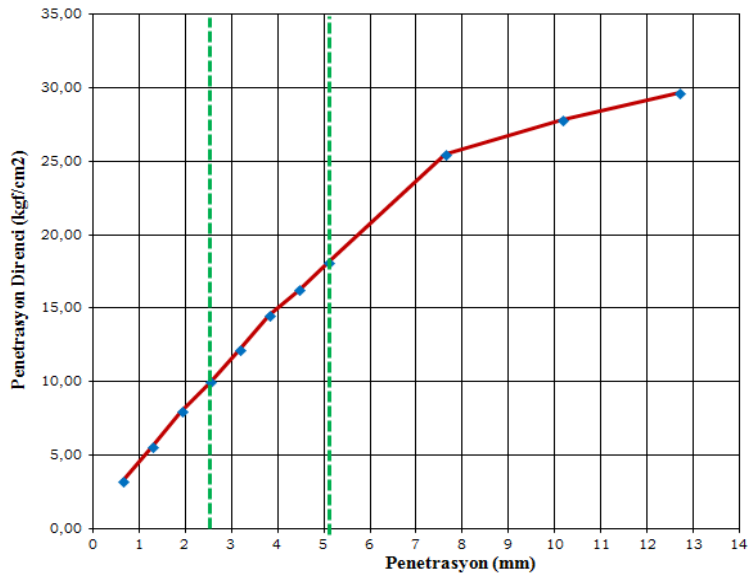
Su içeriği			
Kap No	64	65	66
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	59,94	65,15	65,55
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	58,15	62,25	62,82
Kap Ağırlığı (gr)	50,58	51,22	51,25
Su içeriği (%)	23,6	26,3	23,6
Ortalama Su İçeriği (%)	24,5		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11740
Kalıp (gr)	7742,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,734
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,393



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
		Düz.Yük	9,23
CBR	2,54/5,08	13,1	17,1
	Max.	17,1	

		<b>NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>																													
7 GÜN		CBR DENEYİ																													
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %95 Bentonit+ %5 DMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Su içeriği</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kap No</td> <td>67</td> <td>46</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>61,07</td> <td>100,91</td> <td>102,35</td> </tr> <tr> <td>Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>59,49</td> <td>97,11</td> <td>97,11</td> </tr> <tr> <td>Kap Ağırlığı (gr)</td> <td>51,59</td> <td>82,75</td> <td>84,4</td> </tr> <tr> <td>Su içeriği (%)</td> <td>20,0</td> <td>26,5</td> <td>41,2</td> </tr> <tr> <td>Ortalama Su içeriği (%)</td> <td colspan="3">29,2</td> </tr> </tbody> </table>				Su içeriği				Kap No	67	46	47	Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	61,07	100,91	102,35	Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	59,49	97,11	97,11	Kap Ağırlığı (gr)	51,59	82,75	84,4	Su içeriği (%)	20,0	26,5	41,2	Ortalama Su içeriği (%)	29,2		
Su içeriği																															
Kap No	67	46	47																												
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	61,07	100,91	102,35																												
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	59,49	97,11	97,11																												
Kap Ağırlığı (gr)	51,59	82,75	84,4																												
Su içeriği (%)	20,0	26,5	41,2																												
Ortalama Su içeriği (%)	29,2																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TARTILAR / WEIGHTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kalıp + Numune (gr)</td> <td>11310</td> </tr> <tr> <td>Kalıp (gr)</td> <td>7748</td> </tr> </tbody> </table>				TARTILAR / WEIGHTS		Kalıp + Numune (gr)	11310	Kalıp (gr)	7748																						
TARTILAR / WEIGHTS																															
Kalıp + Numune (gr)	11310																														
Kalıp (gr)	7748																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">BİRİM AĞIRLIKLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yaş Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,545</td> </tr> <tr> <td>Kuru Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,196</td> </tr> </tbody> </table>				BİRİM AĞIRLIKLAR		Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,545	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,196																						
BİRİM AĞIRLIKLAR																															
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,545																														
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,196																														
																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Deney No</th> <th colspan="2">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Penetrasyon</td> <td>2,54</td> <td>5,08</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Standart Gerilme</td> <td>70,4</td> <td>105,6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Düz.Yük</td> <td>9,97</td> <td>18,12</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CBR</td> <td>2,54/5,08</td> <td>14,2</td> <td>17,2</td> </tr> <tr> <td>Max.</td> <td colspan="2">17,2</td> </tr> </tbody> </table>				Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme		70,4	105,6	Düz.Yük		9,97	18,12	CBR	2,54/5,08	14,2	17,2	Max.	17,2						
Deney No		1																													
Penetrasyon		2,54	5,08																												
Standart Gerilme		70,4	105,6																												
Düz.Yük		9,97	18,12																												
CBR	2,54/5,08	14,2	17,2																												
	Max.	17,2																													



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

7 GÜN

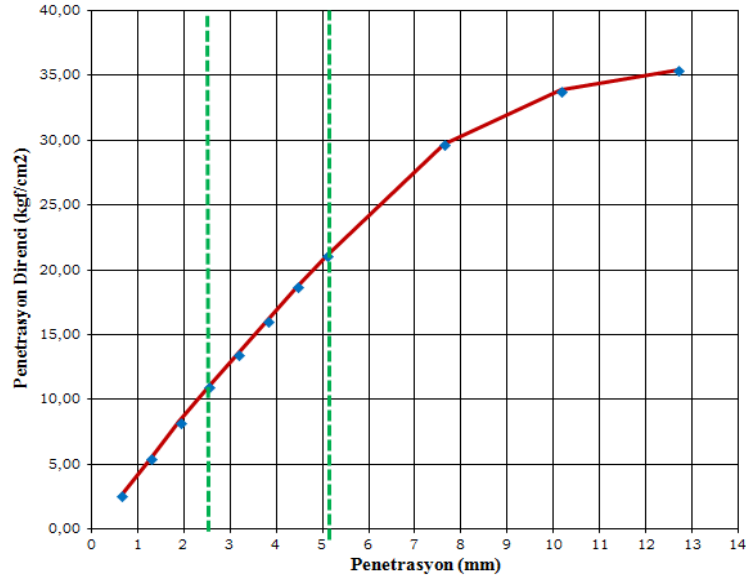
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	03 Temmuz 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Bentonit+ %50 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	48	49	50
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	96,67	99,42	102,41
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	94,38	96,81	99,31
Kap Ağırlığı (gr)	82,48	83,18	83,04
Su içeriği (%)	19,2	19,1	19,1
Ortalama Su içeriği (%)	19,1		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11700,5
Kalıp (gr)	7742

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,717
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,441



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		11,03	21,13
CBR	2,54/5,08	%	15,7
	Max.		20,0
		20,0	

## Ek-D Kaolen ve Bentonitin 1 Aylık CBR Deneyi Sonuçları

Ek-D1

1 AY		CBR DENEYİ	
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP		<b>Deney Tarihi:</b> 06 Haziran 2018 Çarşamba	
<b>Numune Sınıfı:</b> Katkısız Kaolen		<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm	
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg		<b>Tabaka Sayısı:</b> 3	
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm		<b>Darbe Sayısı:</b> 56	
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>	

Su içeriği			
Kap No	1	2	3
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	25,73	32,58	37,01
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	24,73	28,73	34,75
Kap Ağırlığı (gr)	18,46	18,94	22,98
Su içeriği (%)	15,9	39,3	19,2
Ortalama Su içeriği (%)	24,8		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	9842,5
Kalıp (gr)	6748

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,343
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,076

Deney No		1		
Penetrasyon		2,54	5,08	
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6	
Düz.Yük		10,19	22	
CBR	2,54/5,08	%	14,5	20,8
	Max.		20,8	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

1 AY

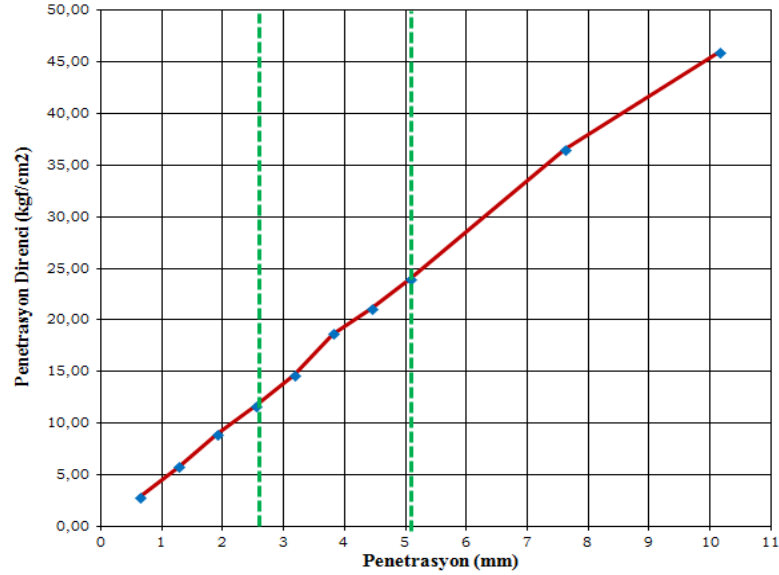
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 06 Haziran 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b> %95 Kaolen +%5 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	4	5	6
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	26,63	28,32	26,11
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	25,45	26,7	24,98
Kap Ağırlığı (gr)	19,29	18,42	18,54
Su içeriği (%)	19,2	19,6	17,5
Ortalama Su İçeriği (%)	18,8		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11056
Kalıp (gr)	7627,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,487
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,253



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		11,68	23,97
CBR	2,54/5,08	%	16,6
	Max.		22,7



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

1 AY

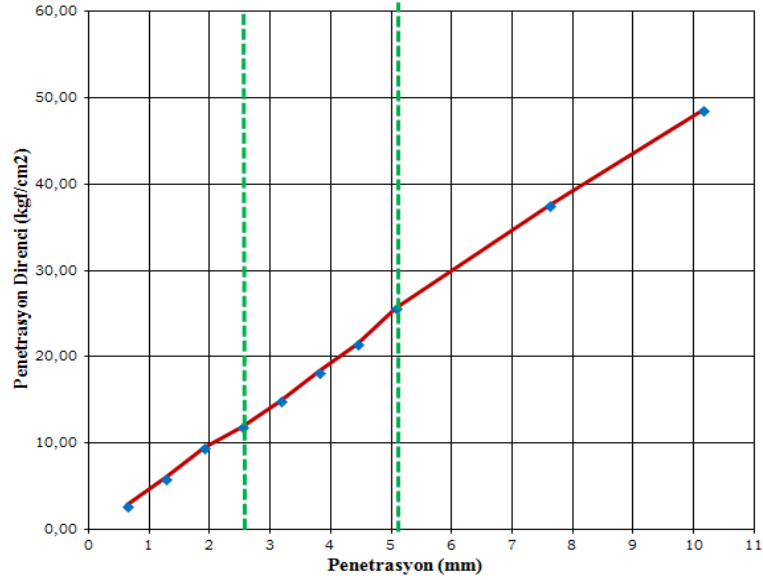
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	06 Haziran 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Kaolen + %50 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı:</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	7	8	9
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	37,25	26,62	35,97
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	36,26	24,54	34,77
Kap Ağırlığı (gr)	21,76	14,9	23,1
Su içeriği (%)	6,8	21,6	10,3
Ortalama Su İçeriği (%)	12,9		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10699
Kalıp (gr)	6891

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,652
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,463



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		11,88	25,66
CBR	2,54/5,08	16,9	24,3
	Max.	24,3	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

1 AY

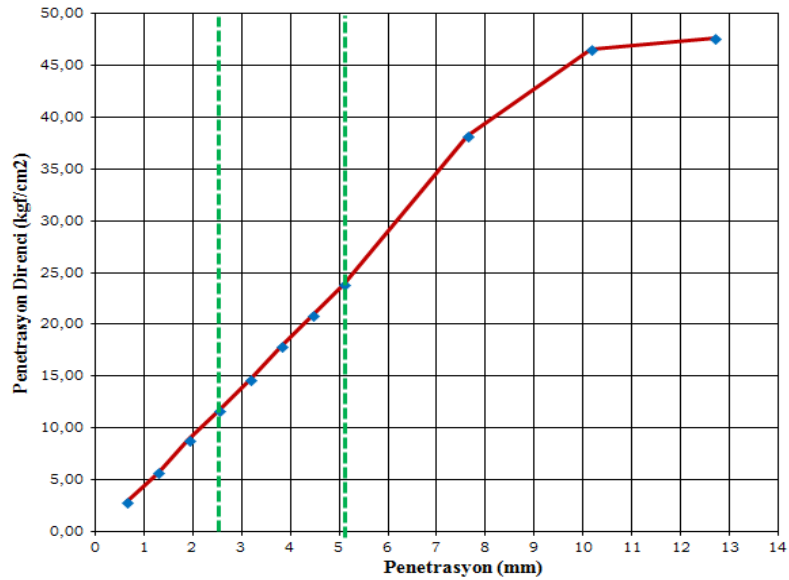
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 06 Haziran 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b> %95 Kaolen + % 5 DMI	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı:</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	10	11	12
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	34,96	24,68	47,02
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	32,7	23,2	44,6
Kap Ağırlığı (gr)	21,18	15,28	32,07
Su içeriği (%)	19,6	18,7	19,3
Ortalama Su içeriği (%)	19,2		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11641,5
Kalıp (gr)	7947,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,603
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,344



