

**Mersin İli Merkez Yerleşim Alanındaki Kohezyonlu
Zeminlerin İndeks ve Konsolidasyon Özelliklerinin
Belirlenmesi**

AYDIN ALPTEKİN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
TEMMUZ-2016**

**Mersin İli Merkez Yerleşim Alanındaki Kohezyonlu
Zeminlerin İndeks ve Konsolidasyon Özelliklerinin
Belirlenmesi**

AYDIN ALPTEKİN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Hidayet TAĞA**

**MERSİN
TEMMUZ - 2016**

Aydın ALPTEKİN tarafından Yrd. Doç. Dr. Hidayet TAĞA danışmanlığında hazırlanan “Mersin İli Merkez Yerleşim Alanındaki Kohezyonlu Zeminlerin İndeks ve Konsolidasyon Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İMZA

Yrd. Doç. Dr. Hidayet TAĞA

Yrd. Doç. Dr. Özgür Lütfi ERTUĞRUL

Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN



Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun 29/08/2016 tarih ve 2016.32/879 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

Mersin İli Merkez Yerleşim Alanındaki Kohezyonlu Zeminlerin İndeks ve Konsolidasyon Özelliklerinin Belirlenmesi

Aydın ALPTEKİN

ÖZ

Bu tez çalışması kapsamında, 1/25.000 ölçekli O33-a3 ve O33-a4 paftalarında yer alan çalışma alanındaki kohezyonlu zeminlerin indeks ve konsolidasyon parametreleri araştırılmıştır.

Çalışma alanının 4 farklı yerinden sondaj yardımıyla örselenmemiş örnekler alınmış ve bu örnekler üzerinde Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda indeks deneylerden nem içeriği, özgül ağırlık ve Kıvam Limitleri deneyleri ile mekanik deneylerden konsolidasyon deneyi yapılmıştır.

Ayrıca çalışma alanında özel firmalar tarafından parsel bazında gerçekleştirilen 8 adet jeoteknik etüd raporundan 54 adet indeks ve konsolidasyon verisi elde edilmiştir.

Oluşturulan veri setinde 18 adet deniz sondajı ve 40 adet kara sondajı olmak üzere toplamda 58 adet veri bulunmaktadır.

MS Excel yazılımı kullanılarak inceleme alanındaki 58 adet zemin örneğinin indeks ve konsolidasyon özellikleri basit ve çoklu regresyon analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Analiz sonucuna göre indeks özelliklerden Likid Limit (LL), Plastik Limit (PL), Plastisite İndisi (PI), yoğunluk (ρ), birim hacim ağırlık (γ) ve ilk boşluk oranı (e_0) ile konsolidasyon özelliklerden sıkışma indisi (C_c) ve şişme indisi (C_s) parametreleri arasındaki ilişkiler saptanmıştır. Bulunan sonuçlar literatürde bulunmuş olunan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mersin, Kohezyonlu Zemin, MS Excel, Regresyon Analizi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hidayet TAĞA, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Determination of index and consolidation properties of cohesive soils located at the urban settlement of the Mersin Province

Aydın ALPTEKİN

ABSTRACT

By this study, the index and consolidation parameters of the cohesive soils located in the 1/25.000 scale O33-a3 and O33-a4 section were investigated.

4 different undisturbed samples were taken from the study area with drilling methods. Laboratory tests including index tests; water content determination, specific gravity, Atterberg Limits and consolidation test from mechanical tests were done at the Mersin University Faculty of Engineering Soil Mechanics Laboratory.

Moreover, 54 index and consolidation test data were taken from 8 geotechnical reports taken place at parcel base done by private firms.

The data set includes 58 test data and 18 of them marine test data and 40 of them are land test data.

The index and consolidation parameters of the 58 soil samples at the study area were investigated with simple and multiple regression analysis by using MS Excel software. According to the analysis, the relations between index properties; Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), Plasticity Index (PI), density (ρ), unit weight (γ) and initial void ratio (e_0) and consolidation properties; compression index (C_c) and swelling index (C_s) were determined. Obtained results were compared with the ones at the literature.

Keywords: Mersin, Cohesive soils, MS Excel, Regression Analyses

Advisor: Ass. Prof. Dr. Hidayet TAĞA, Mersin University, Department of Geological Engineering

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda yardımlarını esirgemeyen sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Hidayet TAĞA' ya, Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN'e ve Yrd. Doç.Dr. Özgür Lütfi ERTUĞRUL'a

2015-TP2-1178 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında hazırlanan bu tez çalışması için verdikleri maddi destekten ötürü Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi' ne,

Veri setini oluşturmamızda bize yardımcı olan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mersin İl Müdürlüğü ve çalışanlarına,

Eğitim hayatım boyunca bana her anlamda destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGE ve KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	3
2.1 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ	3
2.1.1. Kuzgun Formasyonu.....	3
2.1.2. Handere Formasyonu.....	3
2.1.3. Delta Çökelleri.....	3
2.1.4. Alüvyon.....	3
2.1.5. Kalış.....	3
2.2 JEOTEKNİK ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1. MATERYAL	12
3.2. YÖNTEM	12
3.2.1. Örnek Alınması ve Örneklerle Yapılan Laboratuvar Deneyleri	12

3.2.1.1. Konsolidasyon deneyi	12
3.2.1.1.1. Deney öncesi hazırlıklar	12
3.2.1.1.2. Deneyin yapılışı.....	13
3.2.1.1.3. Hesaplamalar	13
3.2.1.2. Nem içeriği deneyi	14
3.2.1.3. Özgül ağırlık deneyi.....	14
3.2.1.4. Kıyım limitleri	15
3.2.1.4.1. Likid limit	15
3.2.1.4.2. Plastik limit	15
3.2.1.4.3. Plastisite indisi	16
3.2.2. Veri setinin oluşturulması	16
3.2.3. Altlık Harita Oluşturulması.....	16
3.2.4. İstatistiksel Çalışmalar	16
3.2.4.1. Regresyon türleri	16
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	18
4.1 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ.....	18
4.2. VERİ SETİ.....	18
4.3. LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI	18
4.3.1. Konsolidasyon Deneyi Sonuçları.....	19
4.4. İSTATİSTİKSEL ÇALIŞMALAR	21
4.4.1. Minimum Değer	21
4.4.2. Maksimum Değer.....	21
4.4.3. Aritmetik Ortalama	21
4.4.4. Standart Sapma.....	21
4.5 REGRESYON ÇALIŞMALARI	22

4.5.1. Basit Regresyon	22
4.5.1.1. Determinasyon katsayısı (R^2).....	23
4.5.1.2. Korelasyon katsayısı (r)	23
4.5.1.1. Literatürdeki eşitlikler ile karşılaştırmalar	30
4.5.2. Çoklu Regresyon.....	31
4.6. HARİTALARIN OLUŞTURULMASI.....	31
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	53
EKLER.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Skempton (1944) [1] tarafından önerilen eşitlik.....	5
Çizelge 2.2. Azzouz ve diğ. tarafından (1976) [2] önerilen eşitlikler.....	5
Çizelge 2.3. Silva ve Jordan tarafından (1984) [3] önerilen eşitlikler.....	6
Çizelge 2.4. Al-Khafaji ve diğ. tarafından (1992) [4] önerilen eşitlik.....	6
Çizelge 2.5. Sridharan ve Nagaraj tarafından (2000) [5] önerilen eşitlik.....	6
Çizelge 2.6. Lav ve Ansal tarafından (2001) [6] önerilen eşitlikler.....	7
Çizelge 2.7. Yoon ve diğ. tarafından (2004) [7] önerilen eşitlikler.....	7
Çizelge 2.8. Park ve Koumoto tarafından (2004) [8] önerilen eşitlikler.....	8
Çizelge 2.9. Yoon ve Kim tarafından [9] (2006) önerilen eşitlik.....	8
Çizelge 2.10. Özer ve diğ. tarafından (2008) [10] önerilen eşitlikler.....	8
Çizelge 2.11. Işık tarafından (2009) [11] önerilen eşitlikler.....	8
Çizelge 2.12. Al-Kahdaar ve Al-Ameri tarafından (2010) [12] önerilen eşitlikler.....	9
Çizelge 2.13. Park ve Lee tarafından (2011) [13] önerilen eşitlikler.....	9
Çizelge 2.14. Abbasi ve diğ. tarafından (2012) [14] önerilen eşitlikler.....	9
Çizelge 2.15. Kalantary ve Kordnaej tarafından (2012) [15] önerilen eşitlikler.....	10
Çizelge 2.16. Akayuli ve Ofosu tarafından (2013) [16] önerilen eşitlikler.....	10
Çizelge 2.17. Lee ve diğ. tarafından (2015) [18] önerilen eşitlikler.....	11
Çizelge 3.1. Laboratuvarda Gerçekleştirilen Deneyler ve Standartları.....	12
Çizelge 3.2. Basit regresyon türleri ve denklemleri.....	17
Çizelge 4.1. Sondaj kuyularının koordinatları.....	18
Çizelge 4.2. Laboratuvar deney sonuçları.....	18
Çizelge 4.3. Veri setindeki parametrelere ait istatistiksel veriler.....	22
Çizelge 4.4. Cc için basit regresyon analizi ile elde etmiş olduğumuz eşitlikler.....	22
Çizelge 4.5. Cs için basit regresyon analizi ile elde etmiş olduğumuz eşitlikler.....	26
Çizelge 4.6. Cc ve LL arasında önerilmiş olunan eşitlikler.....	30
Çizelge 4.7. Cc ve e_0 arasında önerilmiş olan eşitlikler.....	30
Çizelge 4.8. Cc parametresi için çoklu regresyonla elde edilmiş eşitlikler.....	31
Çizelge 4.9. Cs parametresi için çoklu regresyonla elde edilmiş eşitlikler.....	31

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Yer bulduru haritası	2
Şekil 2.1. Dikme kesit (Şenol ve diğ. 1998 [32] ve Tağa ve Demirkol 1996 [33]'dan değiştirilerek).	4
Şekil 3.1. e-log P grafiği	14
Şekil 4.1. 1 numaralı örneğin e-logP grafiği	19
Şekil 4.2. 2 numaralı örneğin e-logP grafiği	19
Şekil 4.3. 3 numaralı örneğin e-logP grafiği	20
Şekil 4.4. 4 numaralı örneğin e-logP grafiği	20
Şekil 4.5. Cc ve LL arasındaki basit regresyon.....	23
Şekil 4.6. Cc ve PL arasındaki basit regresyon.....	24
Şekil 4.7. Cc ve PI arasındaki basit regresyon.....	24
Şekil 4.8. Cc ve p arasındaki basit regresyon.....	25
Şekil 4.9. Cc ve γ arasındaki basit regresyon.....	25
Şekil 4.10. Cc ve e_0 arasındaki basit regresyon	26
Şekil 4.11. Cs ve LL arasındaki basit regresyon.....	27
Şekil 4.12. Cs ve PL arasındaki basit regresyon	27
Şekil 4.13. Cs ve PI arasındaki basit regresyon	28
Şekil 4.14. Cs ve p arasındaki basit regresyon.....	28
Şekil 4.15. Cs ve γ arasındaki basit regresyon.....	29
Şekil 4.16. Cs ve e_0 arasındaki basit regresyon.....	29
Şekil 4.17. Örnekleme noktaları.....	33
Şekil 4.18. Eğim haritası	34
Şekil 4.19. Bakı haritası	35
Şekil 4.20. Cc parametresinin değişimi.....	36
Şekil 4.21. Cs parametresinin değişimi.....	37
Şekil 4.22. e_0 parametresinin değişimi	38
Şekil 4.23. LL parametresinin değişimi	39
Şekil 4.24. PL parametresinin değişimi	40
Şekil 4.25. PI parametresinin değişimi	41
Şekil 4.26. p parametresinin değişimi	42
Şekil 4.27. γ parametresinin değişimi	43
Şekil 4.28. Cc parametresi alansal dağılımı	44
Şekil 4.29. Cs parametresi alansal dağılımı	45
Şekil 4.30. e_0 parametresi alansal dağılımı	46
Şekil 4.31. LL parametresi alansal dağılımı	47
Şekil 4.32. PL parametresi alansal dağılımı.....	48
Şekil 4.33. PI parametresi alansal dağılımı.....	49
Şekil 4.34. p parametresi alansal dağılımı	50
Şekil 4.35. γ parametresi alansal dağılımı.....	51

EKLER DİZİNİ

Sayfa

Ek-1. Veri setine ait bilgiler	57
Ek-2. Veri setindeki Parametreler	60
Ek-3. Plastisite Diyagramı	64
Ek-4. Genel Jeoloji Haritası (Şenol ve diğ. 1998 [32] ve Tağa ve Demirkol 1996 [33]'dan değiştirilerek).....	65



SİMGE ve KISALTMALAR

C_c =Sıkışma İndisi

C_s =Şişme İndisi

e_0 =İlk boşluk oranı

LL=Likid Limit

PL=Plastik Limit

BL= Büzülme Limiti

I_s = Büzülme İndeksi

PI=Plastisite İndisi

G_s =Özgül Ağırlık

n_0 =İlk porozite değeri

w =Nem İçeriği (%)

W_n =Doğal nem içeriği (%)

ρ =Yoğunluk (g/cm^3)

γ =Birim Hacim Ağırlık (kN/m^3)

H=Tabaka kalınlığı (m)

σ_0 =Zemine etkiyen efektif gerilme (kPa)

$\Delta\sigma$ = Yapıdan dolayı etkiyen gerilme (kPa)

μ =Aritmetik Ortalama

σ =Standart Sapma

1. GİRİŞ

Mersin ilinin nüfusu almakta olduğu göçler sonucu sürekli artmaktadır. Nüfus artışına paralel olarak şehirdeki inşaat çalışmaları hız kazanmıştır. Yapıların projelendirilmesi aşamasındaki ilk adımı mühendislik projesinin temelini oluşturacağı zeminin özelliklerinin belirlenmesi oluşturur. Zemin özellikleri parsel bazında yapılan zemin etütleri ile belirlenmektedir. Zemin etüt kapsamında yapılan sondaj çalışması sayesinde araziden alınan örneklere laboratuvar ortamında çeşitli deneyler yapılarak zemin özellikleri belirlenmektedir. Toprak zeminlerde sıvılaşma, şişme, taşıma gücünü yitirme vb. zemin sorunları görülür. Bu sorunlardan bir tanesi de oturma ve farklı oturmadır. Oturma miktarının hesaplanabilmesi için gereken parametrelerden sıkışma indisi (Cc) ve şişme indisi (Cs) konsolidasyon deneyinden elde edilmektedir. Konsolidasyon deneyinin yapılabilmesi için kohezyonlu zeminden örselenmemiş örnek alınması gerekmektedir. Konsolidasyon deneyini yapmak uzun süren, zahmetli ve maliyetli bir iştir. Bu yüzden konsolidasyon deneyini yapmadan Cc ve Cs parametrelerini dolaylı yoldan belirlemek amacıyla, indeks özelliklerle konsolidasyon özellikleri arasında korelasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında, konsolidasyon deneyinden elde edilen Cc ve Cs parametreleri ile indeks deneylerden elde edilen parametreler arasındaki ilişkiler incelenecektir.

Çalışma alanında 1/25.000 ölçekli O33-a3 ve O33-a4 paftalarında yer almaktadır (Şekil 1.1.).

Literatürde bu konu hakkında yapılmış bir çok çalışma bulunmaktadır [1-18]. Bu çalışmada da konsolidasyon deneyinden elde edilen Cc ve Cs parametreleri ile indeks deneylerden elde edilen parametreler arasındaki ilişkiler Mersin ili merkez yerleşim alanı için incelenmiştir.

Sondaj çalışmalarında Shelby tüpleri içerisinde alınmış olunan 4 adet örselenmemiş örneğe Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı 'nda mekanik deneylerden konsolidasyon deneyi [19], indeks deneylerden ise nem içeriği [20], özgül ağırlık [21] ve Kıvam Limitleri [22] deneyleri yapılmıştır. Ayrıca Mersin ilinde özel kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen 8 adet jeoteknik etüt çalışmasından [23-30] 54 adet veri elde edilerek toplamda 58 adet deney

sonucu bulunan bir veri seti hazırlanmıştır. Veri setinde yer alan parametreler arasındaki ilişkileri belirlemek için MS Excel 2013 [31] yazılımı kullanılmış ve yüksek korelasyon katsayısına (r) sahip olanlar değerlendirilmiştir.



Şekil 1.1. Yer bulduru haritası

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

Kaynak araştırmaları, çalışma alanının jeolojisi ve dünya genelinde indeks deneylerden elde edilen parametreler ile konsolidasyon deneyinden elde edilen parametreler arasındaki ilişkiler üzerine yapılmış olunan çalışmalar olmak üzere 2 kısımda incelenmiştir.

2.1 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli Mersin O33-a3 ve O33-a4 paftalarında bulunmaktadır. Çalışma alanında yüzeyleyen birimler Kuzgun formasyonu, Handere formasyonu, Delta Çökelleri ve alüvyondur (Şekil 2.1.).

2.1.1. Kuzgun Formasyonu

Kuzgun Formasyonu Tortoniyen-Messiniyen yaşlı olup içerisinde 4 ana birim bulunmaktadır. Bunlar; Kumtaşı-konglomera birimi, resifal kireçtaşı birimi, tüfi birimi ve kıltaşı (şeyl)-marn-silttaşı birimleridir [32].

2.1.2. Handere Formasyonu

Handere Formasyonu Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı olup 4 ana birimden oluşmaktadır. Bunlar; kıltaşı (şeyl)-marn-silttaşı birimi, fosilli oolitik kireçtaşı birimi, alçıttaşı (jips) ve kumtaşı-konglomera birimleridir [32].

2.1.3. Delta Çökelleri

Çalışma alanındaki delta çökellerinin Siciliyen sonlarına doğru çöküntü alanlarının akarsuların getirmiş olduğu malzemelerle dolması nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir [32].

2.1.4. Alüvyon

Çalışma alanındaki alüvyal topraklar taşkın ovalarında ve taban arazilerinde yer almaktadır [32].

2.1.5. Kaliş

Çalışma alanında sert kalişin altında paleosoik kökenli yumuşak kaliş bulunmaktadır ve yaklaşık 3 metre derinliğe ulaşmaktadır [32].

ERATEM	SİSTEM	SERİ	DEVRE	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR					
				ÜYE								
SENOZOYİK	KUVATERNER			ALÜVYON (Qa)			Siltli-kumlu çakıl					
				KOLÜVİYUM (Qc)			Kırmızı toprak, yüksek plastik siltli kil					
				KALIŞ (Qk)			Tepee yapılı sert katmanlı kabuk (Karbonat kabuk)					
				TERAS (Qt)			Tepee yapılı yumuşak katmanlı kabuk (Yumuşak kaliş)					
	TERTİYER	MIYOSEN	MESİNYEN-PLİYOSEN	HANDERE (Th)	Çiftikköy	120		Eski Menderesli Akarsu Çökeli				
						TORTONİYEN	KUZGUN (Tk)	Sarıveli	230		Gri kumtaşı, çakıltaşı ara seviyeleri ve mercer geometrilik kanal dolgusu içeren kırmızı çamurtaşı	
									Kuzgun Kireçtaşı	93		Kireçtaşı, marn ve kiltası arakatkılı, yer yer yumrulu, gevşek çimentolu sarı kumtaşı
						PALEOZOİK	ZİYARETTEPE (Pmz)				78	
												Karbonatlı Kumtaşı Konglomeratik Kireçtaşı Bol mercan, ekinit ve kırmızı algli kireçtaşı

Ölçeksiz

Şekil 2.1. Dikme kesit (Şenol ve diğ. 1998 [32] ve Tağa ve Demirkol 1996 [33]'dan değiştirilerek).

2.2 JEOTEKNİK ÇALIŞMALAR

Literatürde konsolidasyon deneyinden elde edilen sıkışma indisi (C_c) ve şişme indisi (C_s) parametreleri ile indeks deneylerden elde edilen parametreler arasındaki ilişkileri konu alan bir çok çalışma bulunmaktadır.

1944 yılında Skempton [1] tarafından yapılan bir çalışmada 25 adet örselenmiş örnek üzerinde konsolidasyon deneyi yapılmış ve bu sayede C_c parametresi belirlenmiş ve Kıvam Limitleri deneylerinden Likid Limit deneyi yapılarak LL parametresi belirlenmiş ve bunlar bir tablo olarak sunulmuştur. Tablodaki değerler MS Excel 2013 programı kullanılarak, bu iki parametre arasında bir eşitlik bulunmaktadır (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Skempton (1944) [1] tarafından önerilen eşitlik

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$C_c=(0.0076*LL)-0.087$	0.975	25

1976 yılında Azzouz ve diğ. [2] yaptıkları bir çalışmada 717 adet örselenmemiş örnek üzerinde yapılmış olunan konsolidasyon ve Likid Limit deneylerinin sonuçlarından bir veri seti oluşturmuşlardır. Örneklerin yaklaşık dörtte üçünü Yunanistan' dan geri kalanını ise Amerika Birleşik Devletleri' nden elde etmişlerdir. SPSS yazılımını kullanarak hem basit hemde çoklu regresyon analizleri yapılmış, C_c parametresi ile e_0 , W_n ve LL parametreleri arasında eşitlikler önermişlerdir (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2. Azzouz ve diğ. tarafından (1976) [2] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$C_c=0.37*(e_0+0.003*LL)-0.34$	0.86	678
$C_c=0.4*(e_0-0.25)$	0.85	717
$C_c=(0.009*W_n)+(0.002*LL)-0.1$	0.81	678
$C_c=0.01*(W_n-5)$	0.79	717
$C_c=0.006*(LL-9)$	0.59	678

1984 yılında Silva ve Jordan [3] tarafından yapılan bir çalışmada 180 adet örselenmemiş örnek üzerinde konsolidasyon deneyi yapılmıştır. C_c parametresi ile e_0 parametresi arasında hem Kuzey Batı Atlantik hem de Kuzey Pasifik bölgesi için eşitlikler önermişlerdir (Çizelge 2.3.).