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		11,68	23,91
CBR	2,54/5,08	%	16,6
	Max.		22,6



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

1 AY

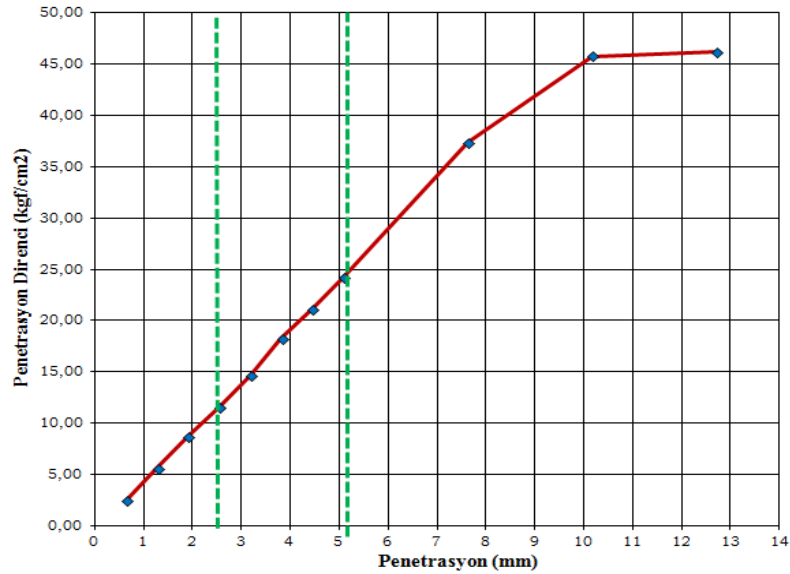
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	06 Haziran 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Kaolen + %50 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

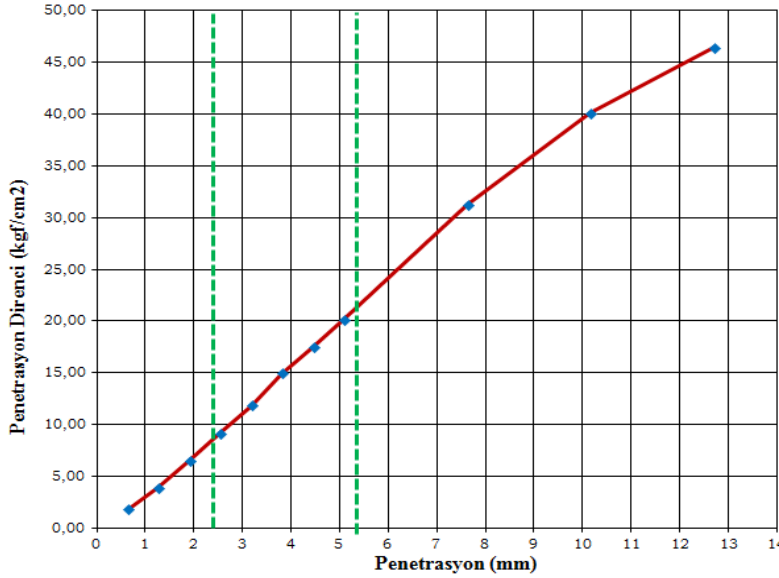
Su içeriği			
Kap No	13	122	123
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	48,92	51,09	49,28
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	47,61	49,39	47,51
Kap Ağırlığı (gr)	31,97	33,5	32,36
Su içeriği (%)	8,4	10,7	11,7
Ortalama Su içeriği (%)	10,3		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10671
Kalıp (gr)	6779,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,688
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,531



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		11,60	24,18
CBR	2,54/5,08	%	16,5
	Max.		22,9

		<b>NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>																													
1 AY		CBR DENEYİ																													
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> Katkısız Bentonit <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 06 Haziran 2018 Çarşamba <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Su içeriği</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kap No</td> <td>58</td> <td>59</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>67,87</td> <td>65,1</td> <td>63,61</td> </tr> <tr> <td>Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>64,42</td> <td>61,99</td> <td>61,12</td> </tr> <tr> <td>Kap Ağırlığı (gr)</td> <td>51,21</td> <td>50,07</td> <td>51,3</td> </tr> <tr> <td>Su içeriği (%)</td> <td>26,1</td> <td>26,1</td> <td>25,4</td> </tr> <tr> <td>Ortalama Su İçeriği (%)</td> <td colspan="3">25,9</td> </tr> </tbody> </table>				Su içeriği				Kap No	58	59	60	Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	67,87	65,1	63,61	Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	64,42	61,99	61,12	Kap Ağırlığı (gr)	51,21	50,07	51,3	Su içeriği (%)	26,1	26,1	25,4	Ortalama Su İçeriği (%)	25,9		
Su içeriği																															
Kap No	58	59	60																												
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	67,87	65,1	63,61																												
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	64,42	61,99	61,12																												
Kap Ağırlığı (gr)	51,21	50,07	51,3																												
Su içeriği (%)	26,1	26,1	25,4																												
Ortalama Su İçeriği (%)	25,9																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TARTILAR / WEIGHTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kalıp + Numune (gr)</td> <td>10395</td> </tr> <tr> <td>Kalıp (gr)</td> <td>6888,5</td> </tr> </tbody> </table>				TARTILAR / WEIGHTS		Kalıp + Numune (gr)	10395	Kalıp (gr)	6888,5																						
TARTILAR / WEIGHTS																															
Kalıp + Numune (gr)	10395																														
Kalıp (gr)	6888,5																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">BİRİM AĞIRLIKLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yaş Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,521</td> </tr> <tr> <td>Kuru Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,209</td> </tr> </tbody> </table>				BİRİM AĞIRLIKLAR		Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,521	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,209																						
BİRİM AĞIRLIKLAR																															
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,521																														
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,209																														
																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Deney No</th> <th colspan="2">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Penetrasyon</td> <td>2,54</td> <td>5,08</td> </tr> <tr> <td>Standart Gerilme</td> <td rowspan="2">kgf/cm<sup>2</sup></td> <td>70,4</td> <td>105,6</td> </tr> <tr> <td>Düz.Yük</td> <td>9,19</td> <td>20,2</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CBR</td> <td>2,54/5,08</td> <td rowspan="2">%</td> <td>13,1</td> </tr> <tr> <td>Max.</td> <td>19,1</td> </tr> </tbody> </table>				Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6	Düz.Yük	9,19	20,2	CBR	2,54/5,08	%	13,1	Max.	19,1							
Deney No		1																													
Penetrasyon		2,54	5,08																												
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6																												
Düz.Yük		9,19	20,2																												
CBR	2,54/5,08	%	13,1																												
	Max.		19,1																												



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

1 AY

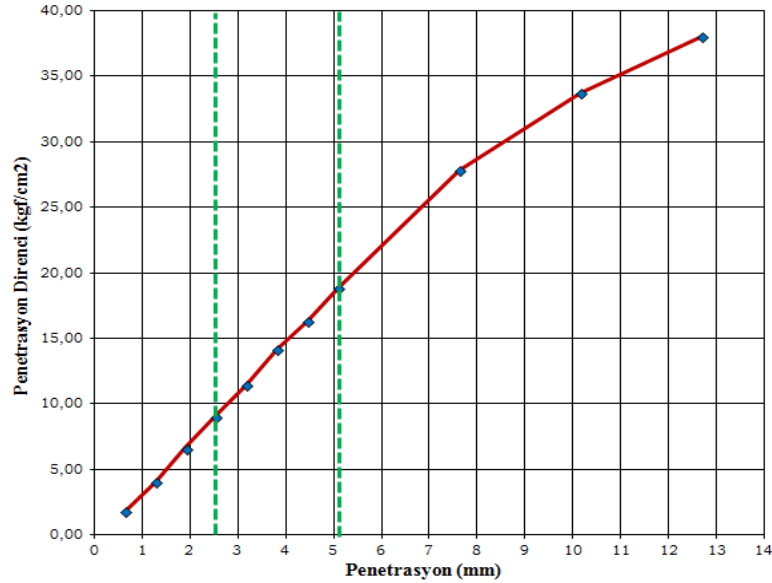
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	06 Haziran 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%95 Bentonit+ %5 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	61	62	63
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	61,57	59,12	68,14
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	60,24	57,91	64,79
Kap Ağırlığı (gr)	50,58	51,67	50,45
Su içeriği (%)	13,8	19,4	23,4
Ortalama Su İçeriği (%)	18,8		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11223,5
Kalıp (gr)	7717

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,521
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,280



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		9,06	18,83
CBR	2,54/5,08	12,9	17,8
	Max.	17,8	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANIĞI DENEYLERİ**

1 AY

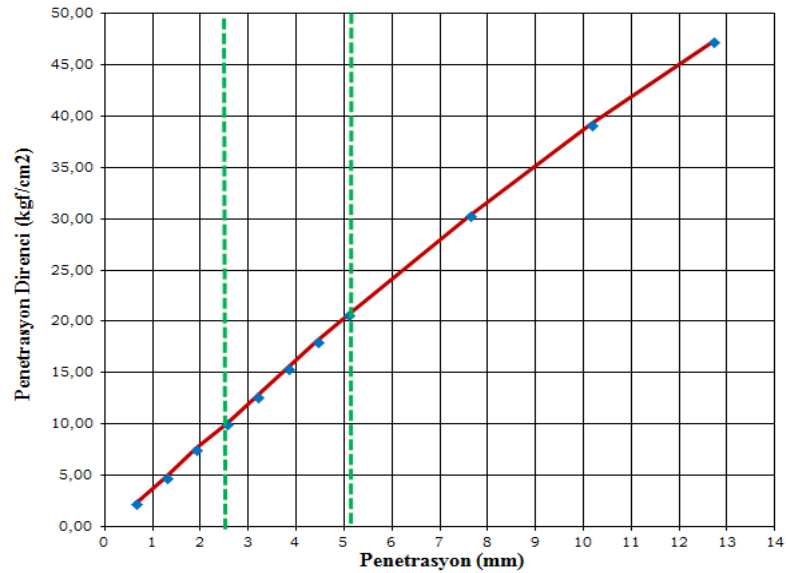
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	06 Haziran 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Bentonit+ %50 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su İçeriği			
Kap No	64	65	66
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	66,33	60,64	65,08
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	63,91	59,95	62,97
Kap Ağırlığı (gr)	50,58	51,22	51,25
Su içeriği (%)	18,2	7,9	18,0
Ortalama Su İçeriği (%)	14,7		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11660,5
Kalıp (gr)	7748

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,697
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,480



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		10,04	20,64
CBR	%	14,3	19,5
2,54/5,08 Max.		19,5	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

1 AY

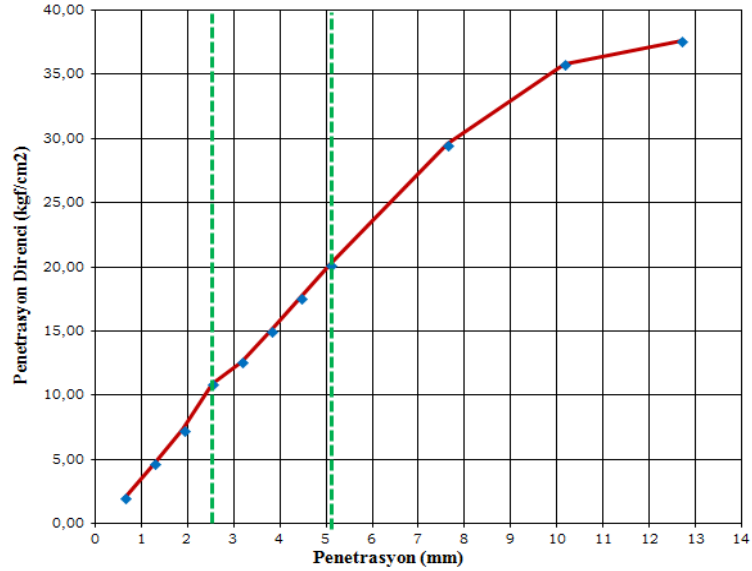
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	06 Haziran 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%95 Bentonit+ %5 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	67	46	47
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	61,08	87,57	91,22
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	59,13	86,66	90,38
Kap Ağırlığı (gr)	51,59	82,75	84,4
Su içeriği (%)	25,9	23,3	14,0
Ortalama Su içeriği (%)	21,1		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11310
Kalıp (gr)	7742,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,548
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,278



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		10,92	20,2
CBR	2,54/5,08	15,5	19,1
	Max.	19,1	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANIĞI DENEYLERİ**