Çizelge 2.3. Silva ve Jordan tarafından (1984) [3] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc= 0.70*(e_0-1.65)$	0.92	-
$Cc= 0.63*(e_0-1.13)$	0.90	-
$Cc=0.011*(LL-6.4)$	-	-

1992 yılında Al-Khafaji ve diğ. [4] yaptıkları bir çalışmada Herrero tarafından 1980 yılında yayınlanmış olan bir çalışmadan 72 adet veriyi kullanarak çoklu regresyon analizi yapmışlardır. Cc parametresi ile e_0 ve LL parametreleri arasında bir eşitlik önermişlerdir. LL parametresinin Cc parametresini belirlemede çokta bir öneminin olmadığını belirtmişlerdir (Çizelge 2.4.).

Çizelge 2.4. Al-Khafaji ve diğ. tarafından (1992) [4] önerilen eşitlik

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=-0.156+(0.411*e_0)+(0.00058*LL)$	0.957	72

2000 yılında Sridharan ve Nagaraj [5] 10 adet örselenmiş örnek üzerinde konsolidasyon deneyini ve Kıvam Limitleri deneylerinden Likid Limit, Plastik Limit ve Büzülme Limiti deneylerini yapmışlardır. Büzülme İndeksi (I_s) ile Plastisite indisi (PI) değerlerini hesaplamışlar ve Cc parametresi ile I_s , PI ve LL parametreleri arasında yüksek korelasyon katsayılı eşitlikler önermişlerdir (Çizelge 2.5.).

Çizelge 2.5. Sridharan ve Nagaraj tarafından (2000) [5] önerilen eşitlik

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=0.007*(I_s+18)$	0.96	10
$Cc=0.014*(PI+3.6)$	0.91	10
$Cc=0.008*(LL-12)$	0.78	10

2001 yılında Lav ve Ansal [6] tarafından yapılmış olunan bir çalışmada son 40 yıl içerisinde Türkiye' nin çeşitli yerlerinden alınan 300 adet örnek kullanılarak bir veri seti oluşturulmuştur. Konsolidasyon deneyi ve Kıvam Limitleri deneylerinden elde edilen parametrelere basit regresyon analizi yapmışlardır (Çizelge 2.6.).

Çizelge 2.6. Lav ve Ansal tarafından (2001) [6] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=0.618-(0.975*Yd)$	0.817	300
$\ln Cc=(1.272*\ln e_0)-1.282$	0.817	
$\ln Cc=(1.235*\ln W_n)-5.65$	0.803	
$Cc=0.006*(LL+1)$	0.509	

2004 yılında Yoon ve diğ. [7] Güney Kore' de kıyı bölgesinden alınmış olunan 1237 adet örselenmemiş inorganik deniz kili üzerinde yapılmış olunan konsolidasyon ve Kıvam Limitleri deneylerinin sonuçlarını kullanarak bir veri seti oluşturmuşlardır. Oluşturdukları veri setini doğu, batı ve güney olmak üzere 3 bölgeye ayırmışlar, basit ve çoklu regresyon analizleri yapmışlardır. Çoklu regresyon analizlerinde daha yüksek korelasyon katsayılarına ulaşmışlardır (Çizelge 2.7.).

Çizelge 2.7. Yoon ve diğ. tarafından (2004) [7] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=0.012*(LL+16.4)$	0.64	278
$Cc=0.013*(W_n-3.85)$	0.73	
$Cc=0.54*(e_0-0.37)$	0.77	
$Cc=(-1.6*Yd)+2.4$	0.75	
$Cc=(-0.0003*W_n)+(0.538*e_0)+(0.002*LL)-0.3$	0.83	
$Cc=0.011*(LL-6.36)$	0.64	603
$Cc=0.01*(W_n+2.83)$	0.54	
$Cc=0.39*(e_0-0.13)$	0.54	
$Cc=0.165+(0.014*PI)$	0.61	
$Cc=(0.194*e_0)+(0.0098*LL)-(0.0025*PI)-0.256$	0.66	
$Cc=0.01*(LL-10.9)$	0.67	356
$Cc=0.011*(W_n-11.22)$	0.67	
$Cc=0.37*(e_0-0.28)$	0.65	
$Cc=(-0.66*Yd)+1.15$	0.66	
$Cc=(0.0038*W_n)+(0.12*e_0)+(0.0065*LL)-0.248$	0.76	

2004 yılında Park ve Koumoto [8] hem örselenmiş hemde örselenmemiş örnekler üzerinde çalışmalar yapmışlardır. 66 adet örselenmiş örnek kullanılarak ilk porozite değeri (n_0) ile Cc parametresi arasında bir eşitlik bulmuşlardır. Ayrıca, 83 adet örselenmemiş örnek kullanarak n_0 ile Cc parametresi arasında yüksek korelasyon katsayılı bir eşitlik bulmuşlardır (Çizelge 2.8.).

Çizelge 2.8. Park ve Koumoto tarafından (2004) [8] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc/n_0 = (0.0109 * Cc) + 0.0018$	0.999	66
$Cc/n_0 = (0.0115 * Cc) + 0.00269$	0.984	83

2006 yılında Yoon ve Kim [9] tarafından yapılmış olunan bir çalışmada Güney Kore’deki 468 adet örselenmemiş inorganik deniz sedimanı üzerinde konsolidasyon ve Kıvam Limitleri deneyleri yapılarak bir veri seti oluşturulmuştur. Çoklu regresyon analizi yapılarak elde edilen eşitlik sunulmuştur (Çizelge 2.9.).

Çizelge 2.9. Yoon ve Kim tarafından [9] (2006) önerilen eşitlik

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc = -0.404 + (0.341 * e_0) + (0.006 * W_n) + (0.004 * LL)$	0.68	468

2008 yılında Özer ve diğ. [10] 58 tanesi Herrero’nun (1980), 77 tanesi ise kendi dataları olmak üzere toplam 135 adet örnek üzerinde yapılmış olunan konsolidasyon ve Kıvam Limitleri deneylerinin sonuçlarını içeren bir veri seti kullanmışlardır. Oluşturulan veri setine çoklu regresyon analizi uygulamışlar ve elde ettikleri eşitlikleri sunmuşlardır (Çizelge 2.10.).

Çizelge 2.10. Özer ve diğ. tarafından (2008) [10] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc = 0.1597 * (W_n^{-0.0187}) * (1 + e_0)^{1.592} * (LL^{-0.0638}) * (Y_d^{-0.8276})$	0.754	135
$Cc = 0.151 + (0.001225 * W_n) + (0.193 * e_0) - (0.000258 * LL) - (0.0699 * Y_d)$	0.746	

2009 yılında Işık [11] yapmış olduğu bir çalışmada 42 adet örselenmemiş örnek üzerinde konsolidasyon, Kıvam Limitleri ve özgül ağırlık deneyleri sonuçlarından bir veri seti oluşturmuş ve veri setine yapay sinir ağları sayesinde bulunan eşitlikleri sunmuştur (Çizelge 2.11.).

Çizelge 2.11. Işık tarafından (2009) [11] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$C_s = (-0.000319 * W_n) - (0.027277 * Y_d) + (0.064019 * e_0) + 0.037$	0.828	42
$C_s = 0.1257 * (Y_d^{-2.8826})$	0.808	
$C_s = 0.0121 * e^{(1.3131 * e_0)}$	0.806	
$C_s = 0.0133 * e^{(0.036 * W_n)}$	0.786	

2010 yılında Al-Kahdaar ve Al-Ameri [12] tarafından yapılan bir çalışmada Irak' ın Ammarah şehrinde 26 adet örnek üzerinde yapılmış olunan konsolidasyon ve Kıvam Limit deneyleri sonuçlarını kullanarak bir veri seti oluşturmuşlardır. Veri setindeki parametreler arasında basit regresyon kullanarak eşitlikler üretmişlerdir (Çizelge 2.12.).

Çizelge 2.12. Al-Kahdaar ve Al-Ameri tarafından (2010) [12] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=0.0092*W_n$	0.969	26
$Cc=0.00556*LL$	0.932	
$Cc=(0.24*LI) + 0.21$	0.781	
$Cs=0.00087*W_n$	0.987	

2011 yılında Park ve Lee [13] tarafından yapılan bir çalışmada Güney Kore' de 947 adet örnek üzerinde yapılmış olunan konsolidasyon ve Kıvam Limitleri deneyleri sonuçlarından oluşan bir veri seti hazırlanmış ve yapay sinir ağları analizi uygulanarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur (Çizelge 2.13).

Çizelge 2.13. Park ve Lee tarafından (2011) [13] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=(0.013*W_n)-0.115$	-	852
$Cc=(0.49*e_0)-0.11$	-	
$Cc=(0.009*W_n)+(0.005*LL)$	-	

2012 yılında Abbasi ve diğ. [14] tarafından yapılan bir çalışmada 26 adet örselenmiş örnek üzerinde 3 farklı boşluk oranında olmak üzere toplam 78 örnek üzerinde konsolidasyon ve Likid Limit deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara basit ve çoklu regresyon analizi uygulayarak elde edilen eşitlikler sunmuşlardır (Çizelge 2.14.).

Çizelge 2.14. Abbasi ve diğ. tarafından (2012) [14] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=(0.007*w_{opt})+(0.001*LL)-0.077$	0.926	26
$Cc=(0.008*w_{opt})-0.044$	0.921	
$Cc=(0.269*e_0)+(0.001*LL)-0.043$	0.917	
$Cc=(0.286*e_0)-0.054$	0.914	
$Cc=(-0.424*Y_d)+(0.001*LL)-0.773$	0.912	
$Cc=(-0.461*Y_d)+0.883$	0.906	
$Cc=(0.007*LL)-0.043$	0.592	

2012 yılında Kalantary ve Kordnaeij [15] tarafından yapılan bir çalışmada İran'ın Mazandaran şehrinden alınmış olunan 400 adet örnek üzerine yapılan konsolidasyon, özgül ağırlık ve Kıvam Limitleri deneyleri yapılmıştır. Yapay sınır ağları kullanılarak eşitlikler elde edilmiştir (Çizelge 2.15.).

Çizelge 2.15. Kalantary ve Kordnaeij tarafından (2012) [15] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=0.7331+(0.4152*e_0)-(0.00134*W_n)-(0.3167*G_s) + (0.0007*LL)$	0.985	40
$Cc=(0.3608*e_0)-0.0713$	0.980	
$Cc=(0.0074*W_n)-0.007$	0.975	

2013 yılında Akayuli ve Ofosu [16] tarafından yapılan bir çalışmada Gana'nın Kumasi şehrinden alınmış olunan 60 adet örnek konsolidasyon ve Kıvam Limitleri deneyleri yapılmıştır. Basit regresyon analizleri yaparak buldukları eşitlikleri sunmuşlardır (Çizelge 2.16.).

Çizelge 2.16. Akayuli ve Ofosu tarafından (2013) [16] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=(0.004*LL)-0.03$	0.885	60
$Cc=(0.007*PI)+0.01$	0.761	
$Cc=(0.003*PL)+0.055$	0.656	
$Cc=(0.002*MC)+0.14$	0.618	

Heo ve Bae tarafından 2013 yılında Güney Kore' deki deniz sedimanları üzerinde yapılan bir çalışmada sıkışma ve şişme indisi değerlerinin derinlik ile bir ilişkisi olmadığı belirtilmiştir [17].

2015 yılında Lee ve diğ. tarafından [18] yapılan bir çalışmada Güney Kore' deki Busan ve Incheon bölgelerinden alınmış olunan toplam 152 adet örselenmemiş örnek üzerinde konsolidasyon ve Kıvam Limitleri deneyleri yapılmıştır. Ayrıca örneklerin arazide maruz kaldıkları düşey efektif gerilmeler hesaplanmış ve elde edilen sonuçlara basit ve çoklu regresyon analizleri uygulanarak sunulmuştur (Çizelge 2.17.).

Çizelge 2.17. Lee ve diğ. tarafından (2015) [18] önerilen eşitlikler

Önerilen Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=(0.024*W_n)-(0.017*LL)+(0.006*LL*\log\sigma'_{v0})-0.257$	0.869	101
$Cc=(0.018*W_n)-(0.003*LL)+0.012$	0.742	
$Cc=0.015*(W_n-1)$	0.739	
$Cc=0.012*(LL+3)$	0.624	
$Cc=0.014*(PI+20)$	0.566	
$Cc=0.62*(IL+0.46)$	0.424	
$Cc=(0.017*W_n)-(0.005*LL)+(0.004*LL*\log\sigma'_{v0})-0.380$	0.884	51
$Cc=(0.016*W_n)+(0.007*LL)+0.481$	0.864	
$Cc=0.021*(W_n-17)$	0.826	
$Cc=0.015*(LL-20)$	0.717	
$Cc=0.008*(PI+19)$	0.483	
$Cc=0.21*(IL+0.92)$	0.379	

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu kısımda deney yapılan örneklerin özelliklerinden, alınış şekillerinden, koordinat bilgilerinden, örnekler üzerinde yapılmış olunan laboratuvar deneylerinden ve elde edilen parametrelere uygulanan istatistiksel işlemlerden bahsedilecektir.

3.1. MATERYAL

Çalışma alanında açılan sondajlardan Shelby tüpleri kullanılarak 4 adet örselenmemiş (UD) zemin örnekleri alınmıştır. Örneklerin atmosferik şartlardan etkilenmemesi için tüplerin uçları parafinlenerek laboratuvara getirilmiştir.

3.2. YÖNTEM

Bu tez çalışması 4 aşamadan oluşmaktadır.

3.2.1. Örnek Alınması ve Örneklerle Yapılan Laboratuvar Deneyleri

Birinci aşamada açılan sondaj kuyularından örselenmemiş zemin örnekleri alınmış, uçları parafinle kapatılmış ve bu örneklerle laboratuvar ortamında mekanik deneylerden konsolidasyon, indeks deneylerden ise nem içeriği, özgül ağırlık ve Kıvam Limitleri deneyleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Laboratuvarda Gerçekleştirilen Deneyler ve Standartları

Deneyin Adı	ASTM	TS
Konsolidasyon [18]	D2435M-11	TS 1900-2
Nem İçeriği [19]	D2216-10	TS 1900-1
Özgül Ağırlık [20]	D854-10	TS 1900-1
Kıvam Limitleri [21]	D4318-10	TS 1900-1

3.2.1.1. Konsolidasyon deneyi

Konsolidasyon deneyi zemin örneğinin dikey yönde sıkıştırılması esasına dayanan ve yaklaşık 10 gün süren bir deneydir. Örnek konsolidasyon ringinin içerisine yerleştirilir ve dikey yönde uygulanan kuvvet sayesinde örnek sıkıştırılarak örneğin sıkışması sağlanır.

3.2.1.1.1. Deney öncesi hazırlıklar

- Konsolidasyon ringinin çapı (mm) ve boyu (mm) ölçülür, ringin taban alanı (A) ve hacmi (V) hesaplanır.
- Ringin ağırlığı (M1) (g) tartılır.

- Araziden Shelby tüpü içerisinde örselenmemiş zemin örneği alınır.
- Laboratuvarında bir kriko yardımıyla örnek Shelby tüpünden çıkarılır ve konsolidasyon ringinin içine girmesi sağlanır.
- Ringin ve zemin örneğinin ağırlığı (M2) tartılır.
- Shelby tüpünün içinden bir miktar örnek alınır ve nem içeriği (w0) (%) hesaplanır.
- Shelby tüpünün içinden bir miktar örnek alınır ve özgül ağırlık deneyi yapılır.
- Ring hücrenin içine yerleştirilir ve hücre saf su ile doldurulur.

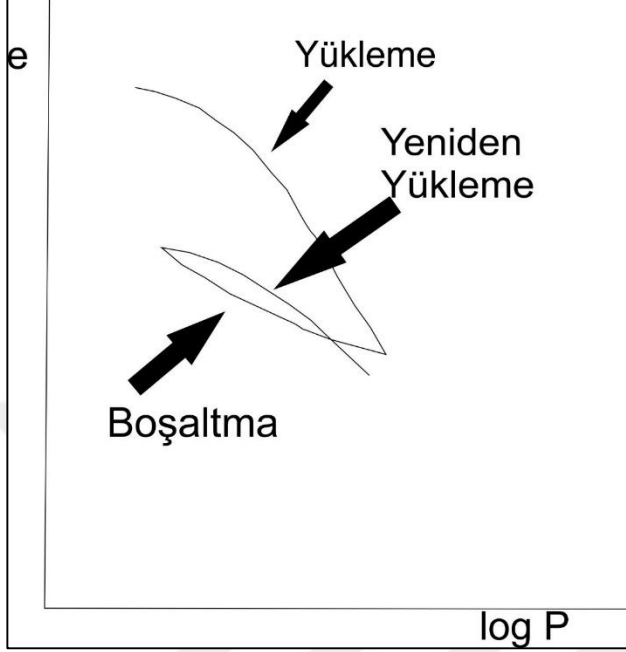
3.2.1.1.2. Deneyin yapılışı

- Hücre ödemetre cihazına yerleştirilir, ve yükleme yapmaya başlanır.
- Yükleme sırası 0.5 kg-1 kg-2 kg-4 kg-8 kg-16 kg-32 kg-8 kg-2 kg-0.5 kg olacak şekilde yapılmalıdır.
- Her yükleme kademesinde en az 24 saat beklenmelidir.
- Deney sonunda ring ve zemin örneği etüvede kurutulur ve ağırlığı tartılır (M3).
- Zemin örneğinin nem içeriğinin (wf) belirlenmesi amacıyla etüve konulur.

3.2.1.1.3. Hesaplamalar

- Zemin örneğinin doğal yoğunluğu (ρ) = $\frac{M_2 - M_1}{V}$ hesaplanır.
- Doğal birim hacim ağırlığı (γ) yoğunluk (ρ) ile yer çekimi ivmesinin (g) çarpılmasıyla hesaplanır.
- Zemin örneğinin kuru yoğunluğu $\frac{M_3 - M_1}{V}$ hesaplanır.
- Kuru birim hacim ağırlığı g ile çarpılarak hesaplanır.
- Katıların hacmi (V_s) hesaplanır $\frac{Md}{G_s}$
- Katıların yüksekliği hesaplanır (H_s) $H_s = V_s / \text{Alan}$
- İlk boşluk oranı hesaplanır $e_0 = \frac{H_0 - H_s}{H_s}$
- Uygulanan yükler kg/cm^2 olacak şekilde gerilmeye dönüştürülür.
- Her yükleme kademesi sonundaki boşluk oranı hesaplanır.

- e-logP grafiği çizilir. Yükleme kısmının eğiminden Cc parametresi, boşaltma kısmının eğiminden ise Cs parametresi hesaplanır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. e-log P grafiği

3.2.1.2. Nem içeriği deneyi

Nem içeriği testi yapılması en kolay olan ve en sık kullanılan laboratuvar deneyidir. Bu deney sayesinde zemin örneğinin sahip olduğu nem içeriği (w) % cinsinden hesaplanabilir. Zemin örneği doğal koşullarında katı, sıvı ve gaz fazlarından oluşmaktadır. Havanın ağırlığı sıfır kabul edilir. Suyun ağırlığı ise etüvde su buharlaştırarak bulunmaktadır. Eşitlik 3.3 sayesinde zemin örneğinin nem içeriği tayin edilir.

- Kabın boş ağırlığı tartılır. (M₀)
- Zemin örneğinin ıslak ağırlığı ve kap tartılır. (M₁)
- 105 C° lik etüvde 24 saat kurutulur. Zemin örneği ve kap ağırlığı tartılır. (M₂)

$$w = \frac{\text{suyun ağırlığı}}{\text{katının ağırlığı}} = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_0} \quad (\text{Eş.3.3})$$

3.2.1.3. Özgül ağırlık deneyi

Özgül ağırlık deneyi oda şartlarında yeterince kurutulmuş olan zemin örneğine piknometre ve vakum pompası kullanılarak yapılır. Örneğin etüvde

kurutulması halinde sahip olduğu minerallerde buharlaşabilir. Bu deney sayesinde özgül ağırlık (Gs) parametresi tayin edilir.

- Píknometrenin boş ağırlığı tartılır (M₀).
- Píknometre ve zemin örneğinin ağırlığı tartılır (M₁).

Píknometrenin içine saf su eklenir ve vakum pompası ile içindeki hava çekilir. 100 ml çizgisine kadar saf su ile doldurulur.

- Píknometre, zemin örneği ve saf suyun ağırlığı tartılır (M₂).

Píknometrenin içindeki saf su ve zemin örneği boşaltılır ve sadece saf su ile 100 ml çizgisine kadar doldurulur.

- Píknometre ve saf suyun ağırlığı tartılır (M₃).

$$G_s = \frac{(M_1 - M_0)}{(M_3 - M_0) - (M_2 - M_1)} \quad (\text{Eş.3.4})$$

3.2.1.4. Kıvam limitleri

Kıvam Limitleri, 40 nolu elekten geçmiş zemin örneklerine yapılır. Likid Limit, Plastik Limit ve Büzülme Limiti olmak üzere 3 adettir.