1 AY

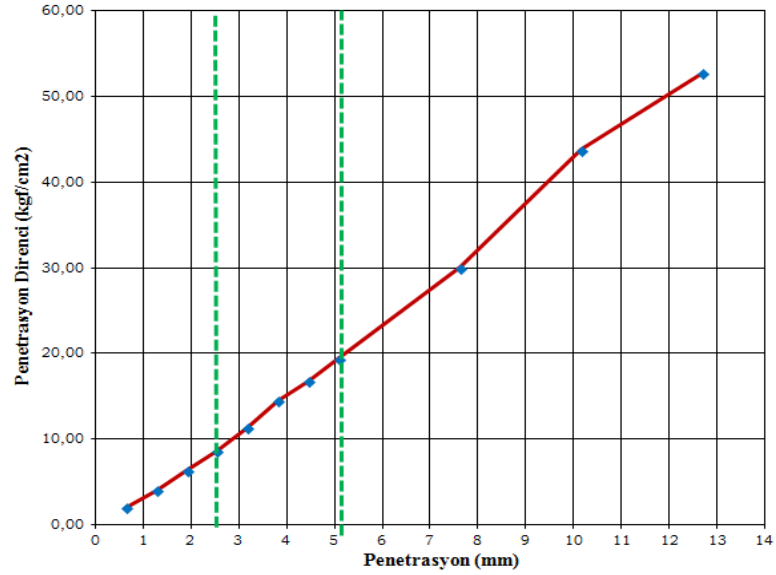
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	06 Haziran 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Bentonit+ %50 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	48	49	50
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	93,44	93,64	95,5
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	91,82	92,71	93,5
Kap Ağırlığı (gr)	82,48	83,18	83,04
Su içeriği (%)	17,3	9,8	19,1
Ortalama Su İçeriği (%)	15,4		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11769,5
Kalıp (gr)	7742


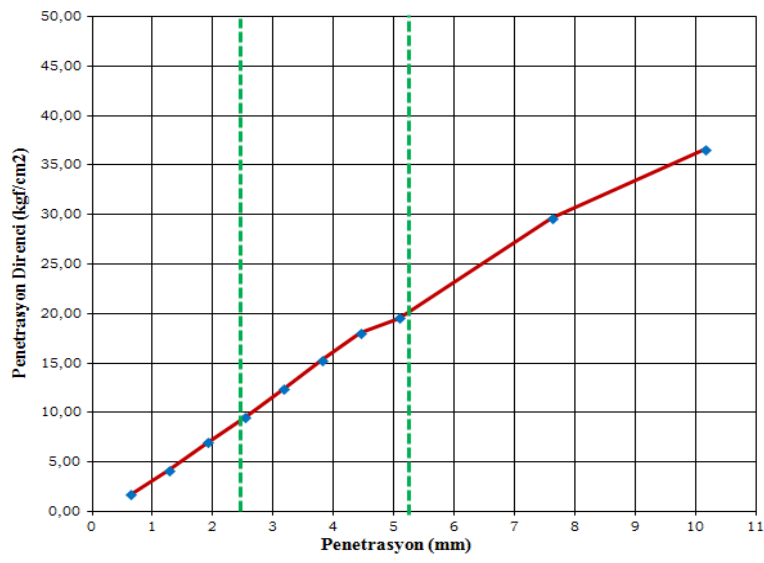
BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,747
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,514



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
		Düz.Yük	8,66
CBR	2,54/5,08	12,3	18,4
	Max.	18,4	

## Ek-E Kaolen ve Bentonitin 2 Aylık CBR Deneyi Sonuçları

Ek-E1

2 AY		CBR DENEYİ	
		<b>NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>	
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP		<b>Deney Tarihi:</b> 02 Temmuz 2018 Pazartesi	
<b>Numune Sınıfı:</b> Katkısız Kaolen		<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm	
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg		<b>Tabaka Sayısı:</b> 3	
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm		<b>Darbe Sayısı :</b> 56	
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>	
<b>Su içeriği</b>			
Kap No	1	2	3
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	25,73	32,58	37,01
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	24,73	28,73	34,75
Kap Ağırlığı (gr)	18,46	18,94	22,98
Su içeriği (%)	15,9	39,3	19,2
Ortalama Su içeriği (%)	24,8		
<b>TARTILAR / WEIGHTS</b>			
Kalıp + Numune (gr)	9445		
Kalıp (gr)	6748		
<b>BİRİM AĞIRLIKLAR</b>			
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,170		
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	0,937		
			
<b>Deney No</b>		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		9,59	19,57
CBR	2,54/5,08	13,6	18,5
	Max.	18,5	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

2 AY

CBR DENEYİ

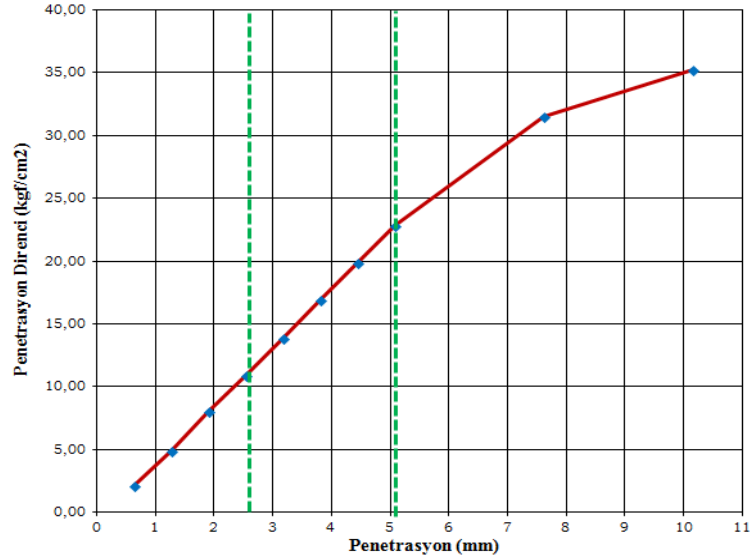
Deney Yapan: FEB 2017/11-YÜLTEP  
 Numune Sınıfı: %95 Kaolen +%5 KMT  
 Tokmağın Ağırlığı: 2,5 kg  
 Moldun Çapı, d: 152 mm  
 Moldun Yüksekliği, h: 127 mm

Deney Tarihi: 02 Temmuz 2018 Pazartesi  
 Düşme Yüksekliği: 30 cm  
 Tabaka Sayısı: 3  
 Darbe Sayısı: 56  
 Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>: 2305 cm<sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	4	5	6
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	26,63	28,32	26,11
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	25,45	26,7	24,98
Kap Ağırlığı (gr)	19,29	18,42	18,54
Su içeriği (%)	19,2	19,6	17,5
Ortalama Su içeriği (%)	18,8		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10636
Kalıp (gr)	7627,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,305
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,099



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük	kgf/cm <sup>2</sup>	10,87	22,8
CBR	2,54/5,08	15,4	21,6
	Max.	21,6	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

2 AY

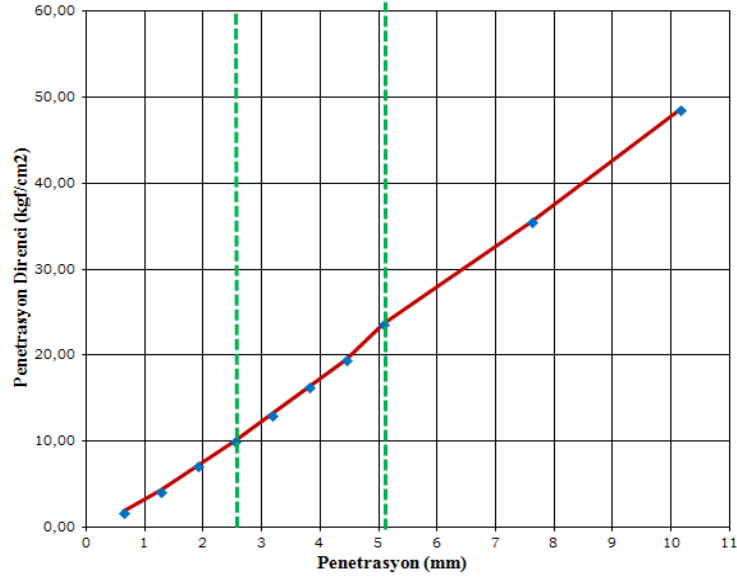
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 02 Temmuz 2018 Pazartesi
<b>Numune Sınıfı:</b> %50 Kaolen + %50 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı:</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>


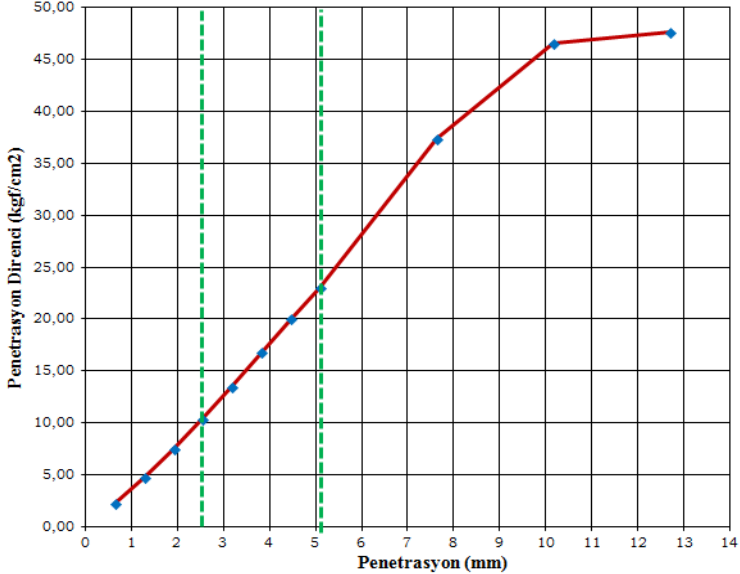
Su içeriği			
Kap No	7	8	9
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	37,25	26,62	35,97
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	36,26	24,54	34,77
Kap Ağırlığı (gr)	21,76	14,9	23,1
Su içeriği (%)	6,8	21,6	10,3
Ortalama Su içeriği (%)	12,9		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10699
Kalıp (gr)	6891

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,652
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,463



Deney No	1	
Penetrasyon	2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	
Düz.Yük	10,02	23,64
CBR	2,54/5,08	14,2
	Max.	22,4
	%	

2 AY		CBR DENEYİ																							
 <b>NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>																									
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %95 Kaolen + % 5 DMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 02 Temmuz 2018 Pazartesi <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305																							
<b>Su içeriği</b>																									
Kap No	10	11	12																						
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	34,96	24,68	47,02																						
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	32,7	23,2	44,6																						
Kap Ağırlığı (gr)	21,18	15,28	32,07																						
Su içeriği (%)	19,6	18,7	19,3																						
Ortalama Su içeriği (%)	19,2																								
<b>TARTILAR / WEIGHTS</b>																									
Kalıp + Numune (gr)	11704,5																								
Kalıp (gr)	7947,5																								
<b>BİRİM AĞIRLIKLAR</b>																									
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,630																								
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,367																								
																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Deney No</th> <th colspan="2">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Penetrasyon</td> <td>2,54</td> <td>5,08</td> </tr> <tr> <td>Standart Gerilme</td> <td rowspan="2">kgf/cm<sup>2</sup></td> <td>70,4</td> <td>105,6</td> </tr> <tr> <td>Düz.Yük</td> <td>10,37</td> <td>23,04</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CBR</td> <td>2,54/5,08</td> <td>14,7</td> <td>21,8</td> </tr> <tr> <td>Max.</td> <td colspan="2">21,8</td> </tr> </tbody> </table>		Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6	Düz.Yük	10,37	23,04	CBR	2,54/5,08	14,7	21,8	Max.	21,8			
Deney No		1																							
Penetrasyon		2,54	5,08																						
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6																						
Düz.Yük		10,37	23,04																						
CBR	2,54/5,08	14,7	21,8																						
	Max.	21,8																							



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

2 AY

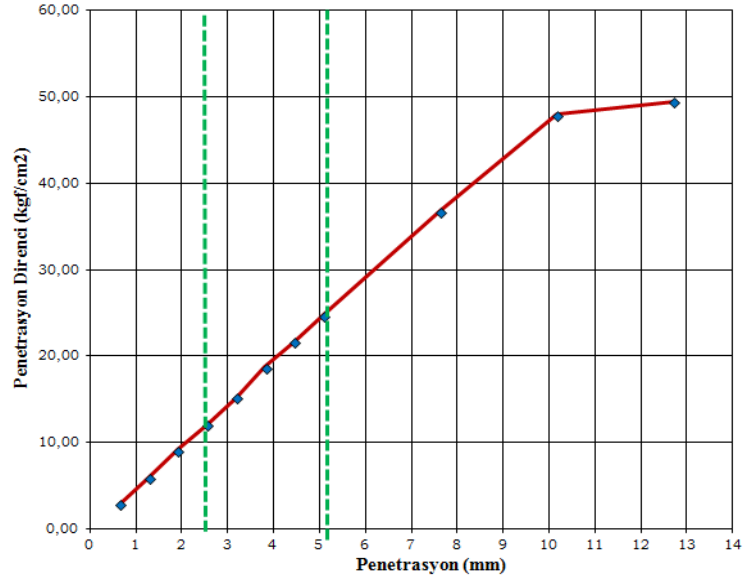
## CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 02 Temmuz 2018 Pazartesi
<b>Numune Sınıfı:</b> %50 Kaolen + %50 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>

Su İçeriği			
Kap No	13	122	123
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	48,92	51,09	49,28
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	47,61	49,39	47,51
Kap Ağırlığı (gr)	31,97	33,5	32,36
Su içeriği (%)	8,4	10,7	11,7
Ortalama Su İçeriği (%)	10,3		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11014,5
Kalıp (gr)	6779,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,837
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,666



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		12,01	27,75
CBR	%	17,1	26,3
Max.		26,3	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

2 AY

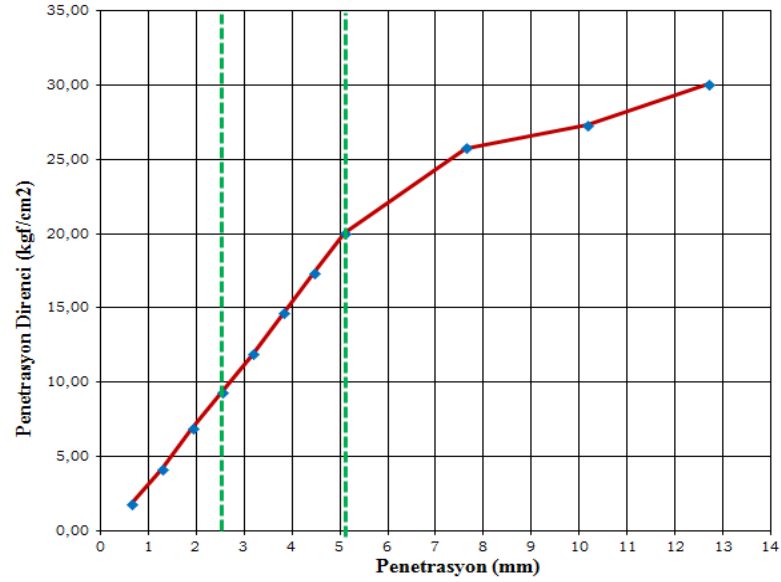
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b> Katkısız Bentonit	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>


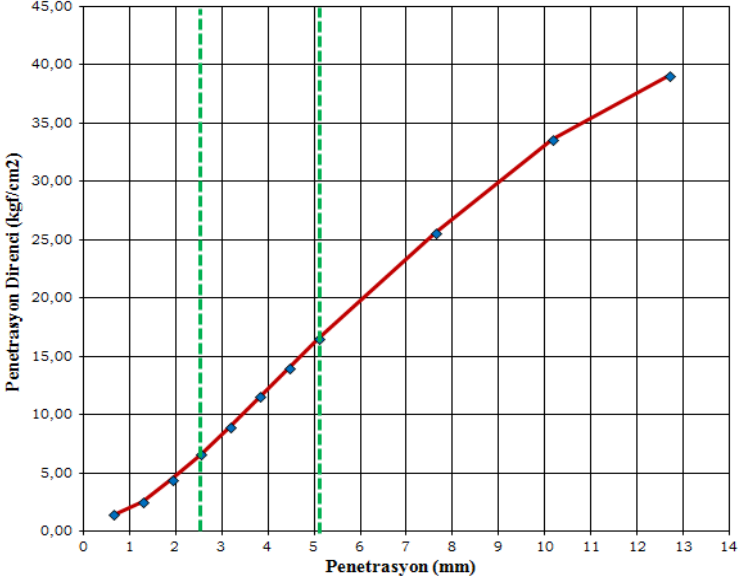
Su içeriği			
Kap No	58	59	60
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	67,87	65,1	63,61
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	64,42	61,99	61,12
Kap Ağırlığı (gr)	51,21	50,07	51,3
Su içeriği (%)	26,1	26,1	25,4
Ortalama Su içeriği (%)	25,9		


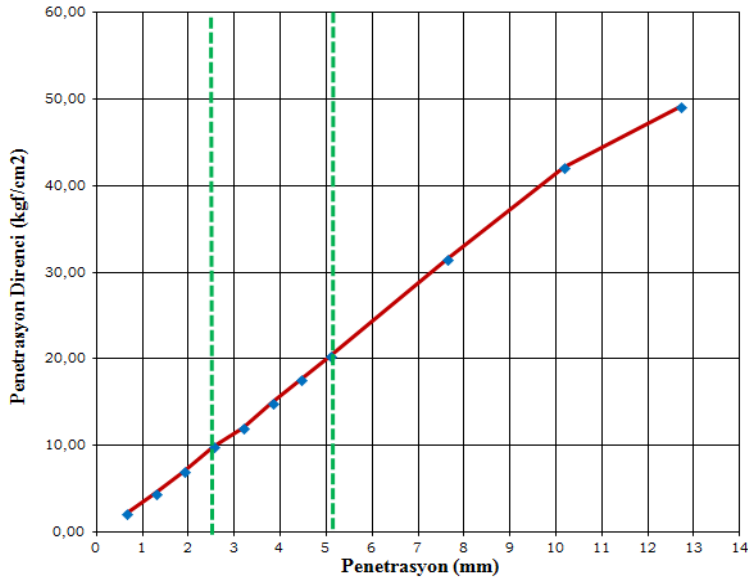
TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10263,5
Kalıp (gr)	7742,8

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,094
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	0,869



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		9,32	20,03
CBR	2,54/5,08	13,2	19,0
	Max.	19,0	

		<b>NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>																													
2 AY		CBR DENEYİ																													
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %95 Bentonit+ %5 KMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Su içeriği</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kap No</td> <td>61</td> <td>62</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>61,57</td> <td>59,12</td> <td>68,14</td> </tr> <tr> <td>Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>60,24</td> <td>57,91</td> <td>64,79</td> </tr> <tr> <td>Kap Ağırlığı (gr)</td> <td>50,58</td> <td>51,67</td> <td>50,45</td> </tr> <tr> <td>Su içeriği (%)</td> <td>13,8</td> <td>19,4</td> <td>23,4</td> </tr> <tr> <td>Ortalama Su İçeriği (%)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">18,8</td> </tr> </tbody> </table>				Su içeriği				Kap No	61	62	63	Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	61,57	59,12	68,14	Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	60,24	57,91	64,79	Kap Ağırlığı (gr)	50,58	51,67	50,45	Su içeriği (%)	13,8	19,4	23,4	Ortalama Su İçeriği (%)	18,8		
Su içeriği																															
Kap No	61	62	63																												
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	61,57	59,12	68,14																												
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	60,24	57,91	64,79																												
Kap Ağırlığı (gr)	50,58	51,67	50,45																												
Su içeriği (%)	13,8	19,4	23,4																												
Ortalama Su İçeriği (%)	18,8																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">TARTILAR / WEIGHTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kalıp + Numune (gr)</td> <td style="text-align: center;">11146</td> </tr> <tr> <td>Kalıp (gr)</td> <td style="text-align: center;">7717</td> </tr> </tbody> </table>				TARTILAR / WEIGHTS		Kalıp + Numune (gr)	11146	Kalıp (gr)	7717																						
TARTILAR / WEIGHTS																															
Kalıp + Numune (gr)	11146																														
Kalıp (gr)	7717																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">BİRİM AĞIRLIKLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yaş Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: center;">1,488</td> </tr> <tr> <td>Kuru Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: center;">1,252</td> </tr> </tbody> </table>				BİRİM AĞIRLIKLAR		Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,488	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,252																						
BİRİM AĞIRLIKLAR																															
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,488																														
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,252																														
																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Deney No</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Penetrasyon</td> <td style="text-align: center;">2,54</td> <td style="text-align: center;">5,08</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Standart Gerilme</td> <td style="text-align: center;">70,4</td> <td style="text-align: center;">105,6</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Düz.Yük</td> <td style="text-align: center;">6,61</td> <td style="text-align: center;">16,54</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">CBR</td> <td style="text-align: center;">2,54/5,08</td> <td style="text-align: center;">9,4</td> <td style="text-align: center;">15,7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Max.</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">15,7</td> </tr> </tbody> </table>				Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme		70,4	105,6	Düz.Yük		6,61	16,54	CBR	2,54/5,08	9,4	15,7	Max.	15,7						
Deney No		1																													
Penetrasyon		2,54	5,08																												
Standart Gerilme		70,4	105,6																												
Düz.Yük		6,61	16,54																												
CBR	2,54/5,08	9,4	15,7																												
	Max.	15,7																													

2 AY		CBR DENEYİ	
 <b>NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>			
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %50 Bentonit+ %50 KMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>	
<b>Su İçeriği</b>			
Kap No	64	65	66
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	66,33	60,64	65,08
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	63,91	59,95	62,97
Kap Ağırlığı (gr)	50,58	51,22	51,25
Su içeriği (%)	18,2	7,9	18,0
Ortalama Su İçeriği (%)	14,7		
<b>TARTILAR / WEIGHTS</b>			
Kalıp + Numune (gr)	11660,5		
Kalıp (gr)	7742		
<b>BİRİM AĞIRLIKLAR</b>			
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,700		
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,482		
			
<b>Deney No</b>		1	
<b>Penetrasyon</b>		2,54	5,08
<b>Standart Gerilme</b>		70,4	105,6
<b>Düz.Yük</b>		9,90	20,4
<b>CBR</b>	2,54/5,08	14,1	19,3
	Max.	19,3	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

2 AY

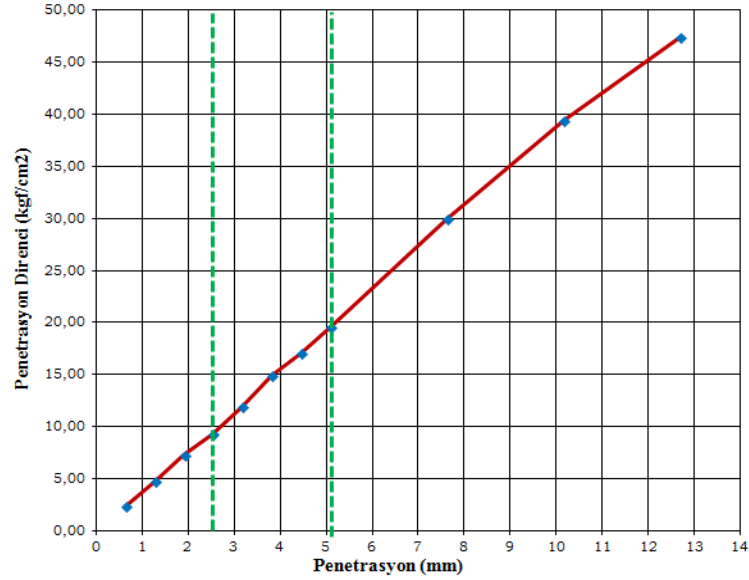
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b> %95 Bentonit+ %5 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>


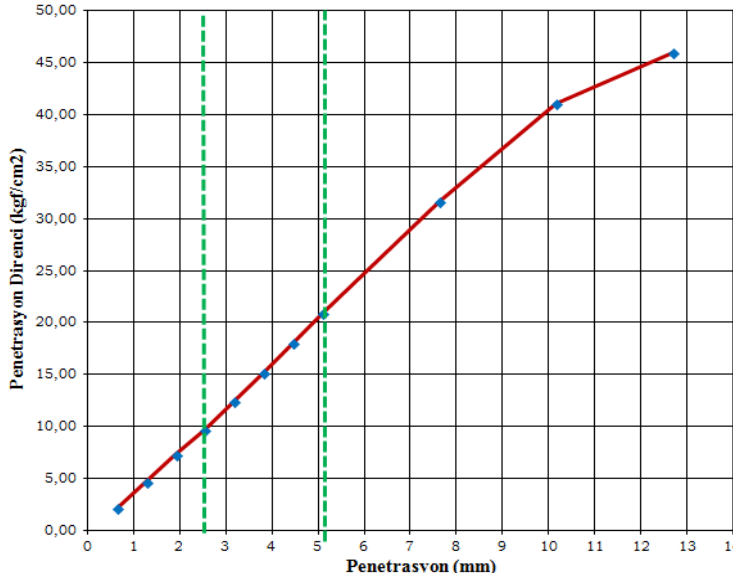
Su içeriği			
Kap No	67	46	47
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	61,08	87,57	91,22
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	59,13	86,66	90,38
Kap Ağırlığı (gr)	51,59	82,75	84,4
Su içeriği (%)	25,9	23,3	14,0
Ortalama Su içeriği (%)	21,1		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11151,5
Kalıp (gr)	7742,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,479
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,222



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		9,37	19,6
CBR	2,54/5,08	13,3	18,6
	Max.	18,6	

2 AY		CBR DENEYİ	
 <b>NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>			
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %50 Bentonit+ %50 DMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 03 Temmuz 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305	
<b>Su İçeriği</b>			
Kap No	48	49	50
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	93,44	93,64	95,5
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	91,82	92,71	93,5
Kap Ağırlığı (gr)	82,48	83,18	83,04
Su içeriği (%)	17,3	9,8	19,1
Ortalama Su İçeriği (%)	15,4		
<b>TARTILAR / WEIGHTS</b>			
Kalıp + Numune (gr)	11528,5		
Kalıp (gr)	7748		
<b>BİRİM AĞIRLIKLAR</b>			
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,640		
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,421		
			
Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		9,66	20,84
CBR	2,54/5,08	13,7	19,7
	Max.	19,7	