3.2.1.4.1. Likid limit

40 nolu elekten geçen zemin örneğine saf su eklenir. Casagrande kabına konular ve kap 13 mm kapana kadar saniyede 2 vuruş yapılacak şekilde vuruşlar gerçekleştirilir. Bu işlem en az 3 defa yapılır ve her seferinde kapanan kısımdan bir miktar örnek alınır ve nem içeriğinin belirlenmesi için etüve konular. Deney yapıldıktan sonra yarı logaritmik bir kağıda x ekseninde vuruş sayısı, y ekseninde nem içeriği olacak şekilde grafik çizilir ve 25 vuruşa denk gelen nem içeriği zemin örneğinin likid limiti kabul edilir.

3.2.1.4.2. Plastik limit

40 nolu elekten geçen zemin örneğine bir miktar su eklenir ve yoğurularak küre şekline gelmesi sağlanır. Örneğin çapı 3 mm olana kadar olan avuç içi ile cam plaka arasında yuvarlanır. 3 mm olduğu anda örnekte çatlama gözlenmeye başlanır. O anda örnekten bir kısmı alınır ve nem içeriğinin belirlenmesi amacıyla etüve konular. Bu işlem 2 defa yapılır ve ortalaması alınarak plastik limit değeri belirlenmiş olur.

3.2.1.4.3. Plastisite indisi

Likid Limit ve Plastik Limit değerleri bulunduktan sonra ikisinin farkından plastisite indisi (PI) değeri bulunmaktadır.

3.2.2. Veri setinin oluşturulması

Devlet kurumlarından Mersin İli için hazırlanmış olan ve içerisinde 54 adet konsolidasyon deney verisi bulunan 8 adet jeoteknik rapor temin edilmiştir. Gerek tez kapsamında yapılan deneylerden elde edilen veriler gerekse raporlardan toparlanan veriler MS Excel 2013 programında toplanmıştır.

3.2.3. Altlık Harita Oluşturulması

Veri setindeki sondaj kuyularının koordinatları ED-50 koordinat sistemine dönüştürülmüş ve ArcGIS 10.0 [34] programı kullanılarak çalışma alanına ait Mersin O33-a3 ve O33-a4 paftaları ile jeolojik haritalar sayısallaştırılmış ve genel jeoloji haritası oluşturulmuştur.

Çalışma alanında eğim haritası ve baki haritası ArcGIS 10.0 programı kullanılarak oluşturulmuştur.

Ardından ArcGIS 10.0 programını kullanarak veri setindeki parametrelerin dağılımı elde edilmiştir.

Bunlara ek olarak örnek noktalarının yoğunlaştığı Mersin Limanı çevresinde Surfer 8.0 [35] yardımı ile Inverse distance to a Power methodu kullanılarak veri setindeki parametrelerin alansal dağılımları elde edilmiştir.

3.2.4. İstatistiksel Çalışmalar

Laboratuvar deneyleri sayesinde elde edilen parametrelerden bir veri seti oluşturulmuş ve parametrelerin minimum, maksimum değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapma değerleri belirlenmiştir. Sonrasında MS Office Excel 2013 programı kullanılarak parametreler arasında basit ve çoklu regresyon analizleri uygulanmıştır.

3.2.4.1. Regresyon türleri

Bu çalışma kapsamında basit ve çoklu regresyon analizleri yapılmıştır. Basit regresyon biri bağımlı (y) diğeri bağımsız (x) olan bir çift değişkene uygulanan ve

bağımsız değişkenin değeri değiştikçe bağımlı değişkenin değerinin değiştiği bir regresyon türüdür [36]. Basit regresyon analizinde MS Excel programını kullanarak doğrusal, logaritmik, üs ve üssel olmak üzere 4 farklı tür eğilim çizgisi çizilmiş ve bunlar içerisinde en yüksek korelasyon katsayısına ait olanı seçilmiştir. Basit regresyon türlerine ait denklemler Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çoklu regresyon içerisinde birden çok değişkenin bulunduğu regresyondur. Çoklu regresyonda bağımlı değişken birden fazla bağımsız değişkene göre değişir [35].

Çizelge 3.2. Basit regresyon türleri ve denklemleri

Basit regresyon Türü	Denklem
Doğrusal	$y=ax+b$
Logaritmik	$y=a*\ln(x)+b$
Üs	$y=a*x^b$
Üssel	$y=a*e^{bx}$

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanında Kuzgun ve Handere Formasyonları, Delta Çökelleri ve alüvyon ve kaliş tabakaları bulunmaktadır. Kara sondajları Kuzgun Formasyonu' nda, Delta Çökelleri' nde ve Kaliş birimlerinde gerçekleştirilmiştir.

4.2. VERİ SETİ

Çalışma alanında açılmış sondajların koordinatları ED-50 formatında Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sondaj kuyularının koordinatları

	Doğu (m)	Kuzey (m)
Sondaj No 1	647974.150	4075476.075
Sondaj No 2	648028.030	4075561.403
Sondaj No 3	641237.4117	4073881.181
Sondaj No 4	641449.0553	4074254.967

Ayrıca Mersin İli' nde hazırlanmış olunan 8 adet jeoteknik raporlardan 54 adet deney verisi toplanmış olup toplamda 58 adet deney sonucu olan bir veri seti hazırlanmıştır. Veri setindeki örneklerin açıldığı sondaj kuyularına ait bilgiler Ek-1' de sunulmaktadır. Oluşturulan veri setindeki parametrelere ait bilgiler Ek-2' de sunulmaktadır.

4.3. LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI

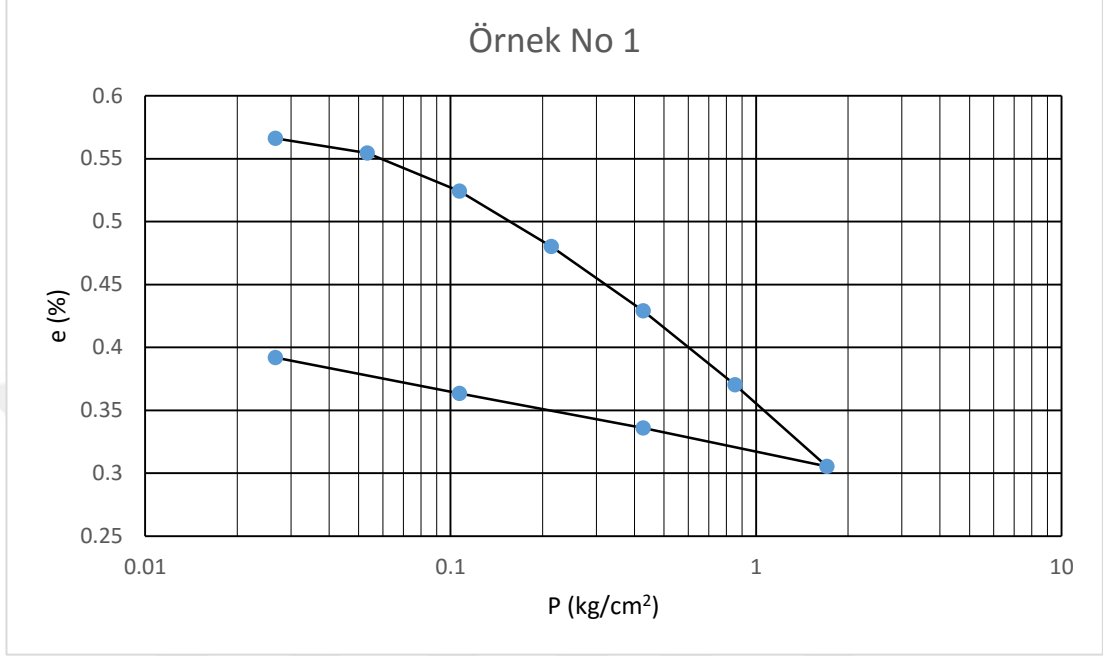
Araziden almış olduğumuz 4 adet zemin örneğine yapılmış olunan laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Laboratuvar deney sonuçları

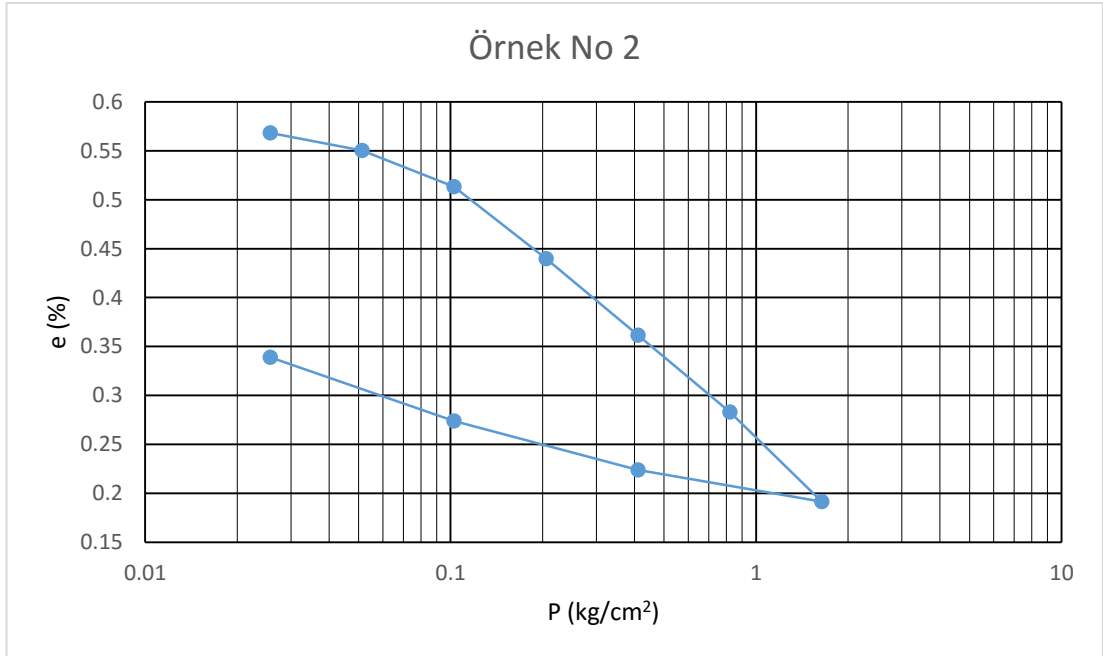
	Örnek No 1	Örnek No 2	Örnek no 3	Örnek no 4
Özgül Ağırlık (Gs)	2.35	2.36	2.47	2.51
Likid Limit (LL)	55.4	52.8	22.3	NP
Plastik Limit (PL)	34.5	37.2	13.9	
Plastisite İndisi(PI)	20.9	15.6	8.4	
Sıkışma İndisi (Cc)	0.17	0.26	0.056	0.105
Şişme İndisi (Cs)	0.046	0.08	0.011	0.007
İlk Boşluk Oranı (e ₀)	0.581	0.568	0.213	0.629
Yoğunluk (p) (g/cm ³)	1.956	2.119	2.385	1.912

4.3.1. Konsolidasyon Deneyi Sonuçları

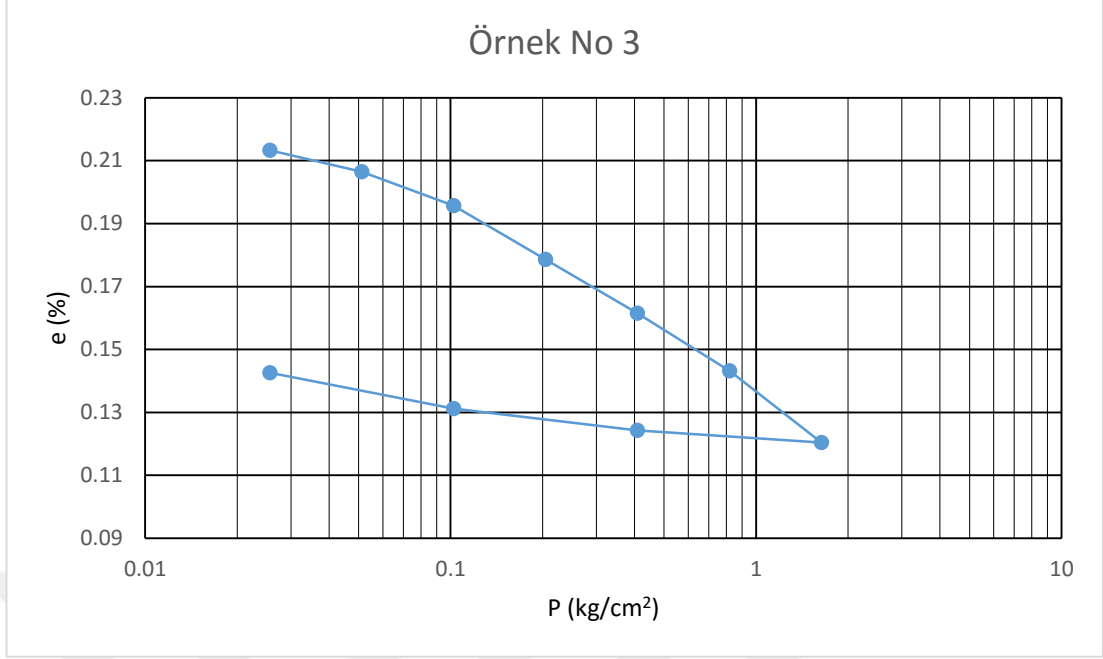
Konsolidasyon deneyi sonucunda çizilen boşluk oranı (e)-basınç (P) grafikleri Şekil 4.1., Şekil 4.2., Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.' te gösterilmektedir.



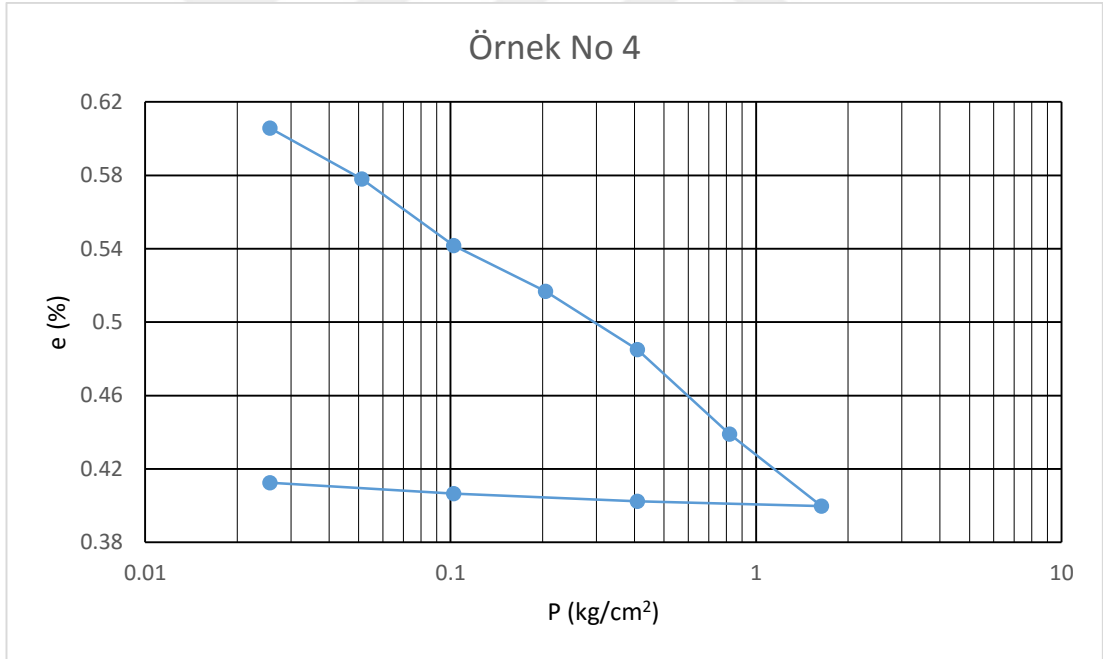
Şekil 4.1. 1 numaralı örneğin e-logP grafiği



Şekil 4.2. 2 numaralı örneğin e-logP grafiği



Şekil 4.3. 3 numaralı örneğin e-logP grafiği



Şekil 4.4. 4 numaralı örneğin e-logP grafiği

Oluşturulan veri setindeki 58 örnekten 4 tanesine kıvam limitleri deneyleri yapılamamıştır. 54 adet örnekteki kıvam limitleri deney sonucuna göre plastiklik diyagramında örnekler CL (düşük plastisiteli kil), CI (orta plastisiteli kil), CH (yüksek

plastisiteli kil), CV (çok yüksek plastisiteli kil) ve MH (yüksek plastisiteli silt) sınıfına düşmektedir. Çizilen plastisite diogramı Ek-3' te verilmektedir.

4.4. İSTATİSTİKSEL ÇALIŞMALAR

Laboratuvar deneyleri sonucunda bulunmuş olunan parametrelerden 58 adet veri içeren bir veri seti oluşturulmuş ve bu veri setindeki parametrelere bazı istatistiksel işlemler (aritmetik ortalama, standart sapma, determinasyon ve korelasyon katsayısı) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3' de verilmiştir.

4.4.1. Minimum Değer

Bir serideki en küçük değeri ifade eder.

4.4.2. Maksimum Değer

Bir serideki en yüksek değeri ifade eder.

4.4.3. Aritmetik Ortalama

Bir serideki değerlerin aritmetik ortalamasını ifade eder. μ sembolü ile gösterilir ve Eş. 4.5. ile hesaplanır.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (\text{Eş.4.5})$$

4.4.4. Standart Sapma

Bir serideki değerlerin aritmetik ortalamadan farklarının karelerinin toplamının veri sayısına bölünmesiyle varyans bulunur. Varyansın pozitif karekökü ise standart sapmadır ve Eş. 4.6. ile hesaplanır.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{N} - \mu^2} \quad (\text{Eş.4.6})$$

Çizelge 4.3. Veri setindeki parametrelere ait istatistiksel veriler

	Sıkışma İndisi (Cc)	Şişme İndisi (Cs)	Özgül Ağırlık (Gs)	Likid Limit (LL)	Plastik Limit (PL)	Plastisite İndisi (PI)	Yoğunluk (p)	Birim Hacim Ağırlık (γ)	İlk boşluk oranı (e ₀)
Adet	58	58	19	54	54	54	58	58	58
Minimum	0.018	0.002	2.35	22.3	10.1	8.4	1.715	16.824	0.213
Maksimum	0.26	0.102	2.77	74.8	37.2	55.1	2.385	23.397	0.9904
Ortalama	0.087	0.018	2.617	42.46	18.36	24.28	1.944	19.072	0.471
Standart Sapma	0.05	0.0194	0.122	11.746	5.30	9.835	0.120	1.182	0.157

4.5 REGRESYON ÇALIŞMALARI

Veri seti üzerinde MS Excel 2013 programı kullanılarak basit ve çoklu regresyon analizleri yapılmıştır.

4.5.1. Basit Regresyon

Cc parametresi ile LL, PL, PI, p, γ, e₀ parametreleri arasında xy dağılım grafikleri çizilmiş ve eğilim çizgisi çizilmiştir. Eğilim çizgisi türü olarak doğrusal, üssel, logaritmik ve üs arasında en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan seçilmiştir. Bulunan sonuçlar Çizelge 4.4.' te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Cc için basit regresyon analizi ile elde etmiş olduğumuz eşitlikler

Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc=0.0054*LL^{0.7102}$	0.385	54
$Cc=(0.0024*PL)+0.042$	0.249	54
$Cc=0.0204*PI^{0.4192}$	0.322	54
$Cc=(-0.061*\ln(p))+0.128$	0.074	58
$Cc=(-0.061*\ln(\gamma))+0.2682$	0.074	58
$Cc=(0.2213*e_0)-0.0171$	0.692	58

4.5.1.1. Determinasyon katsayısı (R^2)

İki parametre arasındaki ilişkinin ne kadar güçlü olduğunun belirlenmesi için determinasyon katsayısı belirlenmelidir. Eş. 4.7. ile hesaplanabilir.

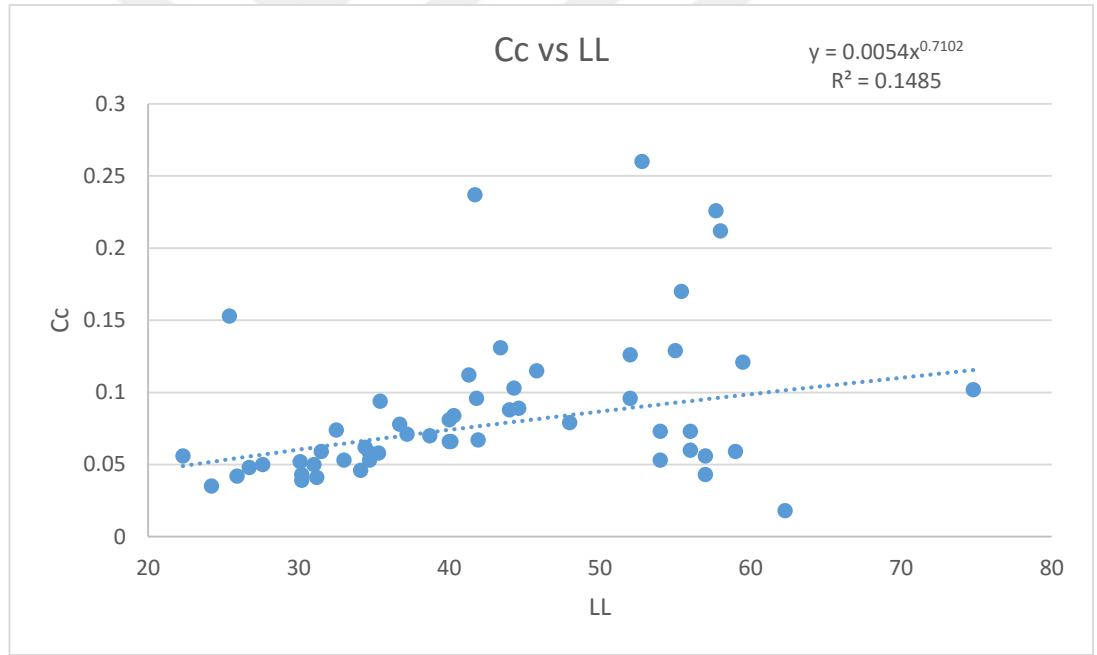
$$R^2 = \left(\frac{(\sum_{i=1}^N XiYi) - (N\mu_x\mu_y)}{\sqrt{(\sum_{i=1}^N Xi^2 - N\mu_x^2)(\sum_{i=1}^N Yi^2 - N\mu_y^2)}} \right)^2 \quad (\text{Eş.4.7})$$

4.5.1.2. Korelasyon katsayısı (r)

Determinasyon katsayısının kareköküdür ve Eş. 4.8. ile hesaplanır.