## Ek-F Kaolen ve Bentonitin 11. Çevrim CBR Deneyi Sonuçları

Ek-F1

NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD ZEMİN MEKANIĞI DENEYLERİ	
11. Çevrim CBR DENEYİ	
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 02 Mayıs 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b> Katkısız Kaolen	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı:</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	SF6	SF7	SF8
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	74,97	64,28	76,27
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	71,02	60,73	72,34
Kap Ağırlığı (gr)	61,09	51,78	62,94
Su içeriği (%)	39,8	39,7	41,8
Ortalama Su içeriği (%)	40,4		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10946
Kalıp (gr)	7742,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,390
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	0,990

Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		6,01	13,32
CBR	2,54/5,08	8,5	12,6
	Max.	12,6	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

11. Çevrim

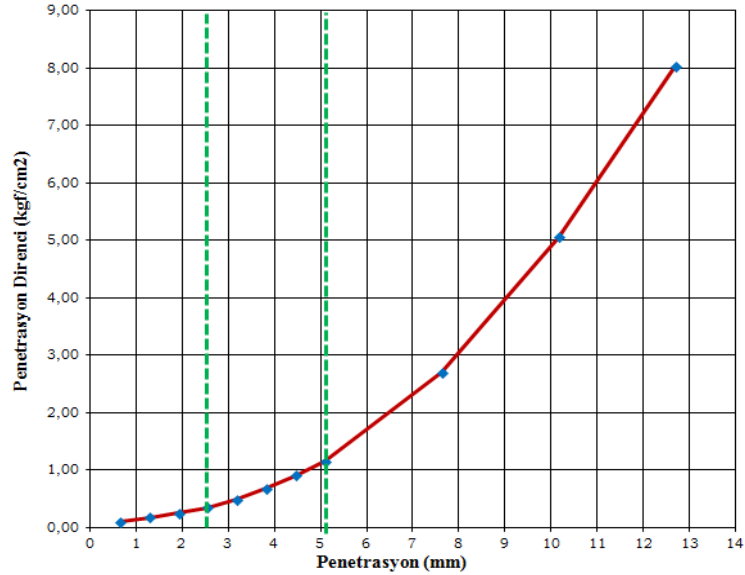
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	02 Mayıs 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%95 Kaolen + %5 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	SF9	SF10	SF11
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	68,73	86,73	62,26
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	64,79	82,26	59,72
Kap Ağırlığı (gr)	54,52	70,8	53,91
Su içeriği (%)	38,4	39,0	43,7
Ortalama Su İçeriği (%)	40,4		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11590
Kalıp (gr)	7947,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,580
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,126



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		0,35	1,16
CBR	2,54/5,08	0,5	1,1
	Max.	1,1	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

11. Çevrim

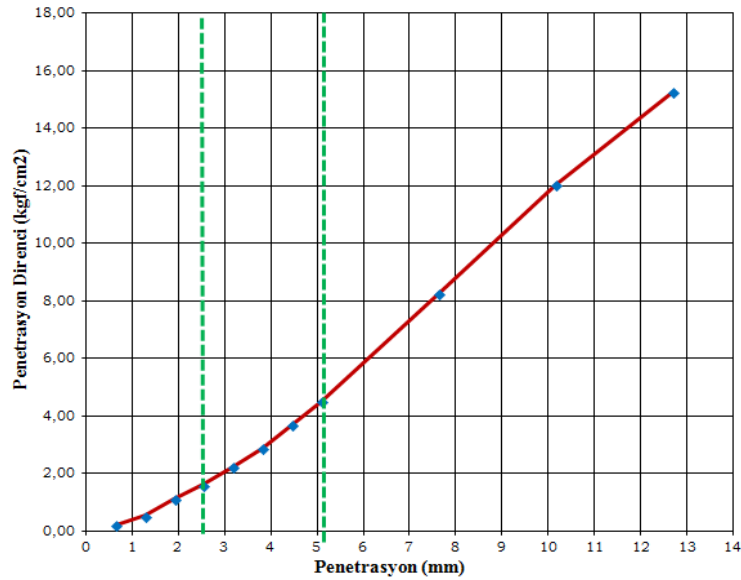
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 02 Mayıs 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b> %50 Kaolen + %50 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>


Su içeriği			
Kap No	SF12	BF5	SİYAH
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	70,8	70,36	56,88
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	68,92	67,75	54,49
Kap Ağırlığı (gr)	62,13	57,34	45,35
Su içeriği (%)	27,7	25,1	26,1
Ortalama Su İçeriği (%)	26,3		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10886,5
Kalıp (gr)	6888,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,734
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,373



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		1,62	4,51
CBR		2,3	4,3
	Max.	4,3	

11. Çevrim		CBR DENEYİ	
 <b>NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>			
<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	08 Mayıs 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b>	%95 Kaolen + %5 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	122	123	BEYAZ
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	49,75	40,81	56,07
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	45,14	38,25	52,4
Kap Ağırlığı (gr)	33,5	32,36	42,41
Su içeriği (%)	39,6	43,5	36,7
Ortalama Su içeriği (%)	39,9		

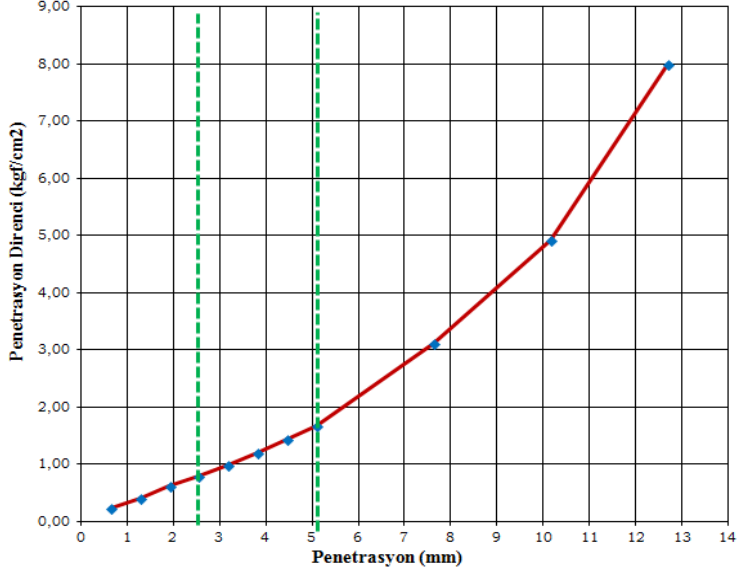
  

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11225,5
Kalıp (gr)	7627,5

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,561
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,115



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		0,79	1,68
CBR	2,54/5,08	1,1	1,6
Max.	%	1,6	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

11. Çevrim

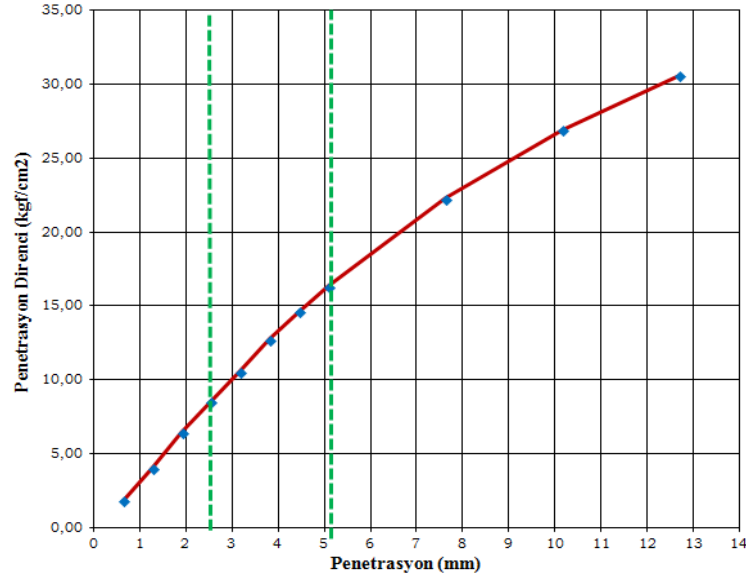
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	02 Mayıs 2018 Çarşamba
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Kaolen + %50 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	16	17	18
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	46	69,38	57,99
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	43,37	65,59	53,28
Kap Ağırlığı (gr)	33,45	49,03	32,12
Su içeriği (%)	26,5	22,9	22,3
Ortalama Su İçeriği (%)	23,9		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	11457
Kalıp (gr)	7748

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,609
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,299



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		8,55	16,36
CBR	2,54/5,08	12,1	15,5
	Max.	15,5	



**NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

11. Çevrim

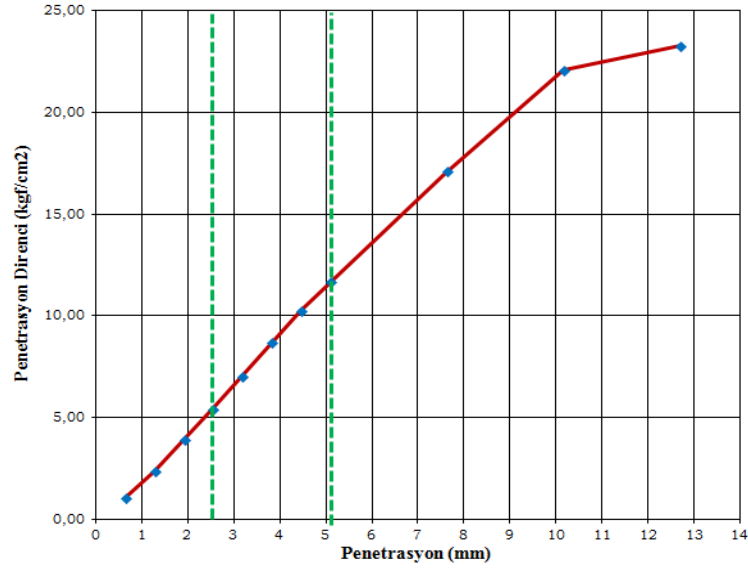
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b>	15 Mayıs 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b>	Katkısız Bentonit	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	16	17	
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	46,79	63,61	
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	43,71	60,22	
Kap Ağırlığı (gr)	33,46	49,02	82,48
Su içeriği (%)	30,0	30,3	0,0
Ortalama Su İçeriği (%)	30,2		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10417
Kalıp (gr)	6891

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,530
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,175



Deney No		1	
Penetrasyon		2.54	5.08
Standart Gerilme		70,4	105,6
Düz.Yük		5,40	11,65
CBR	2,54/5,08	7,7	11,0
	Max.	11,0	



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

11. Çevrim

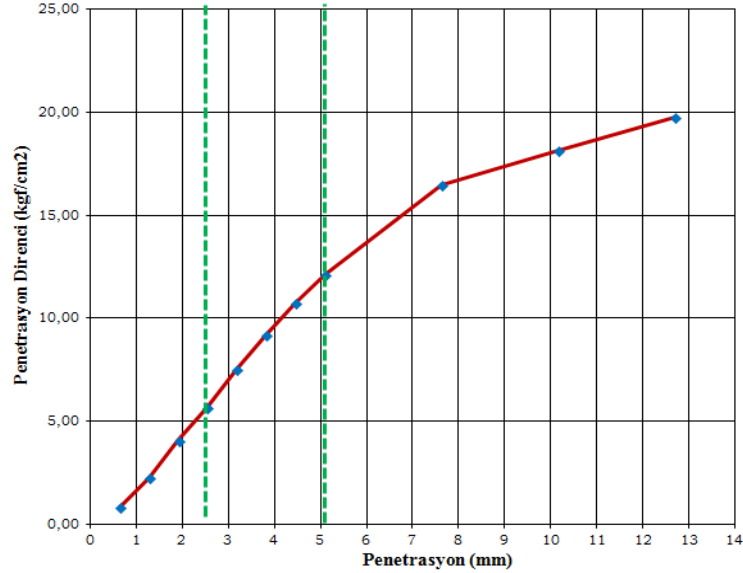
CBR DENEYİ

<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Deney Tarihi:</b> 15 Mayıs 2018 Sah
<b>Numune Sınıfı:</b> %95 Bentonit + %5 KMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b> 3
<b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b> 56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm	<b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305


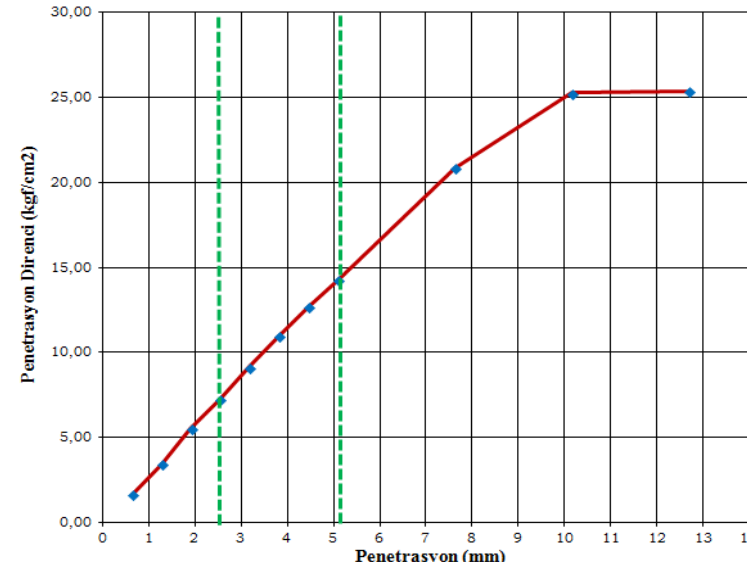
Su içeriği			
Kap No	18	19	
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	46,62	50,14	
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	43,55	46,97	
Kap Ağırlığı (gr)	32,11	35,8	51,21
Su içeriği (%)	26,8	28,4	0,0
Ortalama Su İçeriği (%)	27,6		


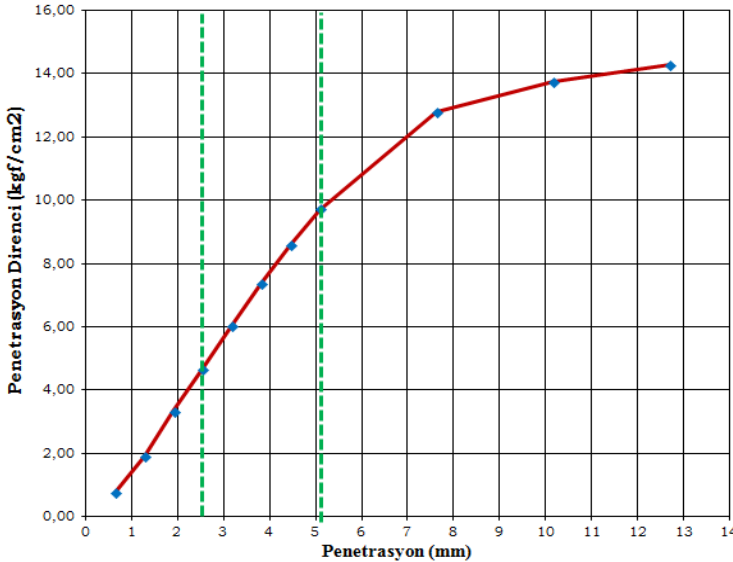
TARTILAR / WEIGHTS	
Kalıp + Numune (gr)	10119,5
Kalıp (gr)	6748

BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,463
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,146



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		5,68	12,1
CBR	2,54/5,08	8,1	11,5
	Max.	11,5	

		<b>NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>																													
11. Çevrim		CBR DENEYİ																													
<b>Deneyi Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %50 Bentonit + %50 KMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 29 Mayıs 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı:</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Su içeriği</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kap No</td> <td>8</td> <td>11</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>22,9</td> <td>28,04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>21,36</td> <td>26,77</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kap Ağırlığı (gr)</td> <td>14,9</td> <td>15,3</td> <td>50,57</td> </tr> <tr> <td>Su içeriği (%)</td> <td>23,8</td> <td>11,1</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Ortalama Su İçeriği (%)</td> <td colspan="3">17,5</td> </tr> </tbody> </table>				Su içeriği				Kap No	8	11		Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	22,9	28,04		Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	21,36	26,77		Kap Ağırlığı (gr)	14,9	15,3	50,57	Su içeriği (%)	23,8	11,1	0,0	Ortalama Su İçeriği (%)	17,5		
Su içeriği																															
Kap No	8	11																													
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	22,9	28,04																													
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	21,36	26,77																													
Kap Ağırlığı (gr)	14,9	15,3	50,57																												
Su içeriği (%)	23,8	11,1	0,0																												
Ortalama Su İçeriği (%)	17,5																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TARTILAR / WEIGHTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kalip + Numune (gr)</td> <td>11894,5</td> </tr> <tr> <td>Kalip (gr)</td> <td>7947,5</td> </tr> </tbody> </table>				TARTILAR / WEIGHTS		Kalip + Numune (gr)	11894,5	Kalip (gr)	7947,5																						
TARTILAR / WEIGHTS																															
Kalip + Numune (gr)	11894,5																														
Kalip (gr)	7947,5																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">BİRİM AĞIRLIKLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yaş Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,712</td> </tr> <tr> <td>Kuru Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,458</td> </tr> </tbody> </table>				BİRİM AĞIRLIKLAR		Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,712	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,458																						
BİRİM AĞIRLIKLAR																															
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,712																														
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,458																														
																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Deney No</th> <th colspan="2">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Penetrasyon</td> <td>2,54</td> <td>5,08</td> </tr> <tr> <td>Standart Gerilme</td> <td rowspan="2">kgf/cm<sup>2</sup></td> <td>70,4</td> <td>105,6</td> </tr> <tr> <td>Düz.Yük</td> <td>7,26</td> <td>14,28</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CBR</td> <td>2,54/5,08</td> <td rowspan="2">%</td> <td>10,3</td> </tr> <tr> <td>Max.</td> <td>13,5</td> </tr> </tbody> </table>				Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6	Düz.Yük	7,26	14,28	CBR	2,54/5,08	%	10,3	Max.	13,5							
Deney No		1																													
Penetrasyon		2,54	5,08																												
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6																												
Düz.Yük		7,26	14,28																												
CBR	2,54/5,08	%	10,3																												
	Max.		13,5																												

		<b>NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ</b> <b>İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD</b> <b>ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ</b>																													
11. Çevrim		CBR DENEYİ																													
<b>Deney Yapan:</b> FEB 2017/11-YÜLTEP <b>Numune Sınıfı:</b> %95 Bentonit + %5 DMT <b>Tokmağın Ağırlığı:</b> 2,5 kg <b>Moldun Çapı, d:</b> 152 mm <b>Moldun Yüksekliği, h:</b> 127 mm		<b>Deney Tarihi:</b> 15 Mayıs 2018 Salı <b>Düşme Yüksekliği:</b> 30 cm <b>Tabaka Sayısı:</b> 3 <b>Darbe Sayısı :</b> 56 <b>Kalıp Hacmi cm<sup>3</sup>:</b> 2305 cm <sup>3</sup>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Su içeriği</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kap No</td> <td>20</td> <td>21</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>48,71</td> <td>47,82</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)</td> <td>45,22</td> <td>45,06</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kap Ağırlığı (gr)</td> <td>34,66</td> <td>36,72</td> <td>50,57</td> </tr> <tr> <td>Su içeriği (%)</td> <td>33,0</td> <td>33,1</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Ortalama Su içeriği (%)</td> <td colspan="3">33,1</td> </tr> </tbody> </table>				Su içeriği				Kap No	20	21		Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	48,71	47,82		Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	45,22	45,06		Kap Ağırlığı (gr)	34,66	36,72	50,57	Su içeriği (%)	33,0	33,1	0,0	Ortalama Su içeriği (%)	33,1		
Su içeriği																															
Kap No	20	21																													
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	48,71	47,82																													
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	45,22	45,06																													
Kap Ağırlığı (gr)	34,66	36,72	50,57																												
Su içeriği (%)	33,0	33,1	0,0																												
Ortalama Su içeriği (%)	33,1																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TARTILAR / WEIGHTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kalıp + Numune (gr)</td> <td>11204,5</td> </tr> <tr> <td>Kalıp (gr)</td> <td>7627,5</td> </tr> </tbody> </table>				TARTILAR / WEIGHTS		Kalıp + Numune (gr)	11204,5	Kalıp (gr)	7627,5																						
TARTILAR / WEIGHTS																															
Kalıp + Numune (gr)	11204,5																														
Kalıp (gr)	7627,5																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">BİRİM AĞIRLIKLAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yaş Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,552</td> </tr> <tr> <td>Kuru Birim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1,166</td> </tr> </tbody> </table>				BİRİM AĞIRLIKLAR		Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,552	Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,166																						
BİRİM AĞIRLIKLAR																															
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,552																														
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,166																														
																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Deney No</th> <th colspan="2">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Penetrasyon</td> <td>2,54</td> <td>5,08</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Standart Gerilme</td> <td>70,4</td> <td>105,6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Düz.Yük</td> <td>4,67</td> <td>9,72</td> </tr> <tr> <td>CBR</td> <td>2,54/5,08</td> <td>6,6</td> <td>9,2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Max.</td> <td colspan="2">9,2</td> </tr> </tbody> </table>				Deney No		1		Penetrasyon		2,54	5,08	Standart Gerilme		70,4	105,6	Düz.Yük		4,67	9,72	CBR	2,54/5,08	6,6	9,2		Max.	9,2					
Deney No		1																													
Penetrasyon		2,54	5,08																												
Standart Gerilme		70,4	105,6																												
Düz.Yük		4,67	9,72																												
CBR	2,54/5,08	6,6	9,2																												
	Max.	9,2																													



**NIĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ, GEOTEKNİK ABD**  
**ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİ**

11. Çevrim

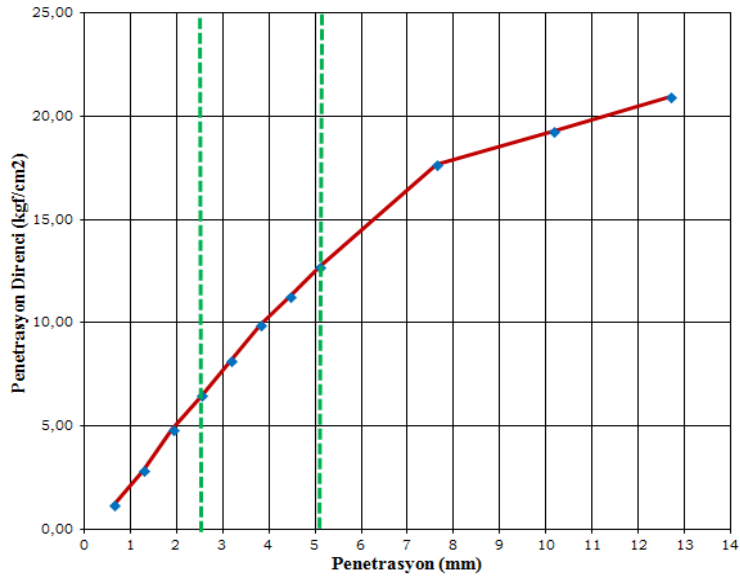
CBR DENEYİ

<b>Denei Yapan:</b>	FEB 2017/11-YÜLTEP	<b>Denei Tarihi:</b>	29 Mayıs 2018 Salı
<b>Numune Sınıfı:</b>	%50 Bentonit + %50 DMT	<b>Düşme Yüksekliği:</b>	30 cm
<b>Tokmağın Ağırlığı:</b>	2,5 kg	<b>Tabaka Sayısı:</b>	3
<b>Moldun Çapı, d:</b>	152 mm	<b>Darbe Sayısı :</b>	56
<b>Moldun Yüksekliği, h:</b>	127 mm	<b>Kalip Hacmi cm<sup>3</sup>:</b>	2305 cm <sup>3</sup>

Su içeriği			
Kap No	12	13	
Kap + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	47,04	39,69	
Kap + Kuru Numune Ağırlığı (gr)	44,8	38,29	
Kap Ağırlığı (gr)	32,07	31,97	51,58
Su içeriği (%)	17,6	22,2	0,0
Ortalama Su İçeriği (%)	19,9		

TARTILAR / WEIGHTS	
Kalip + Numune (gr)	10615,5
Kalip (gr)	6779,5

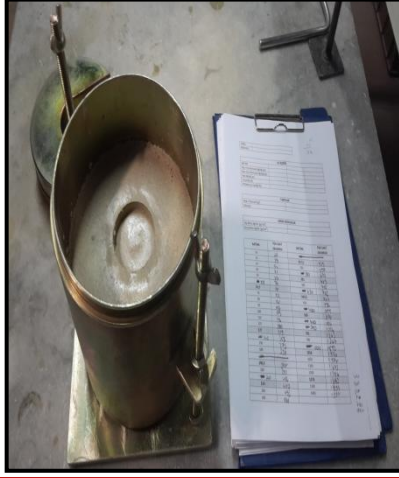
BİRİM AĞIRLIKLAR	
Yaş Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,664
Kuru Birim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	1,388



Deney No		1	
Penetrasyon		2,54	5,08
Standart Gerilme	kgf/cm <sup>2</sup>	70,4	105,6
Düz.Yük		6,47	12,77
CBR	2,54/5,08	9,2	12,1
	Max.	12,1	