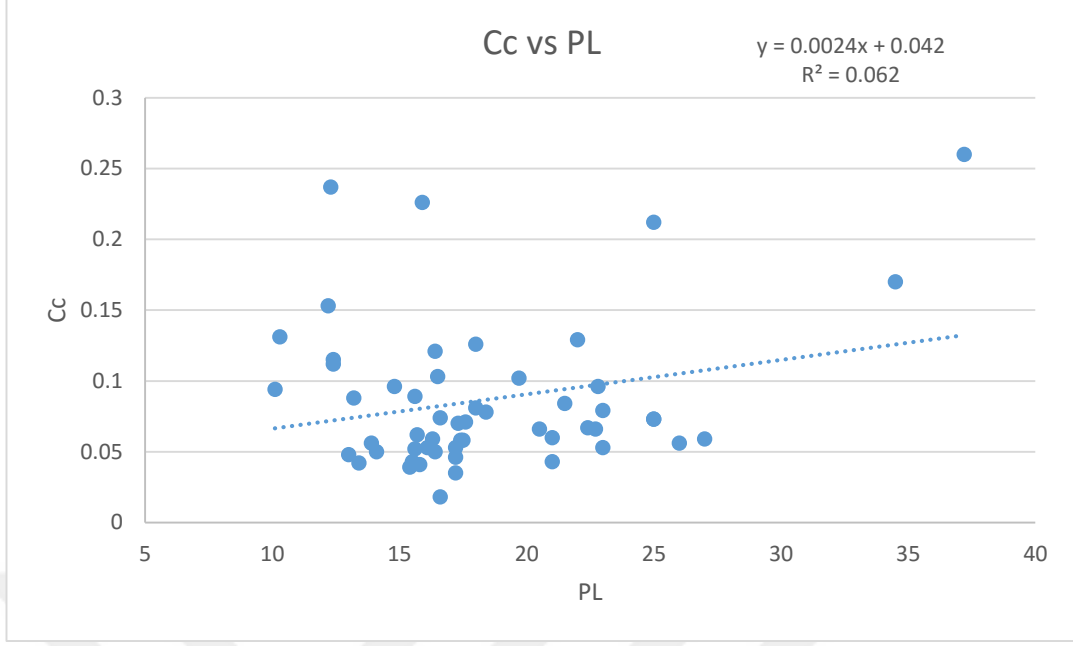
$$r = \sqrt{R^2} \quad (\text{Eş.4.8})$$

Veri setindeki 54 adet Cc ve LL parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.5.' te görülmektedir.



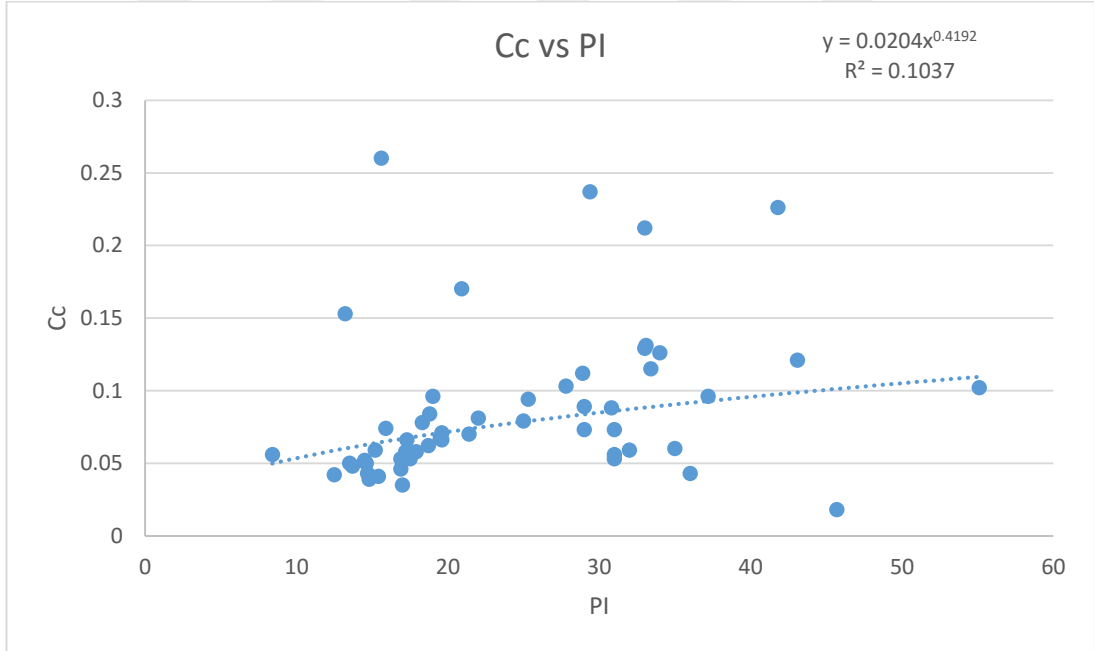
Şekil 4.5. Cc ve LL arasındaki basit regresyon

Veri setindeki 54 adet Cc ve PL parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.6.' da görülmektedir.



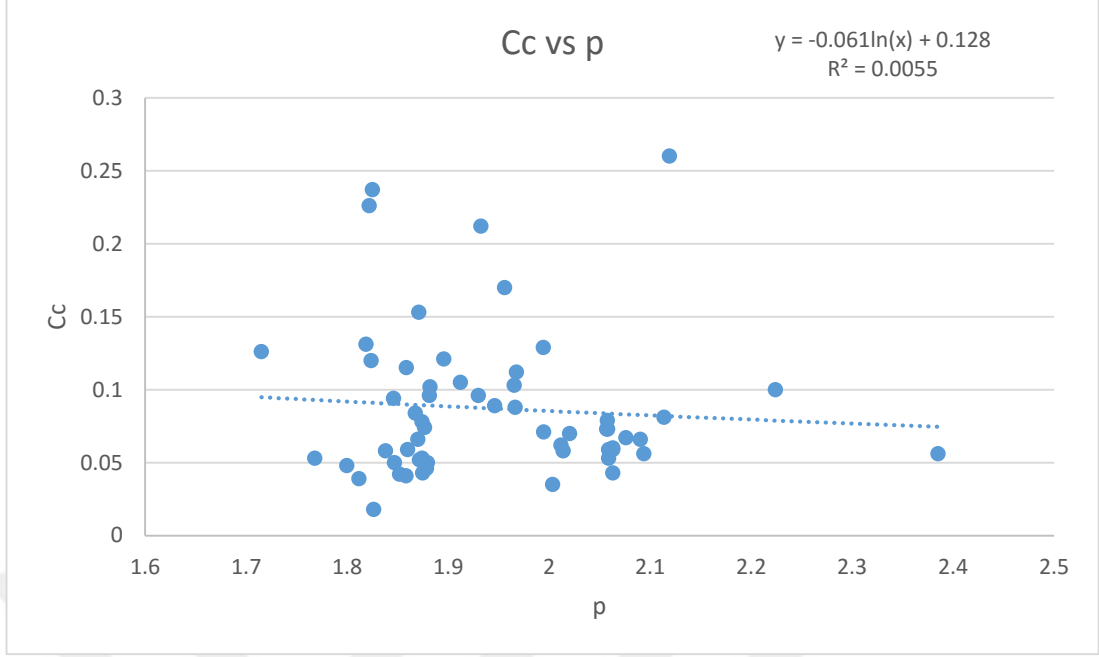
Şekil 4.6. Cc ve PL arasındaki basit regresyon

Veri setindeki 54 adet Cc ve PI parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.7.' de görülmektedir.



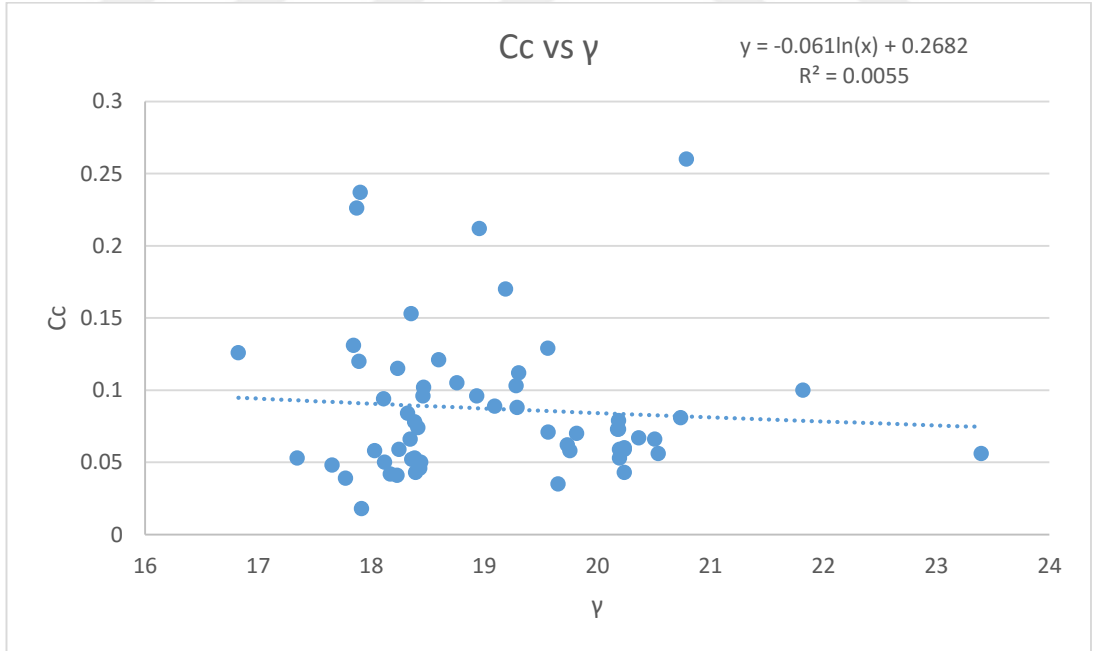
Şekil 4.7. Cc ve PI arasındaki basit regresyon

Veri setindeki 58 adet Cc ve p parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.8.' de görülmektedir.



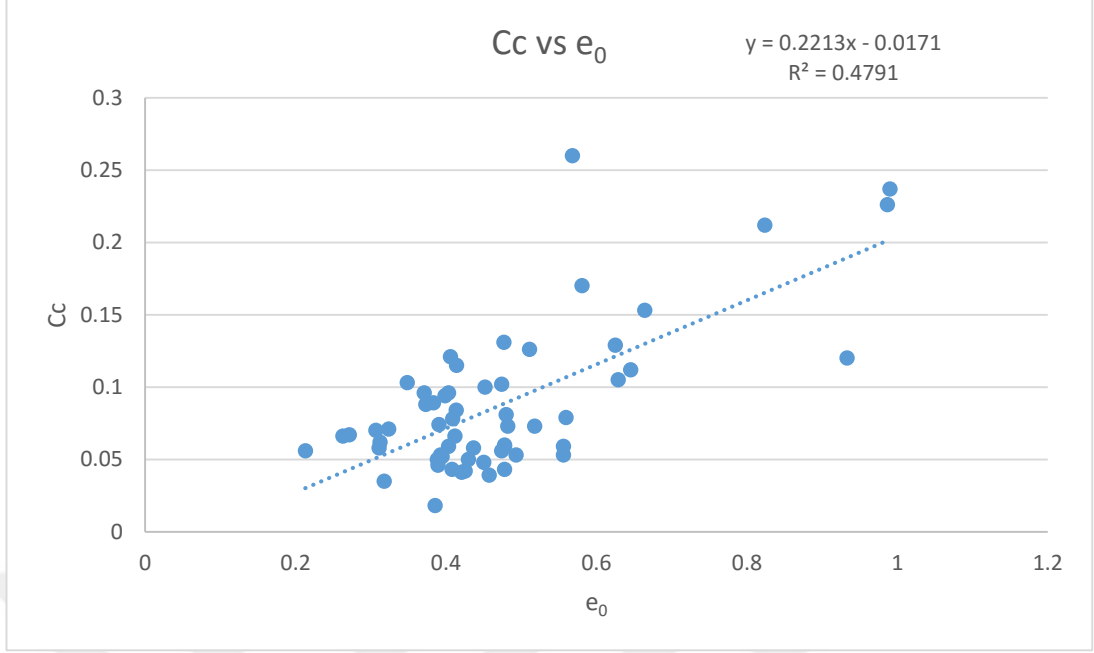
Şekil 4.8. Cc ve p arasındaki basit regresyon

Veri setindeki 58 adet Cc ve γ parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.9.' da görülmektedir.



Şekil 4.9. Cc ve γ arasındaki basit regresyon

Veri setindeki 58 adet Cc ve e_0 parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.10.' da görülmektedir.



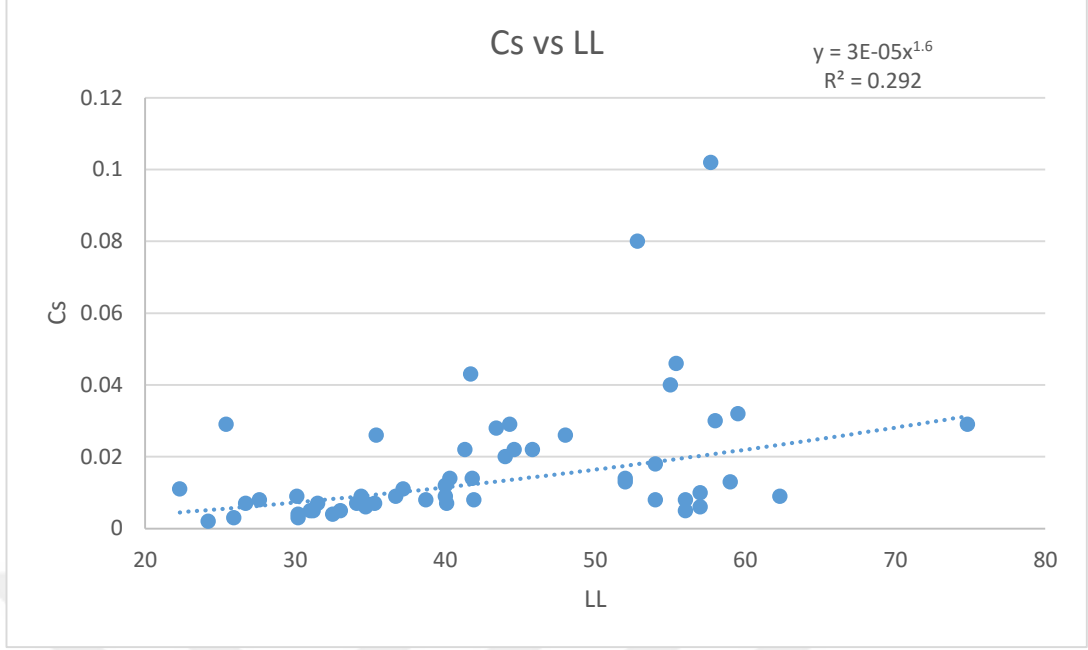
Şekil 4.10. Cc ve e₀ arasındaki basit regresyon

C_s parametresi ile LL, PL, PI, p, γ , e₀ parametreleri arasında xy dağılım grafikleri çizilmiş ve eğilim çizgisi çizilmiştir. Eğilim çizgisi türü olarak doğrusal, üssel, logaritmik ve üs arasında en yüksek korelasyon katsayısına sahip olan seçilmiştir. Bulunan sonuçlar Çizelge 4.5.' te verilmiştir.

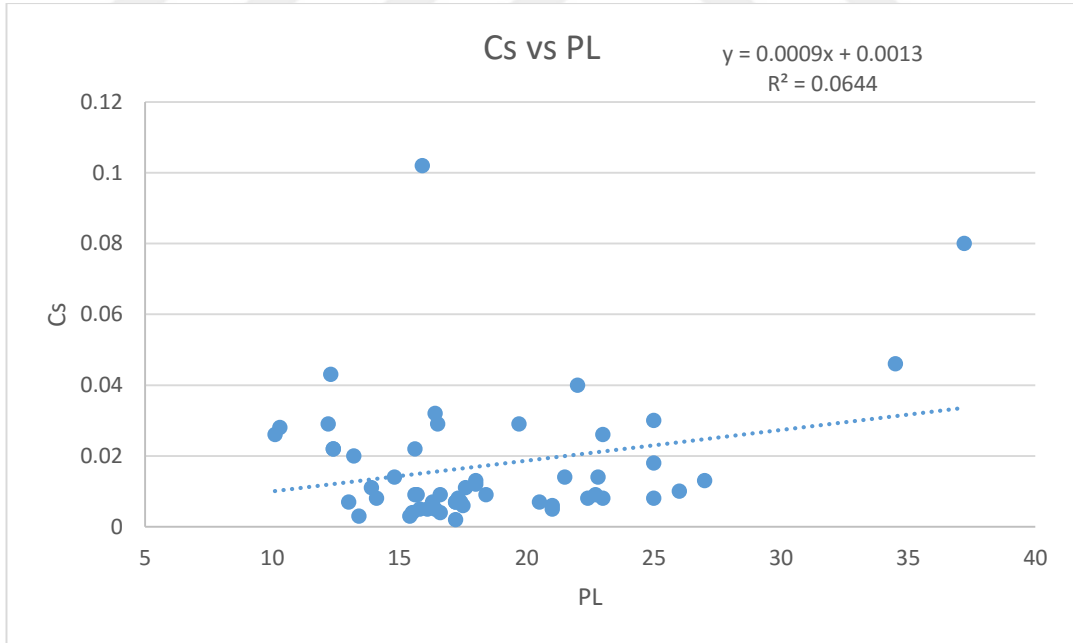
Çizelge 4.5. C_s için basit regresyon analizi ile elde etmiş olduğumuz eşitlikler

Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek sayısı
$C_s = 3 \cdot 10^{-5} \cdot (LL)^{1.6}$	0.540	54
$C_s = (0.0009 \cdot PL) + 0.0013$	0.254	54
$C_s = 0.0005 \cdot (PI)^{1.0037}$	0.480	54
$C_s = (-0.03 \cdot \ln(p)) + 0.0375$	0.093	58
$C_s = (-0.03 \cdot \ln(\gamma)) + 0.1052$	0.093	58
$C_s = (0.0856 \cdot e_0) - 0.0226$	0.695	58

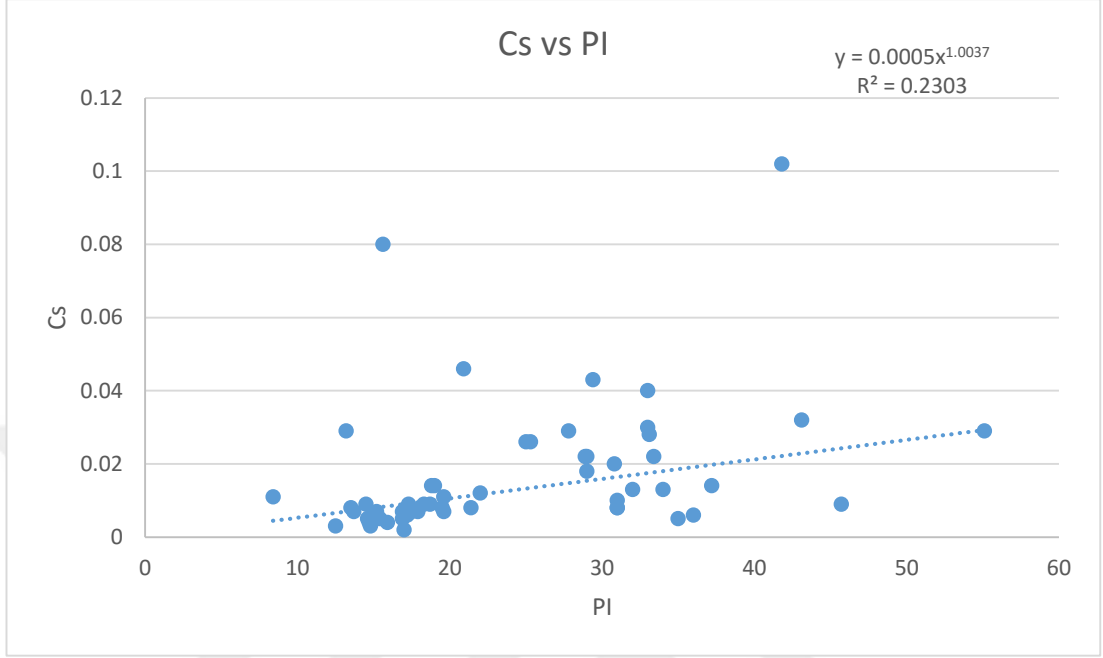
Veri setimizdeki 54 adet C_s ve LL parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.11.' de görülmektedir.



Veri setimizdeki 54 adet Cs ve PL parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.12.' de görülmektedir.