**Ek-G** Kaolen ve Bentonitin Anlık CBR Deneyi Sonrası Resimleri

EK-G1



**ANLIK KATKISIZ KAOLEN**



**ANLIK %95 KAOLEN + %5**



**ANLIK %90 KAOLEN + %10DMT**



**ANLIK %80 KAOLEN + %20 KMT**

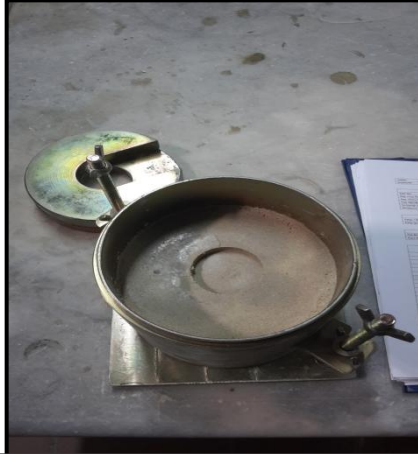


**ANLIK %70 KAOLEN + %30 KMT**



**ANLIK %50 KAOLEN + %50 KMT**

Ek-G2



**ANLIK KATKISIZ KAOLEN**



**ANLIK %95 KAOLEN + %5 DMT**



**ANLIK %90 KAOLEN + %10 DMT**



**ANLIK %80 KAOLEN + %20 DMT**



**ANLIK %70 KAOLEN + %30 DMT**



**ANLIK %50 KAOLEN + %50 DMT**

Ek-G3



**ANLIK KATKISIZ BENTONİT**



**ANLIK %95 BENTONİT + %5 KMT**



**ANLIK %90 BENTONİT + %10KMT**



**ANLIK %80 BENTONİT + %20KMT**



**ANLIK %70 BENTONİT + %30KMT**



**ANLIK %50 BENTONİT + %50KMT**

Ek-G4



**ANLIK KATKISIZ BENTONİT**



**ANLIK %95 BENTONİT + %5 DMT**



**ANLIK %90 BENTONİT + %10 DMT**



**ANLIK %80 BENTONİT + %20DMT**



**ANLIK %70 BENTONİT + %30DMT**



**ANLIK %50 BENTONİT + %50DMT**

**Ek-H** Kaolen ve Bentonitin 7 Günlük Kür CBR Deneyi Sonrası Resimleri

Ek-H1



**7 GÜN KATKISIZ KAOLEN**

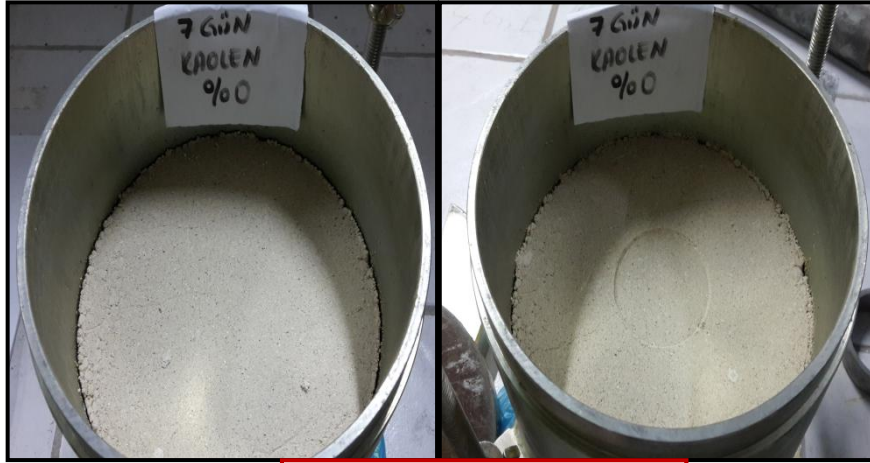


**7 GÜN %95 KAOLEN + %5 KMT**

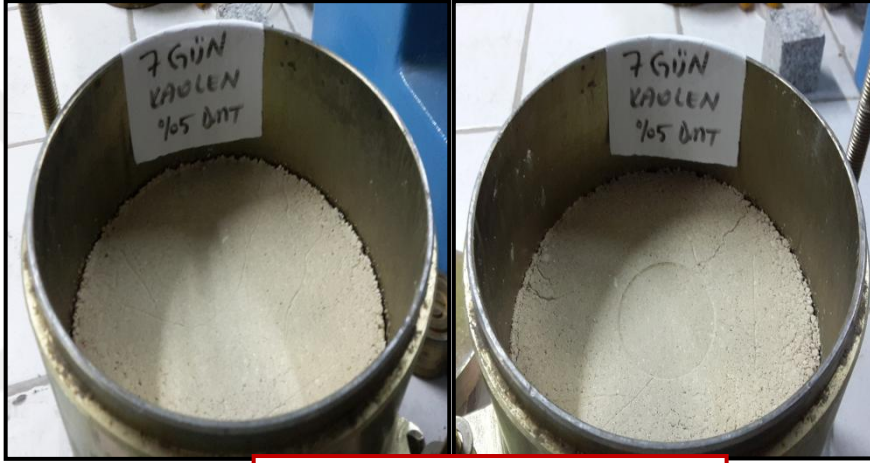


**7 GÜN %50 KAOLEN + %50 KMT**

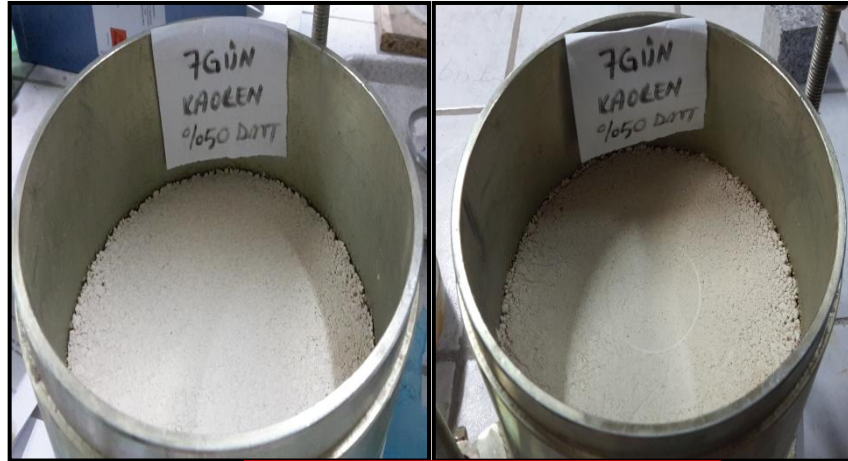
Ek-H2



7 GÜN KATKISIZ KAOLEN



7 GÜN %95 KAOLEN + %5 DMT



7 GÜN %50 KAOLEN + %50 DMT



7 GÜN KATKISIZ BENTONİT



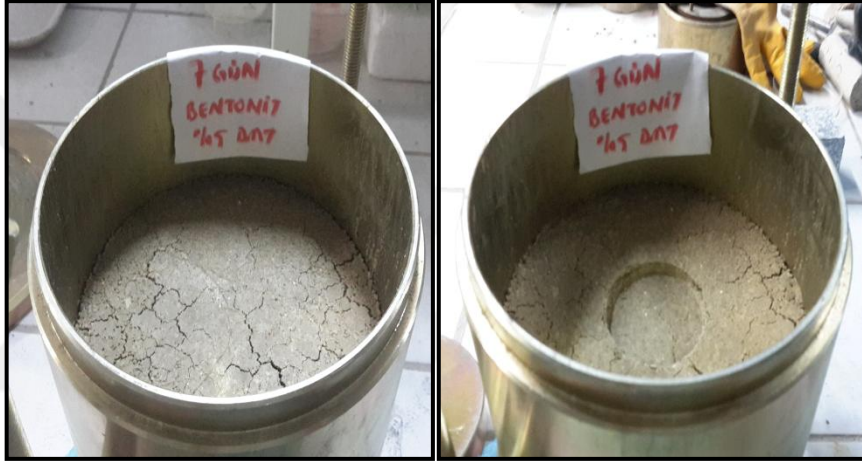
7 GÜN %95 BENTONİT+ %5 KMT



7 GÜN %50 BENTONİT+ %50 KMT



7 GÜN KATKISIZ BENTONİT



7 GÜN %95 BENTONİT+ %5 DMT



7 GÜN %50 BENTONİT+ %50 DMT

**Ek-I Kaolen ve Bentonitin 1 Aylık Kür CBR Deneyi Sonrası Resimleri**

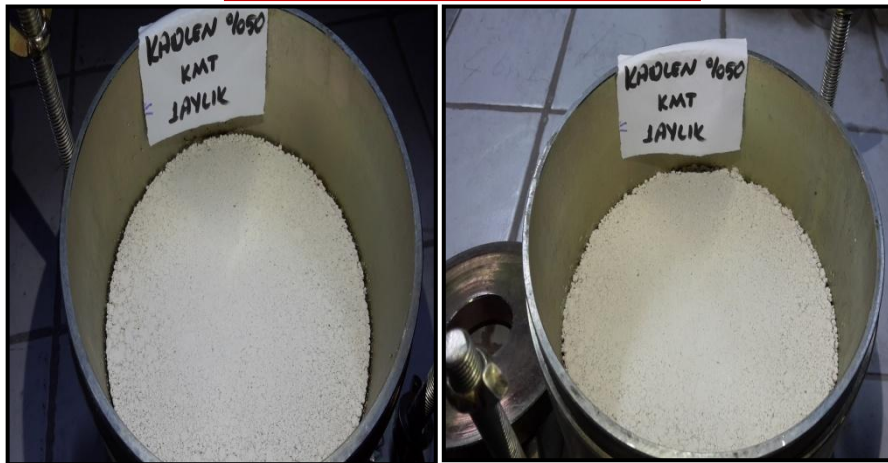
Ek-II



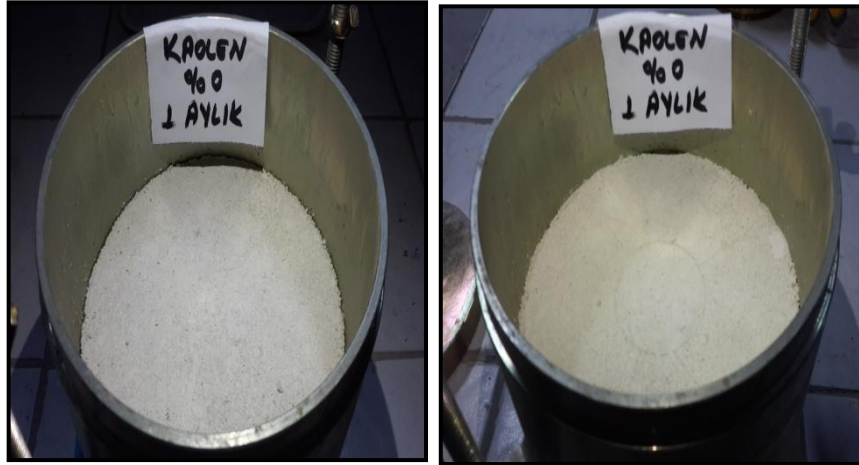
**1 AY KATKISIZ KAOLEN**



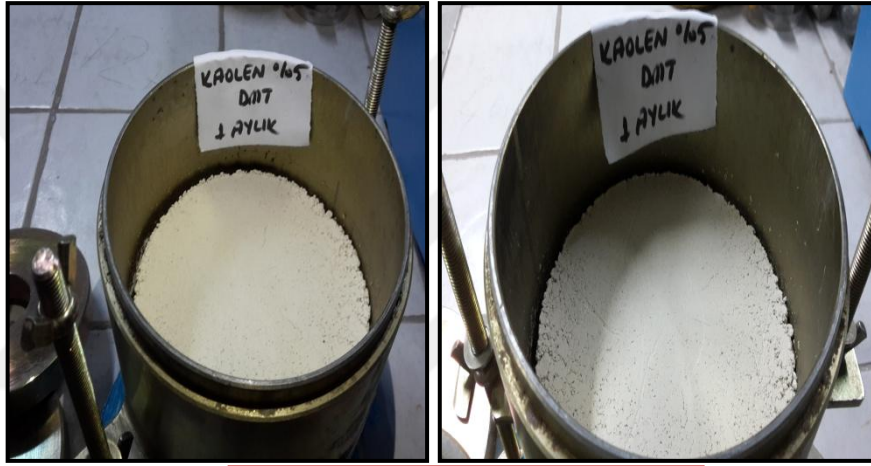
**1 AY %95 KAOLEN + %5 KMT**



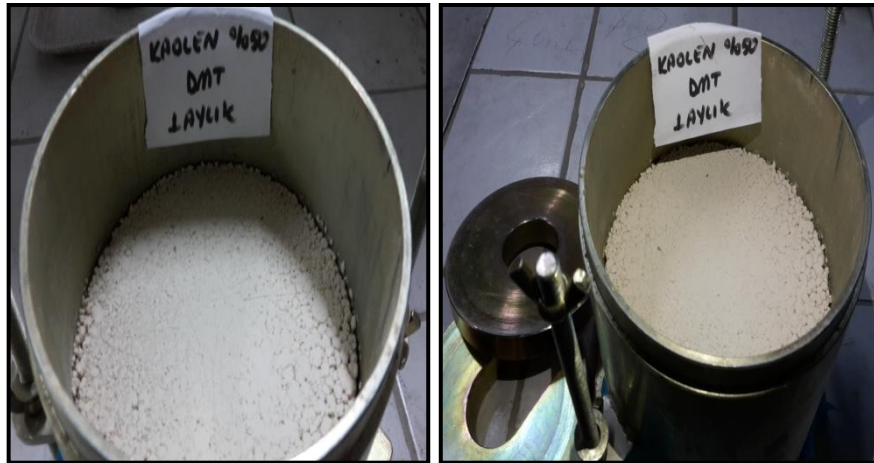
**1 AY %50 KAOLEN + %50 KMT**



1 AY KATKISIZ KAOLEN



1 AY %95 KAOLEN + %5 DMT



1 AY %50 KAOLEN + %50 DMT



1 AY KATKISIZ BENTONİT



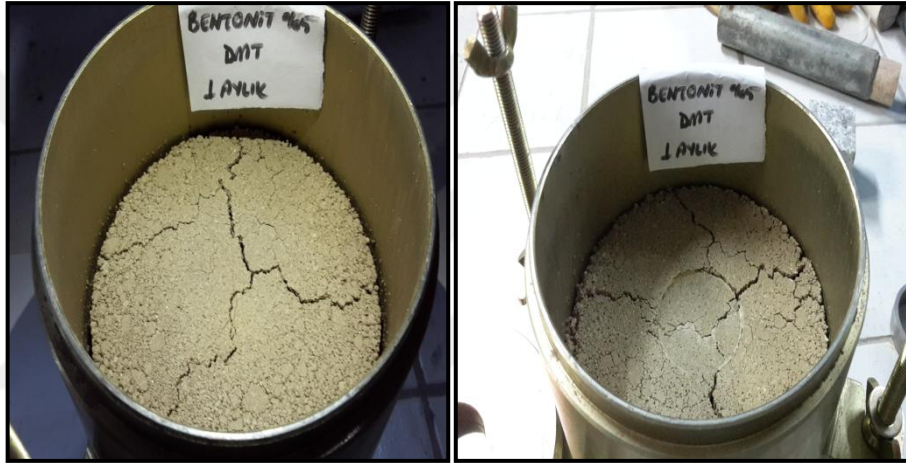
1 AY %95 BENTONİT+ %5 KMT



1 AY %50 BENTONİT+ %50 KMT



1 AY KATKISIZ BENTONİT



1 AY %95 BENTONİT+ %5 KMT



1 AY %50 BENTONİT+ %50 KMT

**Ek-K Kaolen ve Bentonitin evrim Serileri CBR Deneyi Sonrası Resimleri**

Ek-K1



**1. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN**



**1. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 KMT**



**1. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 KMT**

Ek-K2



1. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN



1. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 DMT



1. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 DMT



1. ÇEVİRİM KATKISIZ BENTONİT



1. ÇEVİRİM %95 BENTONİT + %5 KMT



1. ÇEVİRİM %50 BENTONİT + %50 KMT

Ek-K4



1. ÇEVİRİM KATKISIZ BENTONİT



1. ÇEVİRİM %95 BENTONİT + %5 DMT



1. ÇEVİRİM %50 BENTONİT + %50 DMT