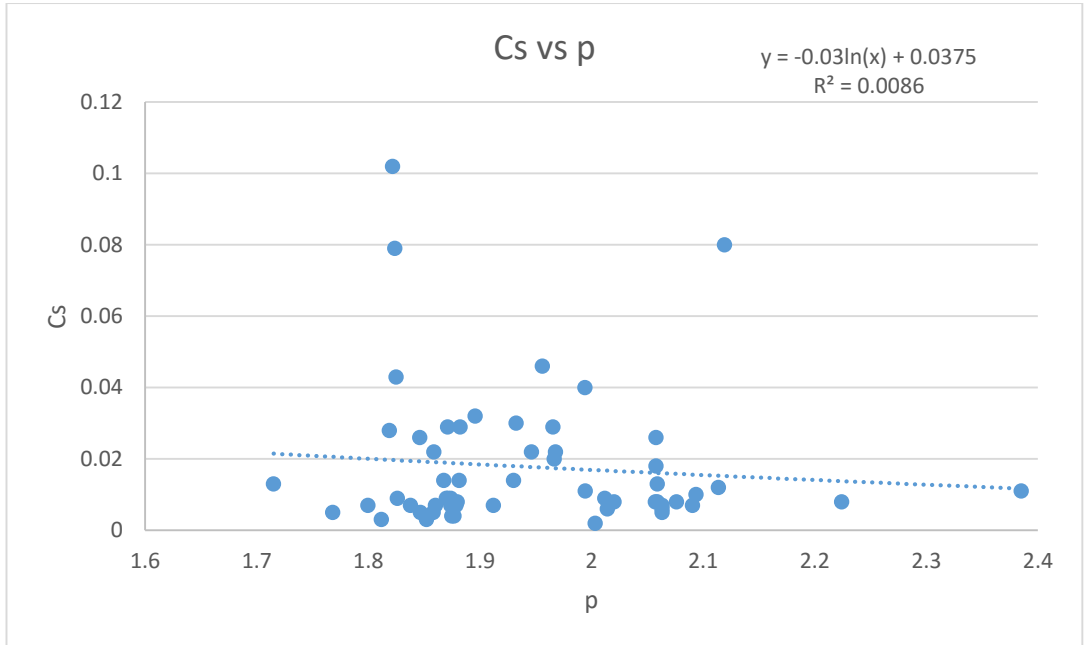


Veri setimizdeki 54 adet Cs ve PI parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.13.' te görülmektedir.



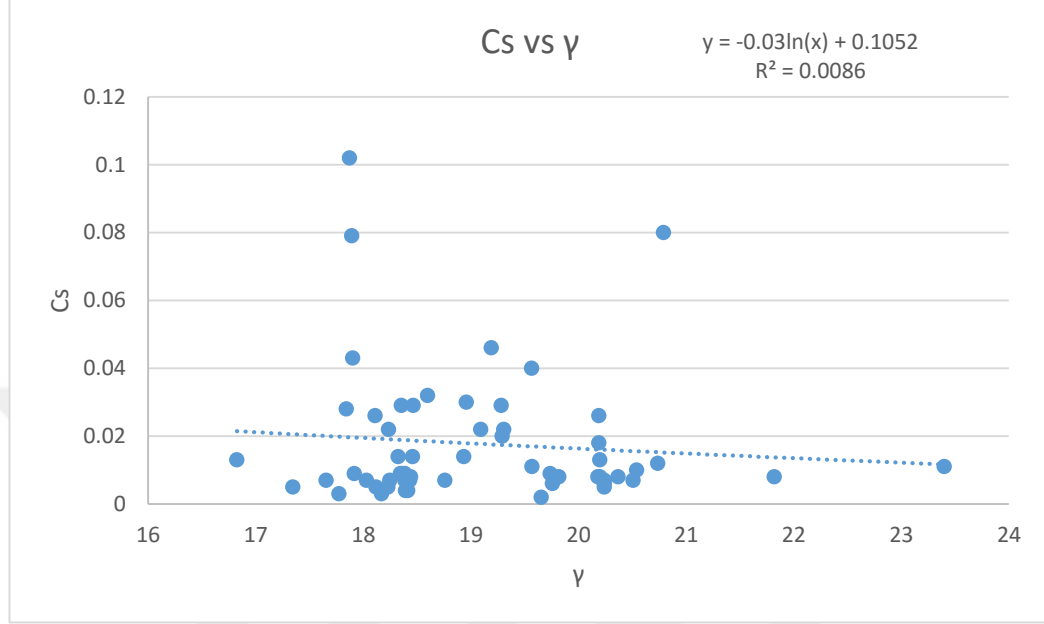
Şekil 4.13. Cs ve PI arasındaki basit regresyon

Veri setimizdeki 58 adet Cs ve p parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.14.' te görülmektedir.



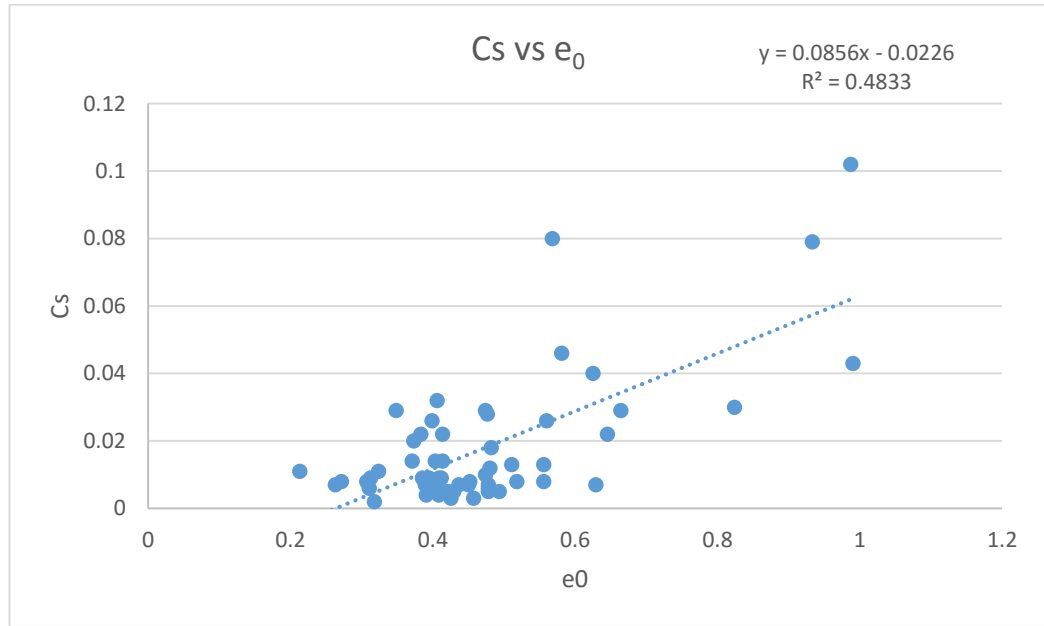
Şekil 4.14. Cs ve p arasındaki basit regresyon

Veri setimizdeki 58 adet C_s ve γ parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.15.' te görülmektedir.



Şekil 4.15. C_s ve γ arasındaki basit regresyon

Veri setimizdeki 58 adet C_s ve e_0 parametresinin MS Excel yazılımındaki xy dağılımı Şekil 4.16.' da görülmektedir.



Şekil 4.16. C_s ve e_0 arasındaki basit regresyon

4.5.1.1. Literatürdeki eşitlikler ile karşılaştırmalar

Literatürde Cc ve LL parametreleri arasında önerilmiş çokça eşitlik bulunmaktadır. Bunlar Çizelge 4.6.' da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Cc ve LL arasında önerilmiş olunan eşitlikler

Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı	Kaynak
$Cc=(0.0076*LL)-0.087$	0.975	25	1
$Cc=0.006*(LL-9)$	0.59	678	2
$Cc=0.011*(LL-6.4)$	-	-	3
$Cc=0.008*(LL-12)$	0.78	10	5
$Cc=0.006*(LL+1)$	0.509	300	6
$Cc=0.012*(LL+16.4)$	0.64	278	7
$Cc=0.011*(LL-6.36)$	0.64	603	
$Cc=0.01*(LL-10.9)$	0.67	356	
$Cc=0.00556*LL$	0.932	26	12
$Cc=(0.007*LL)-0.043$	0.592	26	14
$Cc=(0.004*LL)-0.03$	0.885	60	16
$Cc=0.012*(LL+3)$	0.624	101	17
$Cc=0.015*(LL-20)$	0.717	51	
$Cc=0.0054*LL^{0.7102}$	0.385	54	Bu çalışma

Çizelge 4.6.' dan görmekteyizki Cc parametresi ile LL parametresi önerilmiş pek çok eşitlik bulunmaktadır. Her data setinde farklı korelasyon katsayılarına sahiptirler. Bu nedenle Cc parametresine ulaşmak için sadece LL parametresinin olduğu bir eşitliği kullanmamız pek doğru olmayacaktır.

Çizelge 4.7.' de Cc ve e_0 arasındaki basit regresyonda elde edilmiş eşitlikleri görmekteyiz. Pek çok veri setinde yüksek korelasyon katsayısına ulaşılmıştır.

Çizelge 4.7. Cc ve e_0 arasında önerilmiş olan eşitlikler

Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı	Kaynak
$Cc=0.4*(e_0-0.25)$	0.85	717	2
$Cc=0.7*(e_0-1.65)$	0.92	-	3
$Cc=0.63*(e_0-1.13)$	0.90	-	
$\ln Cc=(1.272*\ln e_0)-1.282$	0.817	300	6
$Cc=0.54*(e_0-0.37)$	0.77	278	7
$Cc=0.39*(e_0-0.13)$	0.54	603	
$Cc=0.37*(e_0-0.28)$	0.65	356	
$Cc=(0.49*e_0)-0.11$	-	852	13
$Cc=(0.286*e_0)-0.054$	0.914	26	14
$Cc=(0.3608*e_0)-0.0713$	0.980	40	15
$Cc=(0.2213*e_0)-0.0171$	0.692	58	Bu çalışma

4.5.2. Çoklu Regresyon

Oluşturulan veri seti MS Excel 2013 yazılımı kullanılarak çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Cc parametresi için bulunan sonuçlar Çizelge 4.8’ de, Cs parametresi için bulunan sonuçlar ise Çizelge 4.9.’ da gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Cc parametresi için çoklu regresyonla elde edilmiş eşitlikler

Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cc = -0.108 + (0.229 * e_0) + (0.0045 * p)$	0.699	58
$Cc = -0.043 + (0.237 * e_0) + (0.00049 * LL)$	0.730	54
$Cc = -0.052 + (0.244 * e_0) + (0.0014 * PL)$	0.737	54
$Cc = -0.0318 + (0.247 * e_0) + (0.00019 * PI)$	0.724	54
$Cc = 0.119 + (0.0017 * LL) - (0.054 * p)$	0.386	54
$Cc = 0.205 + (0.00328 * PL) - (0.092 * p)$	0.312	54
$Cc = 0.097 + (0.0015 * PI) - (0.024 * p)$	0.291	54
$Cc = -0.115 + (0.037 * p) + (0.247 * e_0) + (0.0004 * LL)$	0.735	54
$Cc = -0.0888 + (0.0198 * p) + (0.249 * e_0) + (0.0012 * PL)$	0.738	54
$Cc = -0.124 + (0.046 * p) + (0.256 * e_0) + (0.00017 * PI)$	0.731	54

Çizelge 4.9. Cs parametresi için çoklu regresyonla elde edilmiş eşitlikler

Eşitlik	Korelasyon katsayısı (r)	Örnek Sayısı
$Cs = -0.051 + (0.088 * e_0) + (0.014 * p)$	0.700	58
$Cs = -0.029 + (0.071 * e_0) + (0.0003 * LL)$	0.688	54
$Cs = -0.028 + (0.078 * e_0) + (0.0005 * PL)$	0.679	54
$Cs = -0.023 + (0.074 * e_0) + (0.00026 * PI)$	0.674	54
$Cs = 0.012 + (0.00067 * LL) - (0.012 * p)$	0.431	54
$Cs = 0.041 + (0.001 * PL) - (0.023 * p)$	0.286	54
$Cs = 0.00083 + (0.0006 * PI) + (0.00028 * p)$	0.354	54
$Cs = -0.06 + (0.016 * p) + (0.075 * e_0) + (0.00027 * LL)$	0.695	54
$Cs = -0.054 + (0.014 * p) + (0.081 * e_0) + (0.0004 * PL)$	0.684	54
$Cs = -0.067 + (0.022 * p) + (0.079 * e_0) + (0.00025 * PI)$	0.687	54

4.6. HARİTALARIN OLUŞTURULMASI

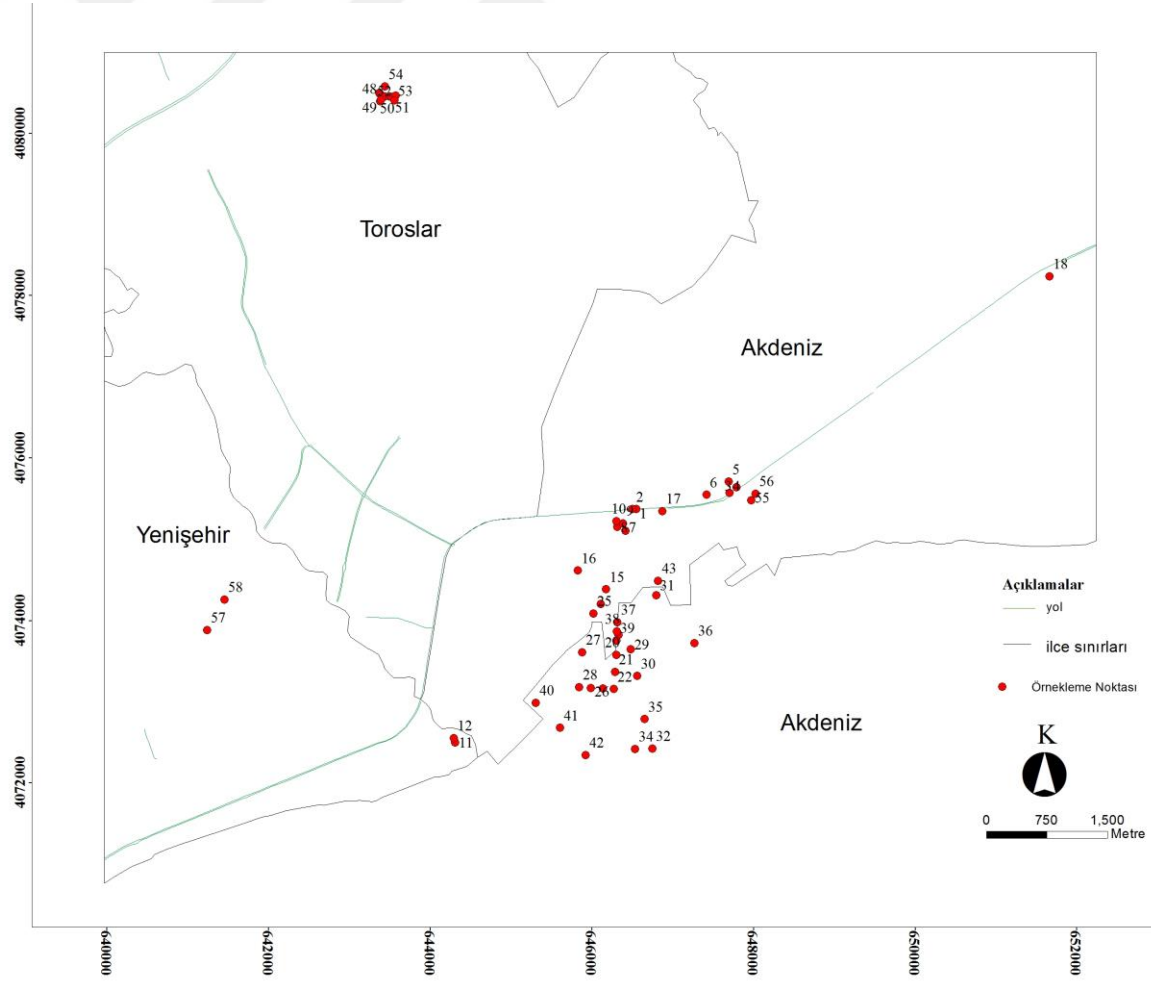
ArcGIS 10.0 programı kullanılarak çalışma alanının genel jeoloji haritası oluşturulmuş ve üzerine sondaj kuyularının lokasyonları işaretlenmiştir (Ek-4).

ArcGIS 10.0 programı kullanılarak örnekleme lokasyonları, ilçe sınırları ve ana yollar gösterilmiştir (Şekil 4.17).

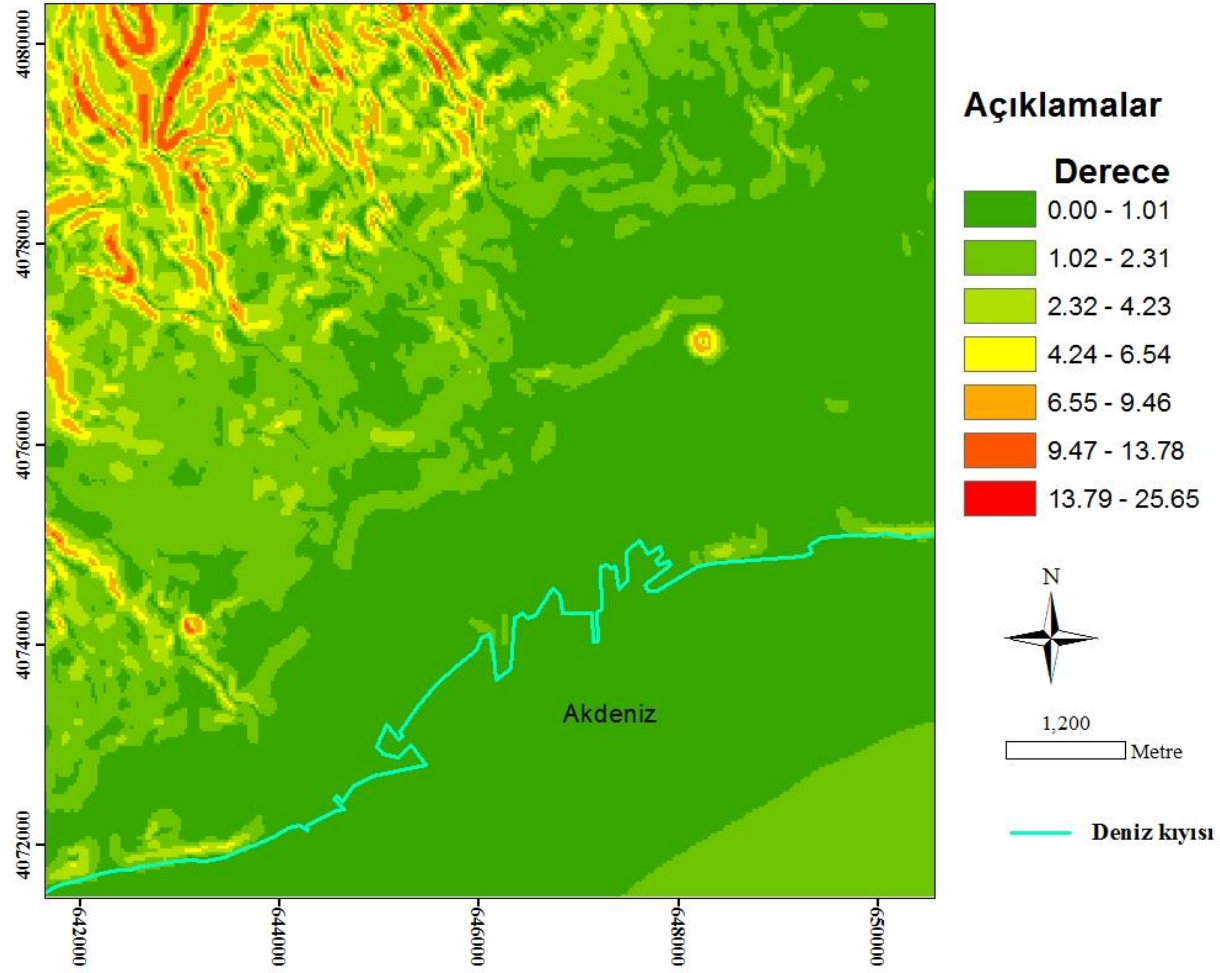
ArcGIS 10.0 programı kullanılarak çalışma alanının eğim (Şekil 4.18.) ve baki (Şekil 4.19.) haritaları oluşturulmuştur.

ArcGIS 10.0 programı kullanılarak veri setindeki parametrelerin; sıkışma indisi (Cc) (Şekil 4.20.), şişme indisi (Cs) (Şekil 4.21.), ilk boşluk oranı (e_0) (Şekil 4.22.), Likid Limit (LL) (Şekil 4.23.), Plastik Limit (PL) (Şekil 4.24.), Plastisite İndisi (PI) (Şekil 4.25.),yoğunluk (ρ) (Şekil 4.26.) ve birim hacim ağırlık (γ) (Şekil 4.27.) değişimleri incelenmiştir.