**3. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN**



**3. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 KMT**



**3. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 KMT**



**3. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN**



**3. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 DMT**



**3. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 DMT**



**3. ÇEVİRİM KATKISIZ BENTONİT**



**3. ÇEVİRİM %95 BENTONİT + %5 KMT**



**3. ÇEVİRİM %50 BENTONİT + %50 KMT**



**3. CEVRİM KATKISIZ BENTONİT**



**3. CEVRİM %95 BENTONİT + %5 DMT**



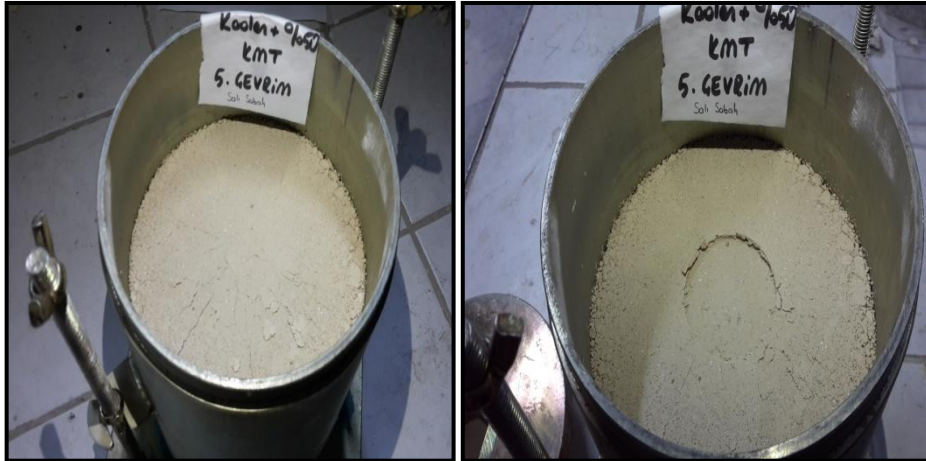
**3. CEVRİM %50 BENTONİT + %50 DMT**



5. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN



5. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 KMT



5. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 KMT



5. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN



5. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 DMT



5. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 DMT



5. ÇEVİRİM KATKISIZ BENTONİT



5. ÇEVİRİM %95 BENTONİT + %5 KMT



5. ÇEVİRİM %50 BENTONİT + %50 KMT



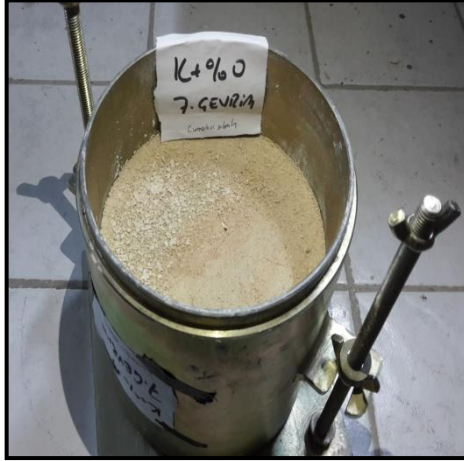
**5. ÇEVİRİM KATKISIZ BENTONİT**



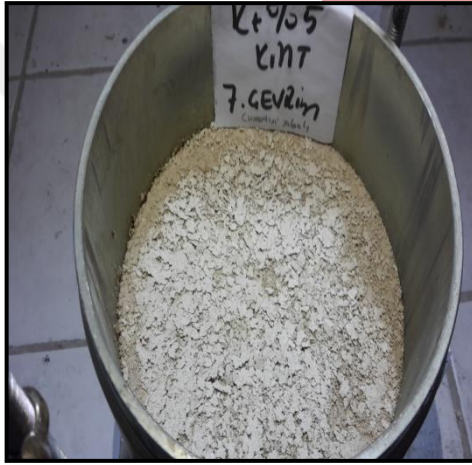
**5. ÇEVİRİM %95 BENTONİT + %5 DMT**



**5. ÇEVİRİM %50 BENTONİT + %50 DMT**



7. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN



7. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 KMT



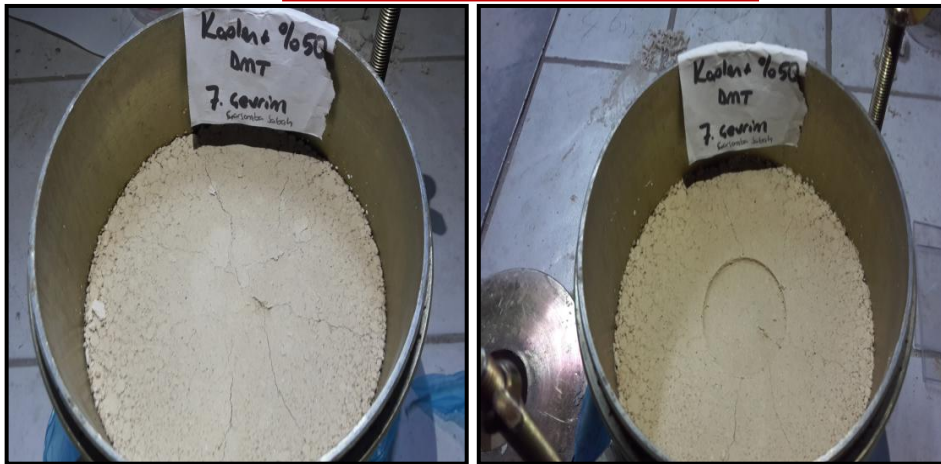
7. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 KMT



7. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN



7. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 DMT



7. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 DMT



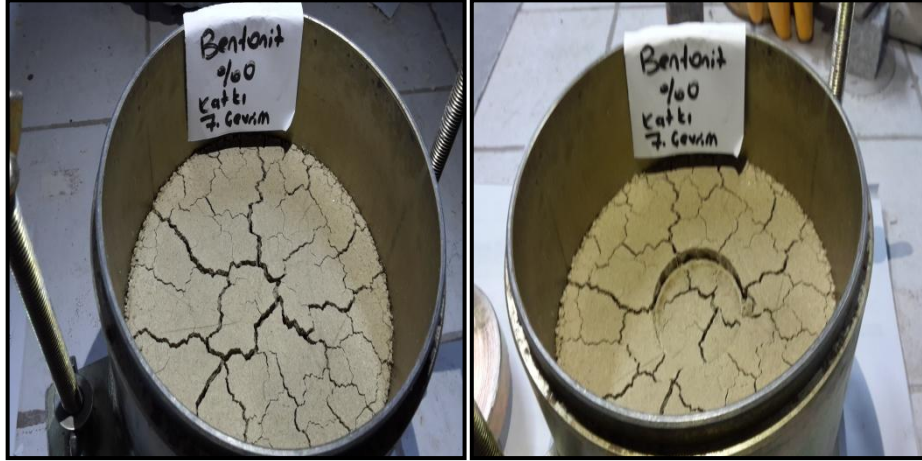
7. CEVRİM KATKISIZ BENTONİT



7. CEVRİM %95 BENTONİT + %5 KMT



7. CEVRİM %50 BENTONİT + %50 KMT



7. ÇEVİRİM KATKISIZ BENTONİT



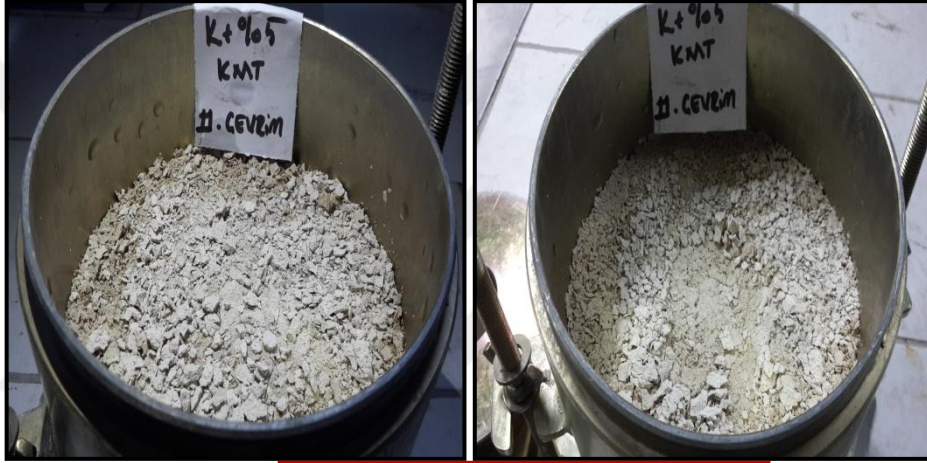
7. ÇEVİRİM %95 BENTONİT + %5 DMT



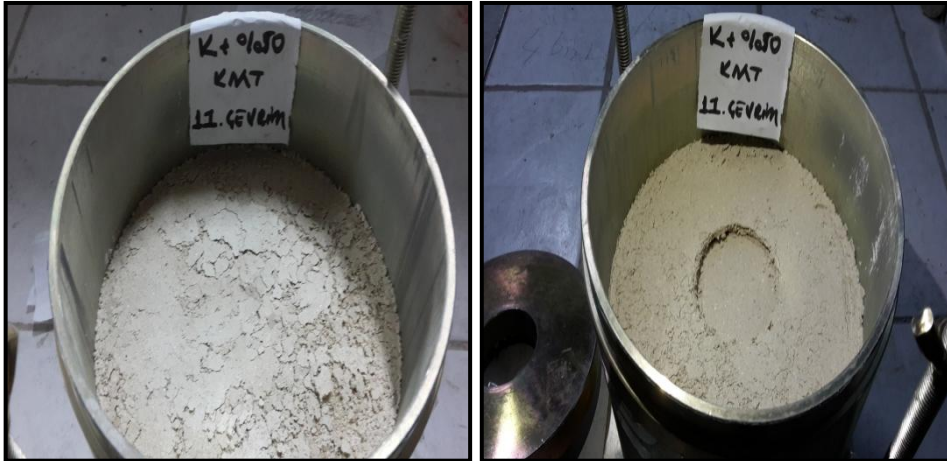
7. ÇEVİRİM %50 BENTONİT + %50 DMT



11. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN



11. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 KMT



11. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 KMT



11. ÇEVİRİM KATKISIZ KAOLEN



11. ÇEVİRİM %95 KAOLEN + %5 DMT



11. ÇEVİRİM %50 KAOLEN + %50 DMT



11. ÇEVİRİM KATKISIZ BENTONİT



11. ÇEVİRİM %95 BENTONİT + %5 KMT



11. ÇEVİRİM %50 BENTONİT + %50 KMT



11. ÇEVİRİM KATKISIZ BENTONİT



11. ÇEVİRİM %95 BENTONİT + %5 DMT



11. ÇEVİRİM %50 BENTONİT + %50 DMT

## ÖZ GEÇMİŞ

Ayşegül YORULMAZ 09.03.1992 tarihinde Kayseri’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kayseri’ de tamamladı. 2011 yılında girdiği Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden Şubat 2016 yılında mezun oldu. 2016-2017 yılında başladığı Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi’ndeki yüksek lisans öğrenimine halen devam etmektedir.