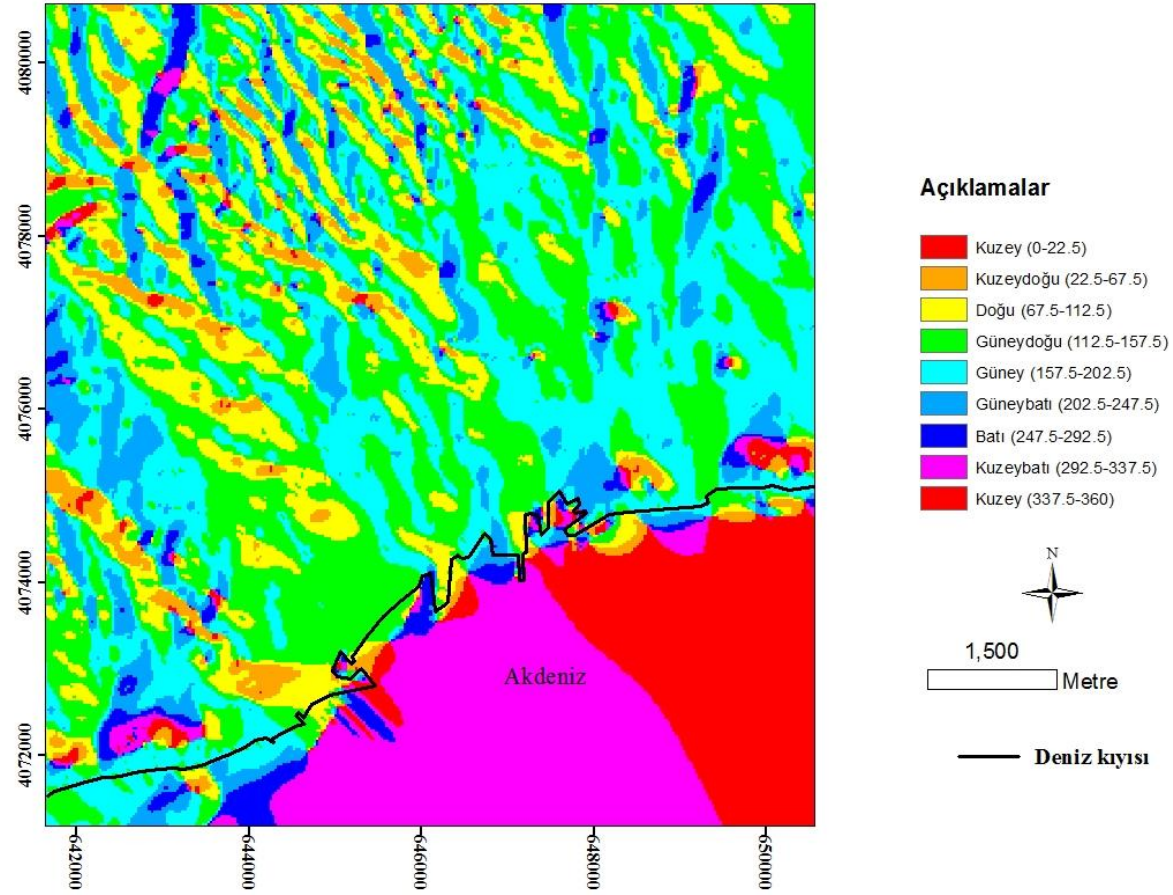
Surfer 8.0 programı kullanılarak çalışma alanında örneklerin yoğunlaştığı Mersin Limanı çevresinde veri setindeki parametrelerin; sıkışma indisi (Cc) (Şekil 4.28), şişme indisi (Cs) (Şekil 4.29.), ilk boşluk oranı (e_0) (Şekil 4.30.), Likid Limit (LL) (Şekil 4.31.), Plastik Limit (PL) (Şekil 4.32.), Plastisite İndisi (PI) (Şekil 4.33.), yoğunluk (ρ) (Şekil 4.34.) ve birim hacim ağırlık (γ) (Şekil 4.35.) alansal dağılım haritaları oluşturulmuştur.



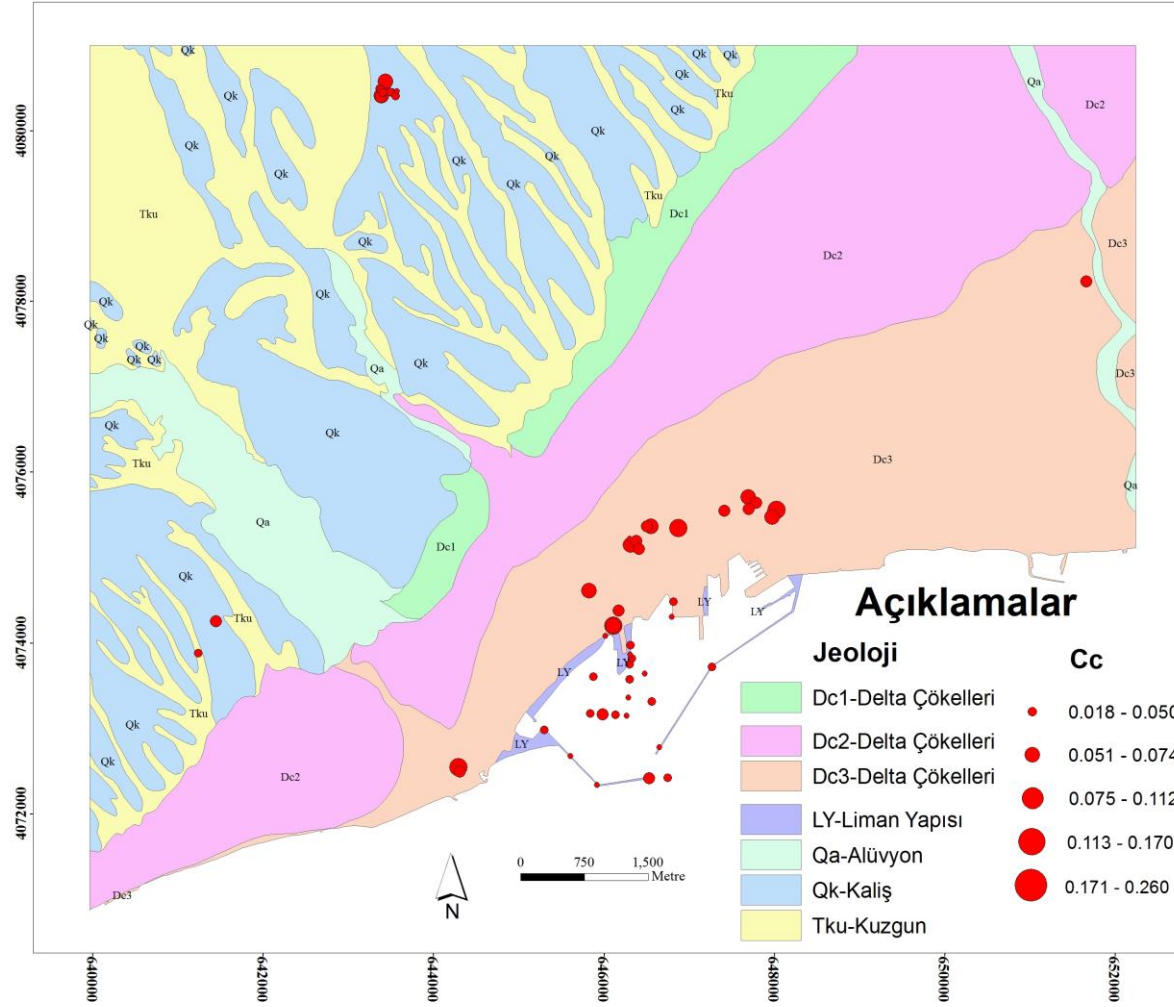
Şekil 4.17. Örnekleme noktaları



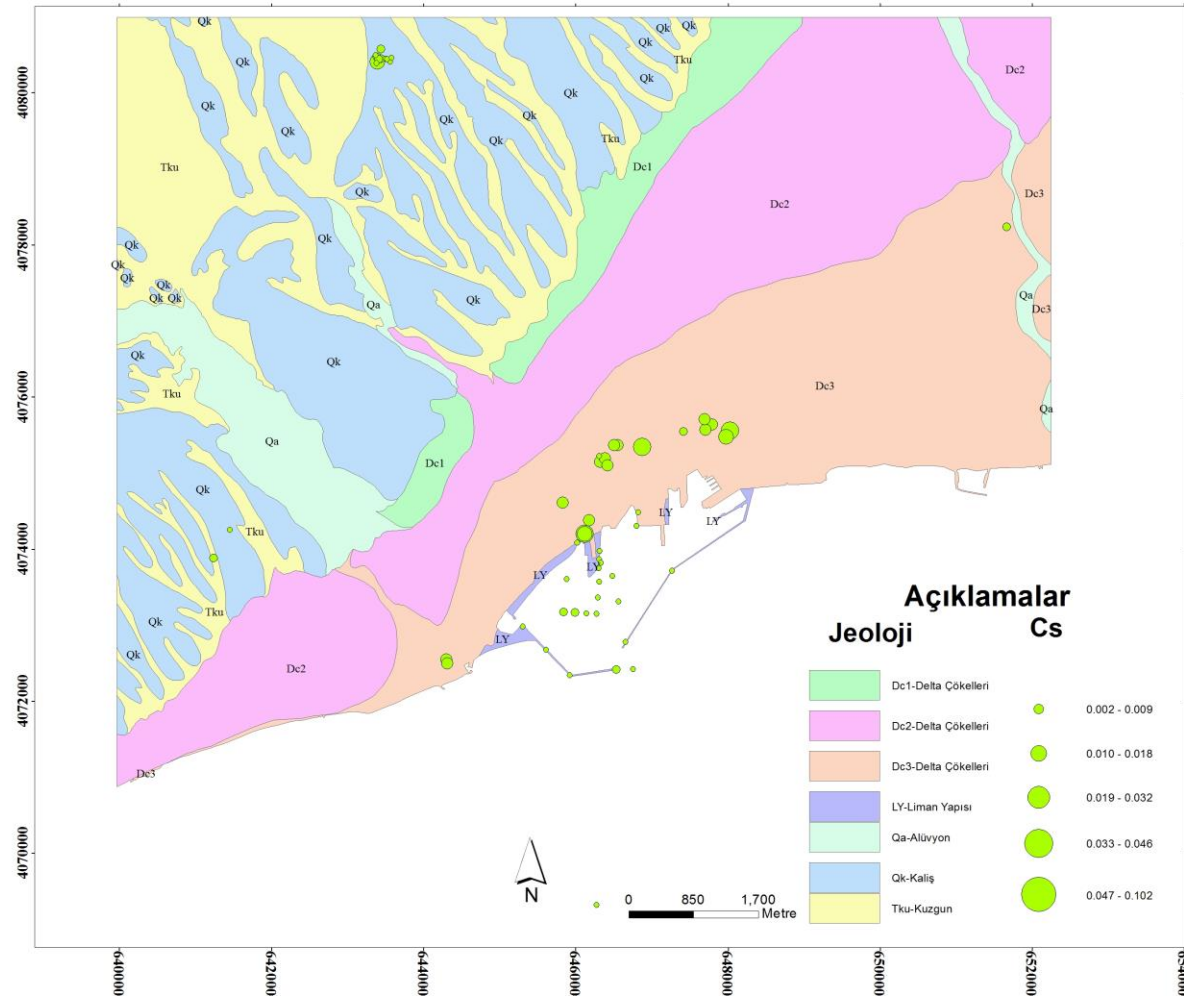
Şekil 4.18. Eğim haritası



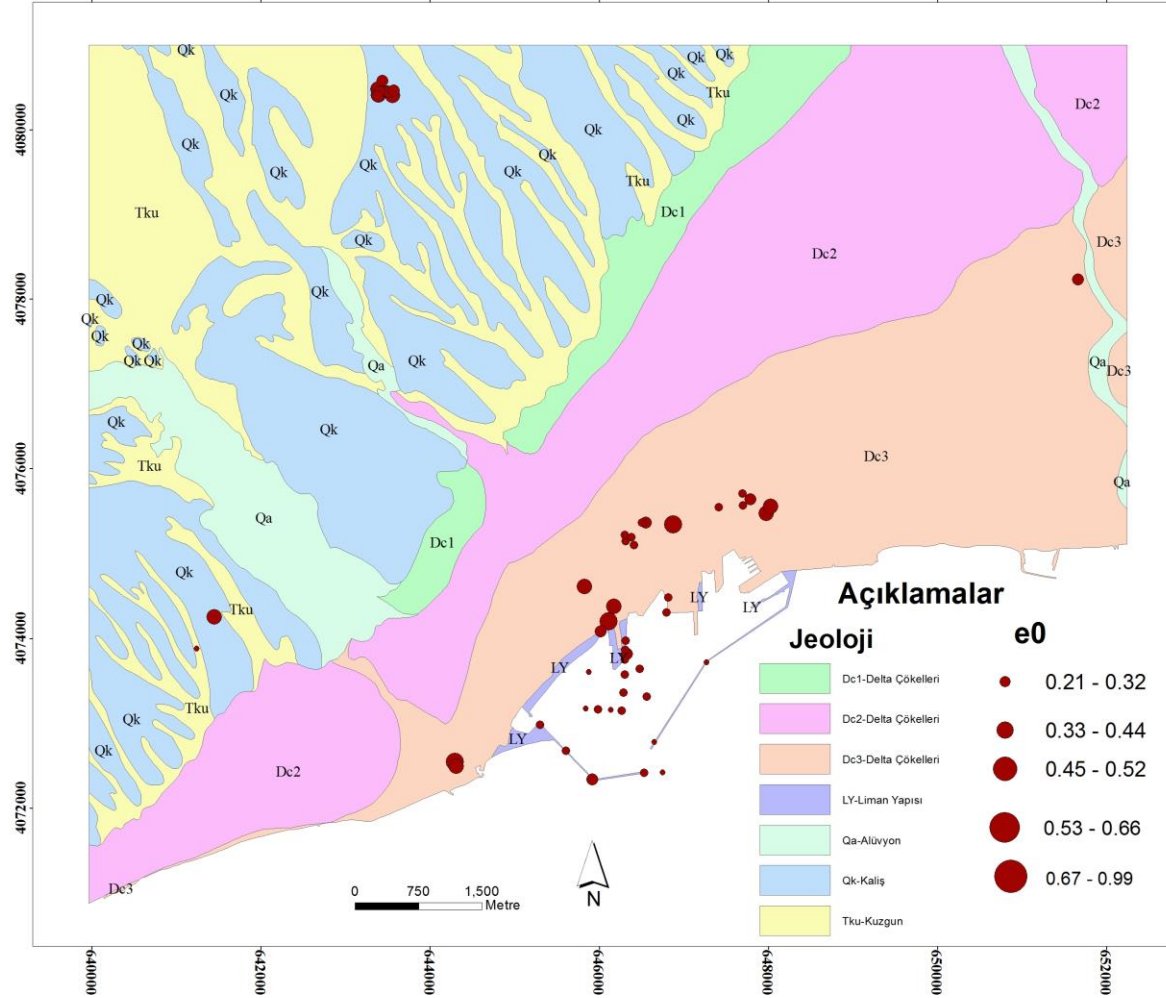
Şekil 4.19. Bakı haritası



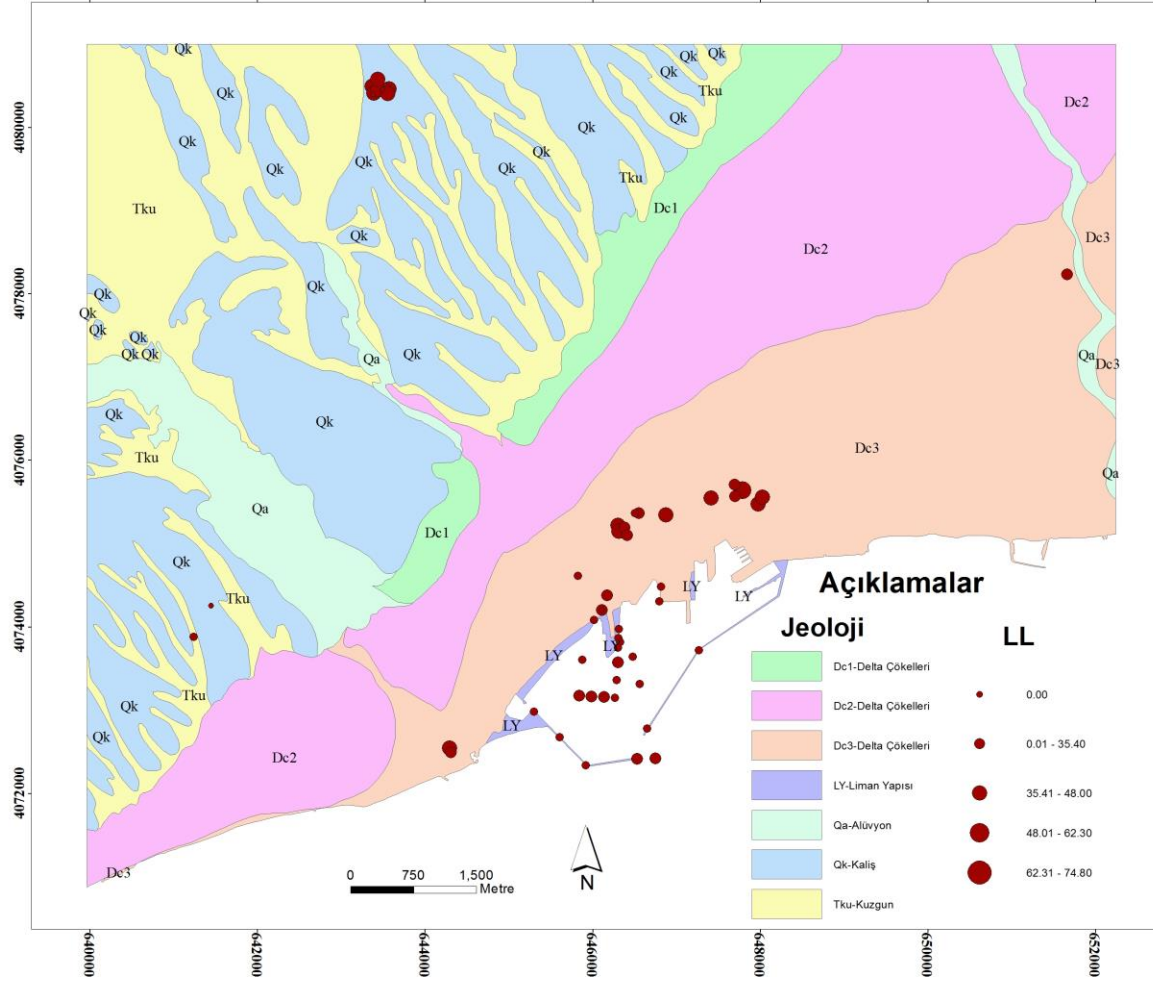
Şekil 4.20. Cc parametresinin değişimi



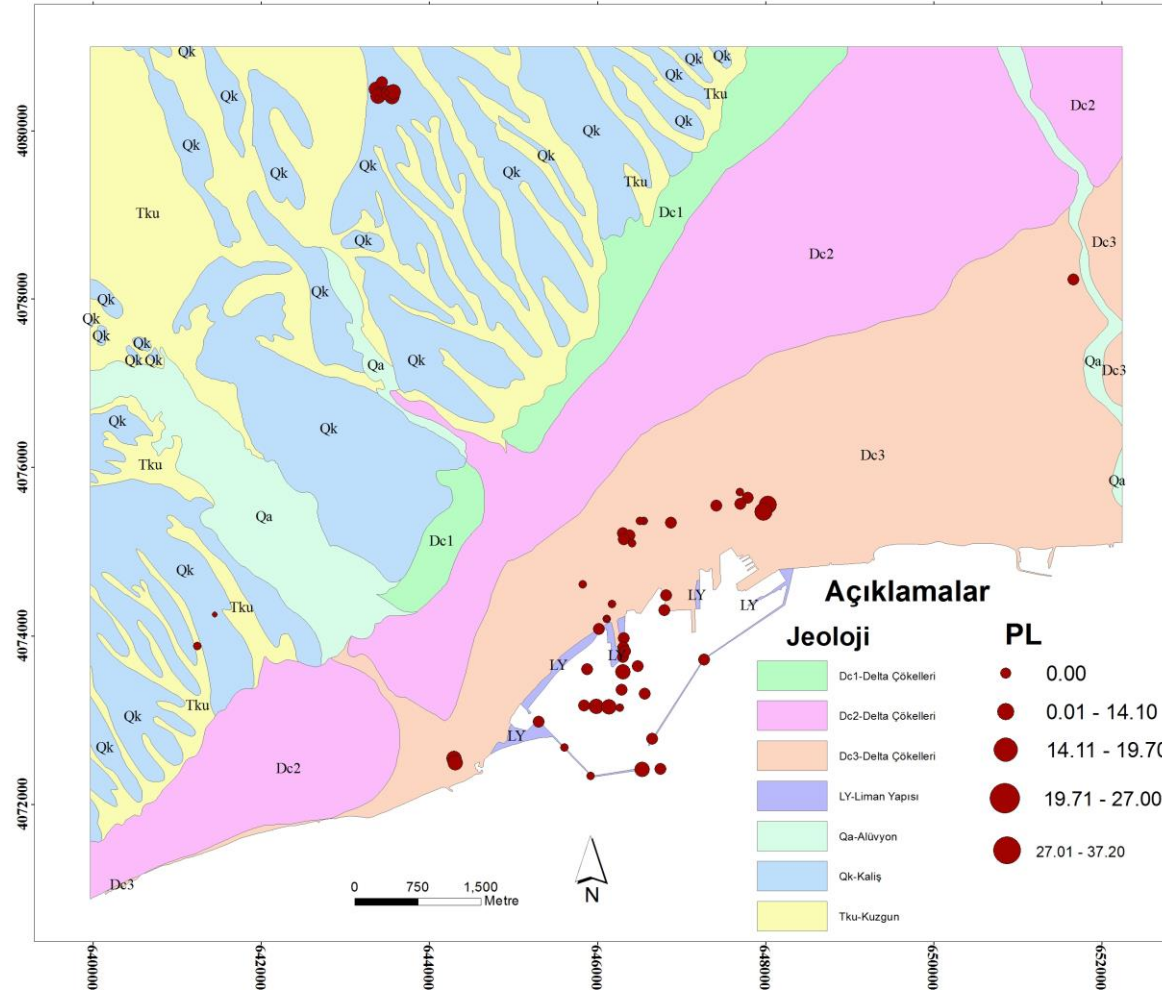
Şekil 4.21. Cs parametresinin değişimi



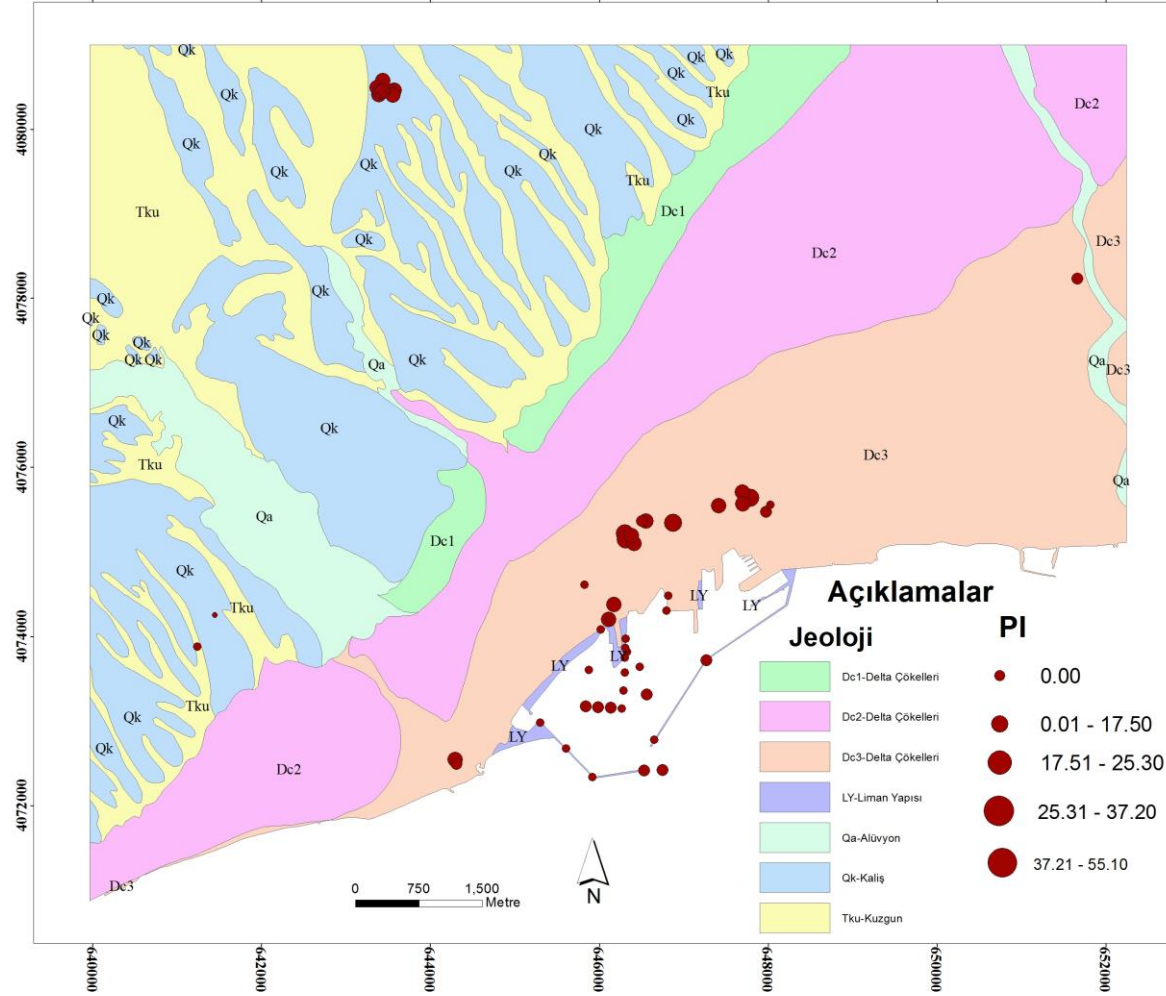
Şekil 4.22. e_0 parametresinin değişimi



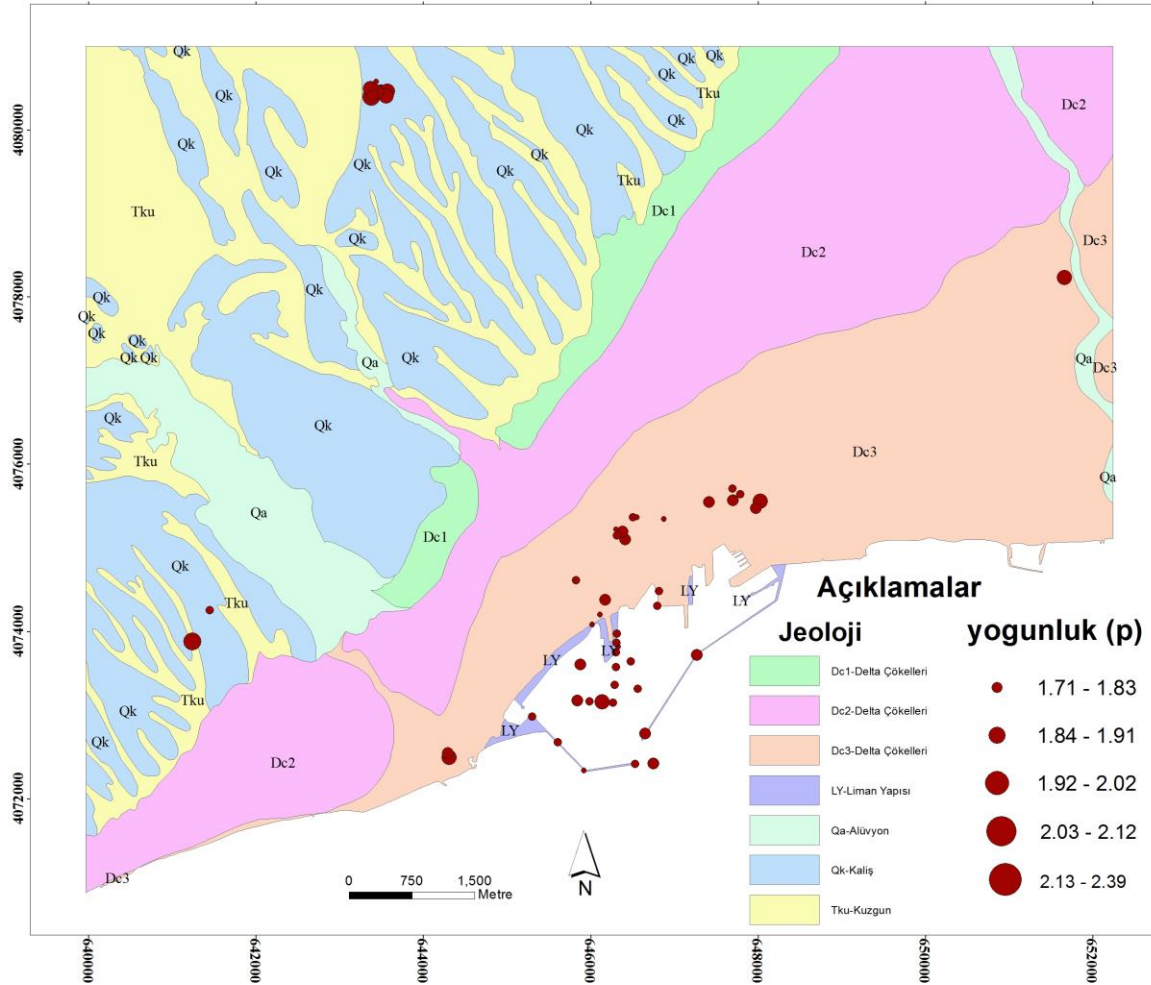
Şekil 4.23. LL parametresinin değişimi



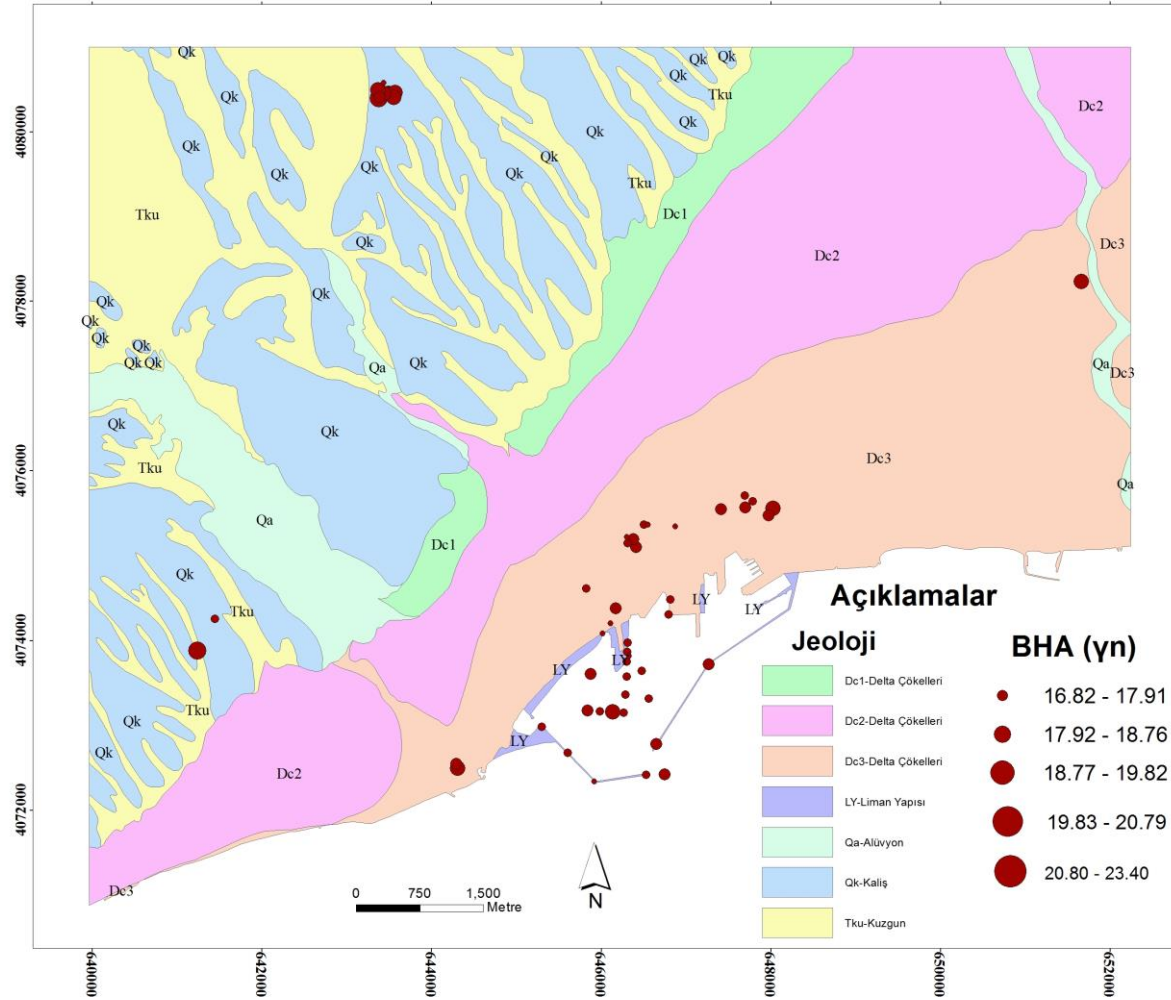
Şekil 4.24. PL parametresinin değişimi



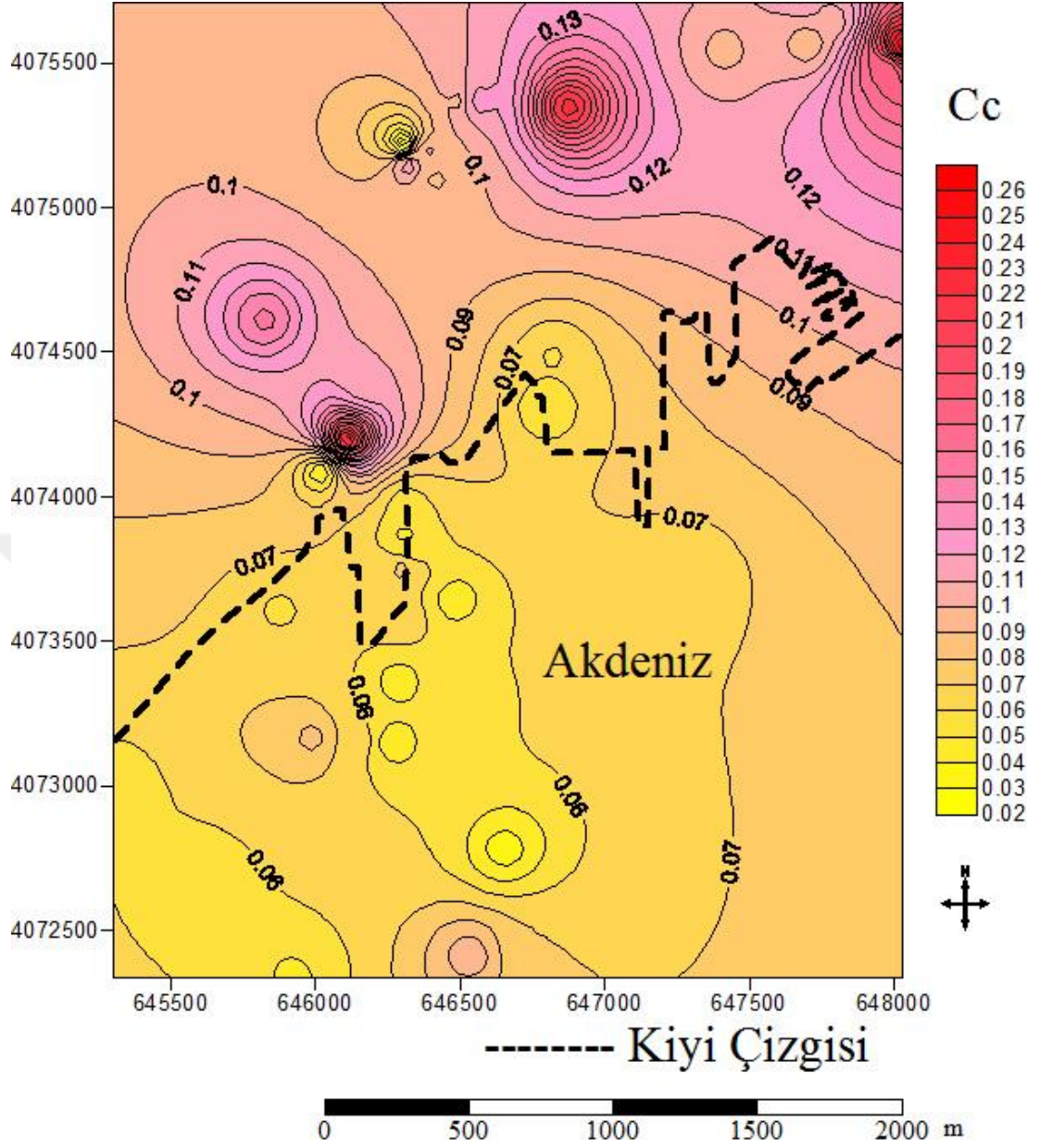
Şekil 4.25. PI parametresinin değişimi



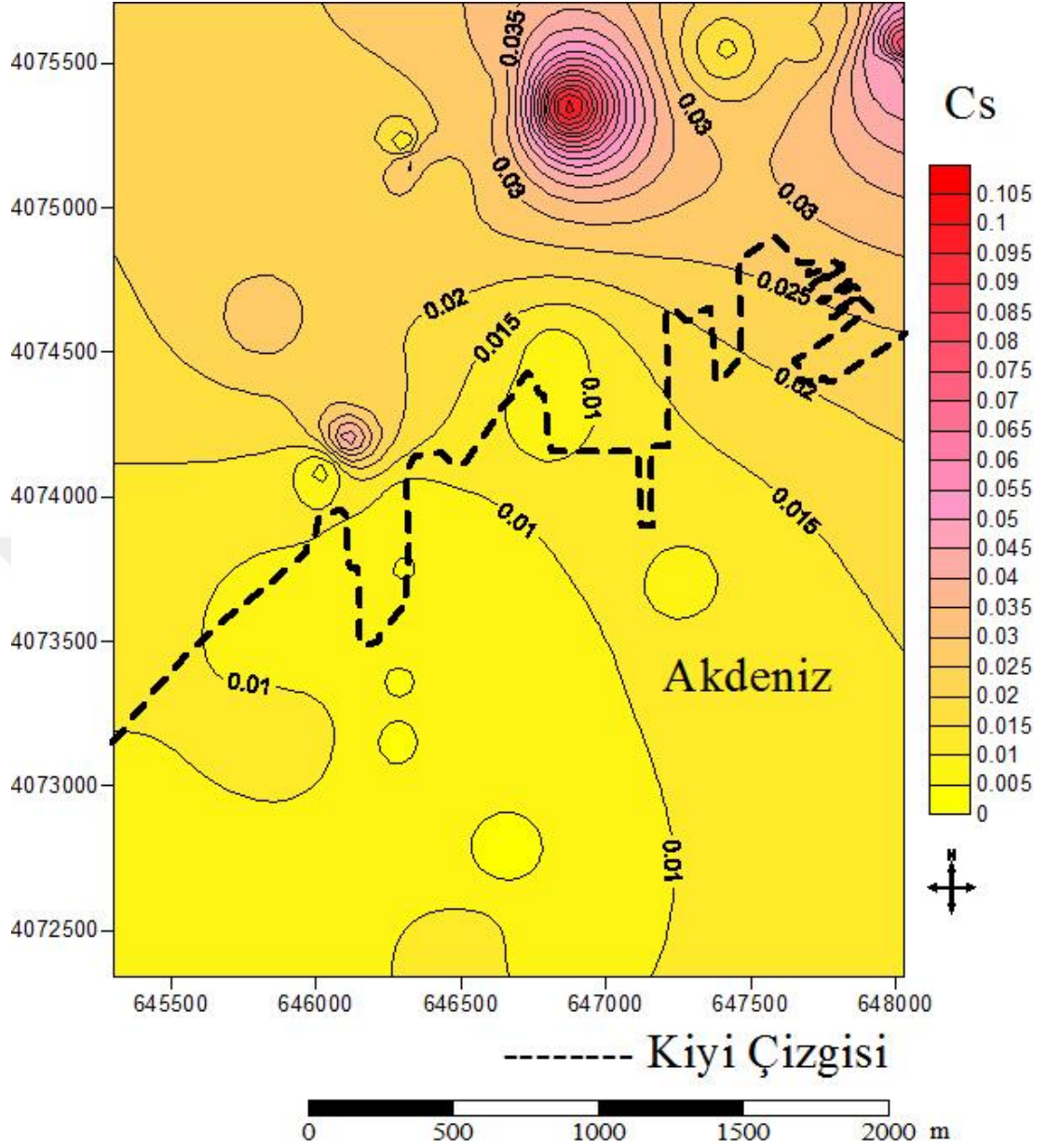
Şekil 4.26. p parametresinin değişimi



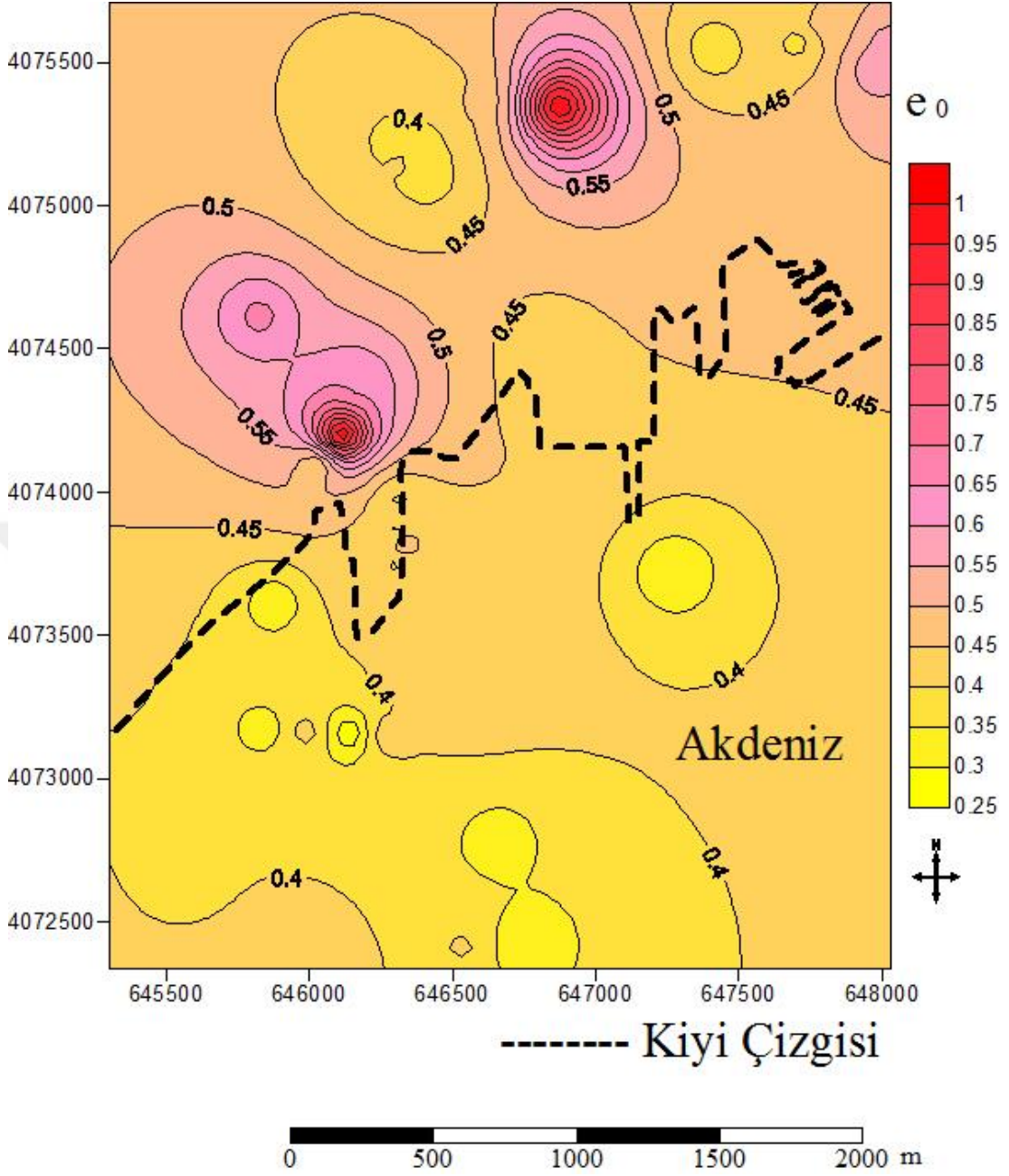
Şekil 4.27. γ parametresinin değişimi



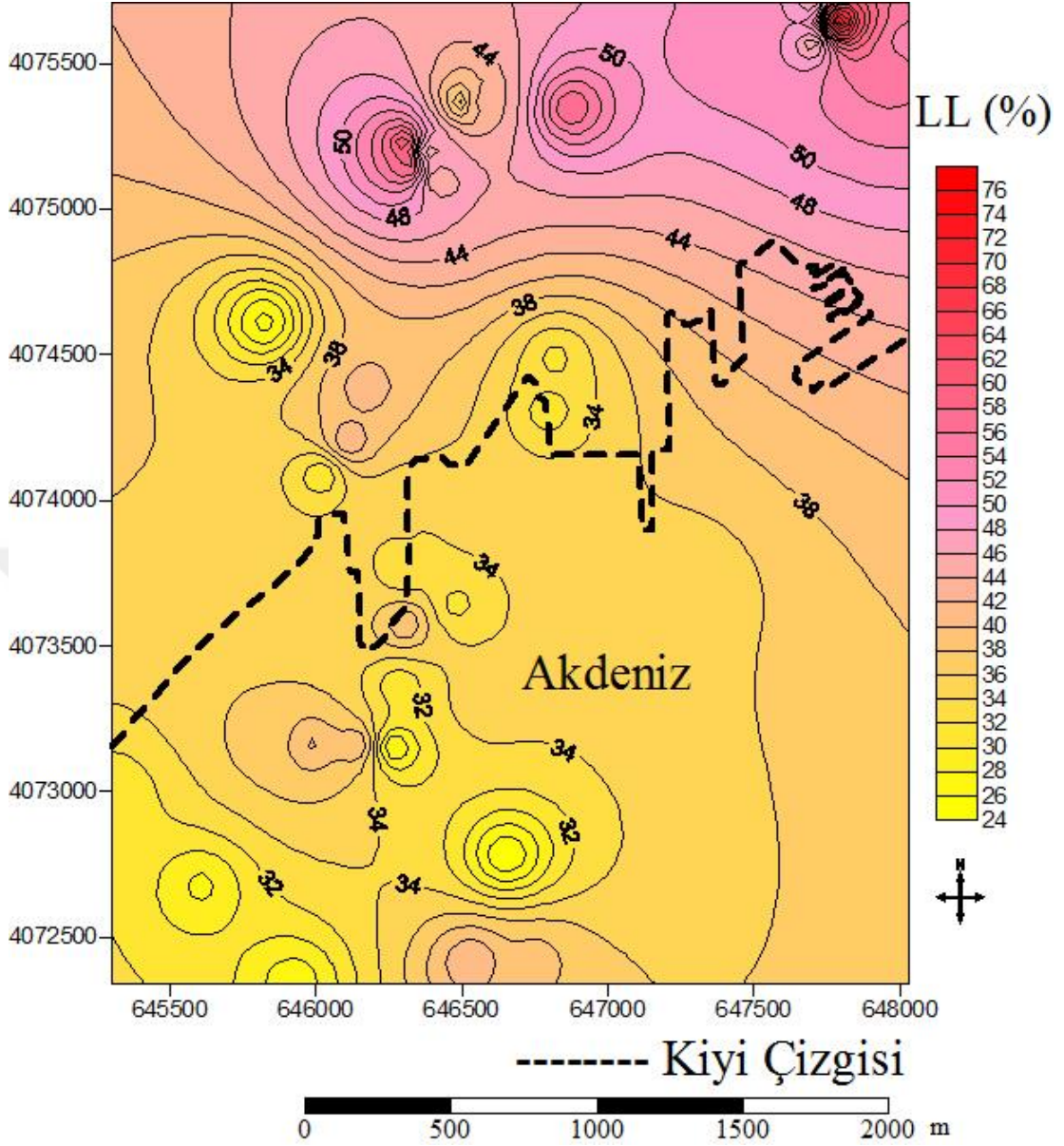
Şekil 4.28. C_c parametresi alansal dağılımı



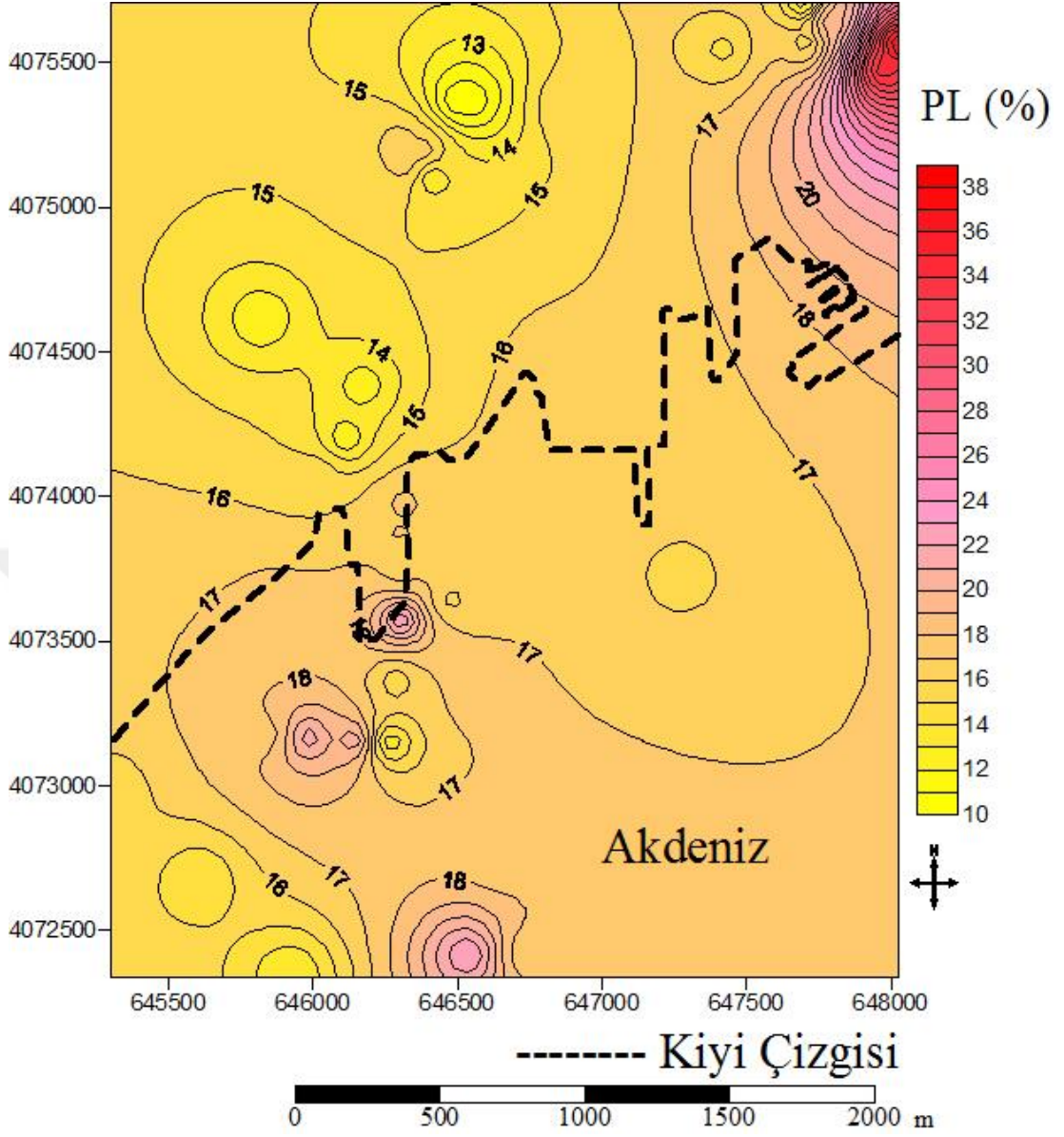
Şekil 4.29. C_s parametresi alansal dağılımı



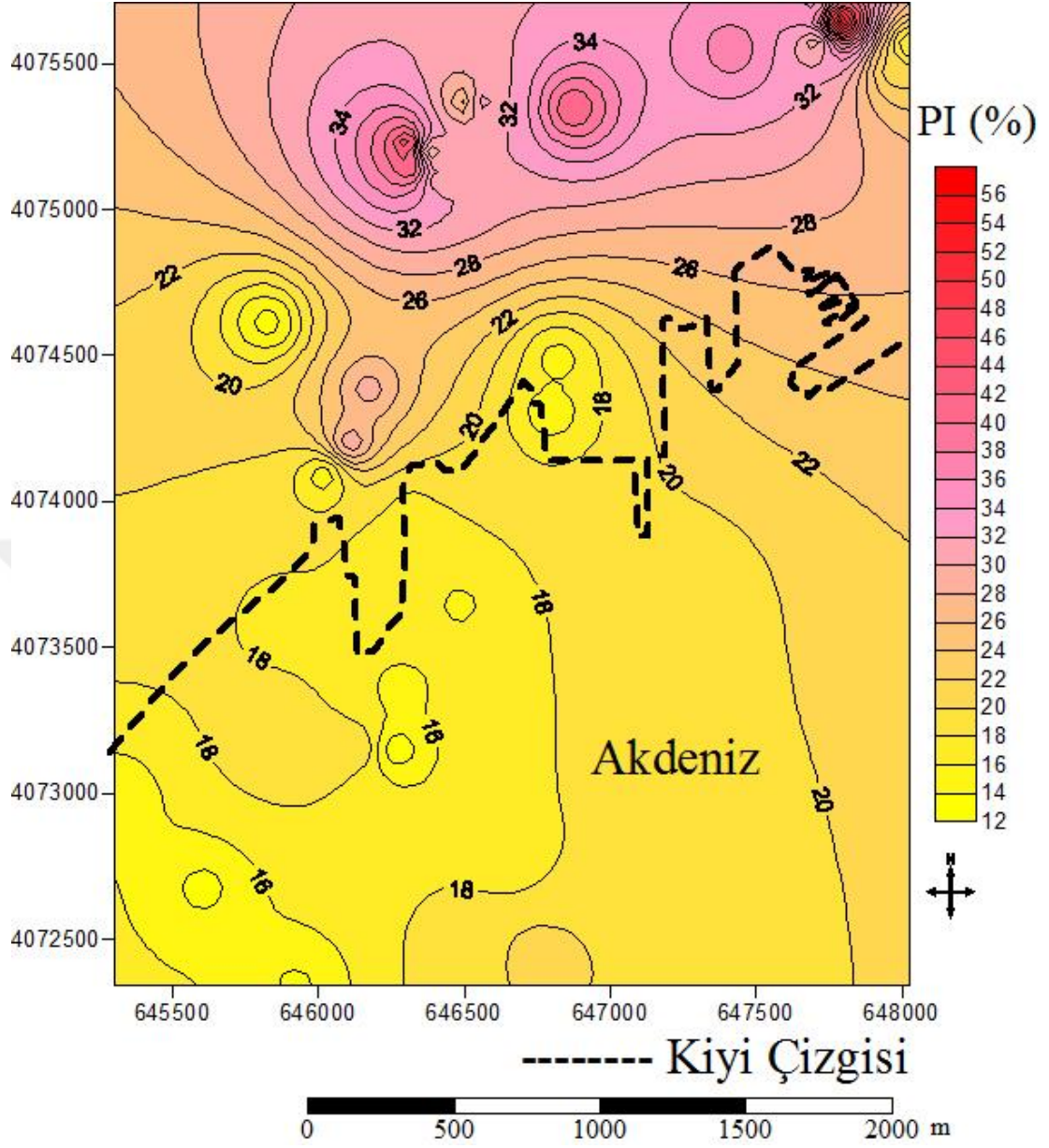
Şekil 4.30. e_0 parametresi alansal dağılımı



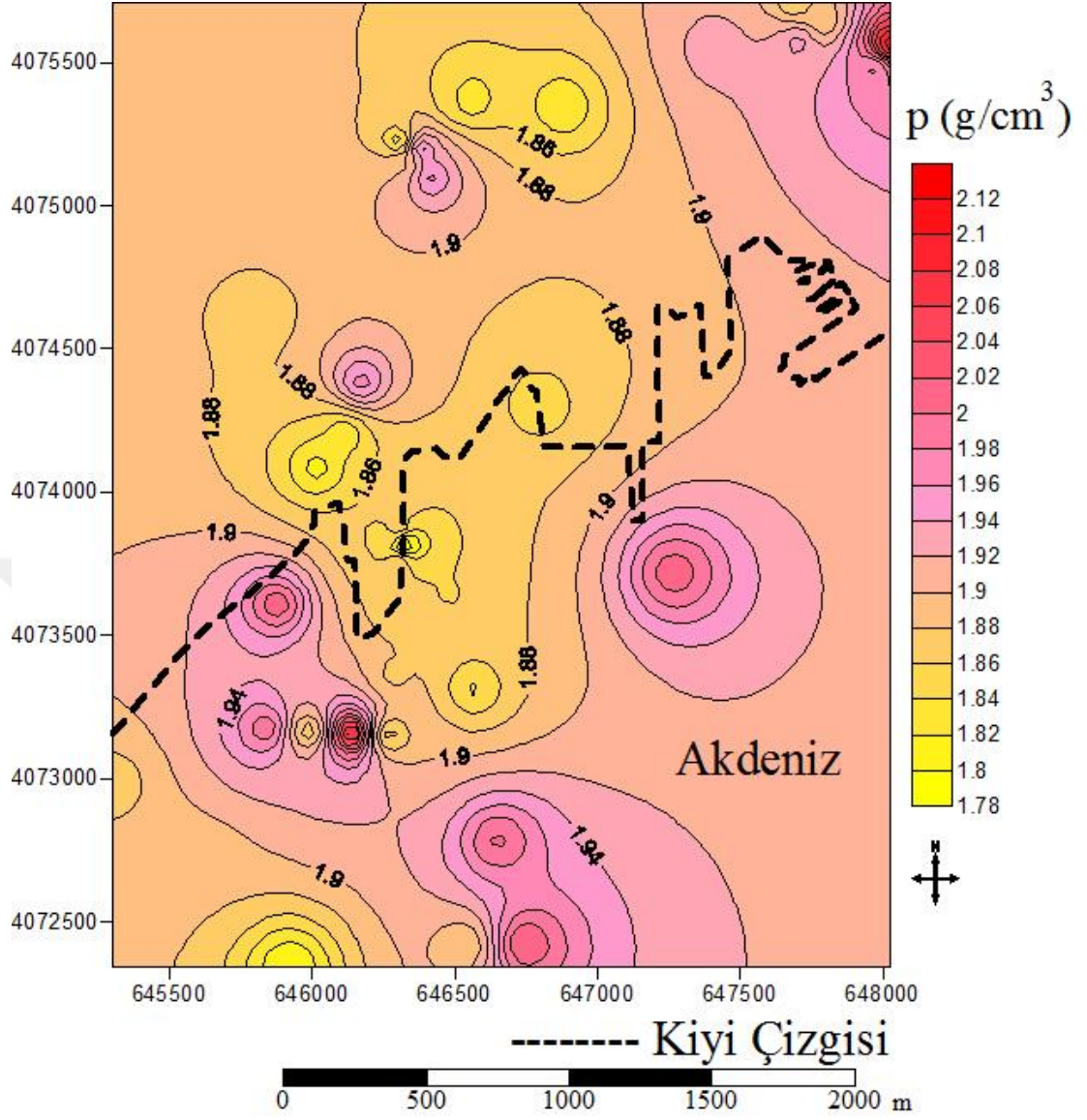
Şekil 4.31. LL parametresi alansal dağılımı



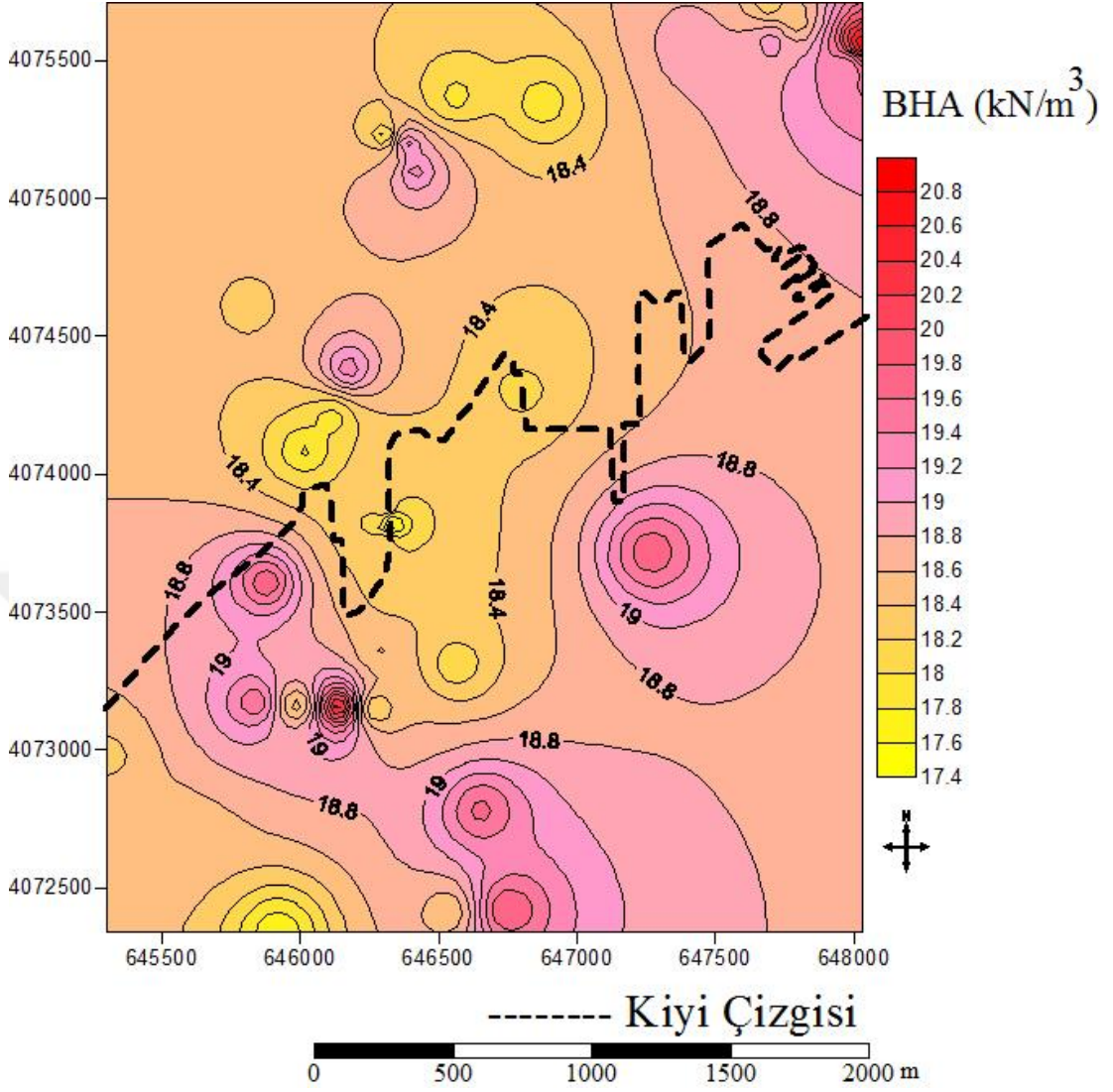
Şekil 4.32. PL parametresi alansal dağılımı



Şekil 4.33. PI parametresi alansal dağılımı



Şekil 4.34. p parametresi alansal dağılımı



Şekil 4.35. γ parametresi alansal dağılımı

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Hem Cc hem de Cs parametrelerinin ArcGIS ve Surfer' da çizilen dağılım haritalarına baktığımız zaman deniz sondajlarında düşük, kara sondajlarında ise yüksek değerlerde çıktığı görülmektedir.

Hem Cc hem de Cs parametresi için yapılmış olunan basit regresyon analizlerinde sadece e_0 parametresiyle yüksek korelasyon katsayısına ulaşılmıştır.

Hem Cc hem de Cs parametresi için yapılmış olunan çoklu regresyon analizlerinde içinde e_0 parametresinin bulunduğu eşitliklerde yüksek korelasyon katsayılarına ulaşılmıştır.

Çoklu regresyonda analizinde basit regresyondan analizinden daha yüksek korelasyon katsayılarına ulaşılmıştır. Bu yüzden çoklu regresyonla önerilen eşitliklerden yararlanmak daha doğru olacaktır.

Yapılmış olunan çalışmalardan görmekteyiz ki henüz Cc ve Cs parametreleri ile indeks deneylerden elde edilen parametreler arasında tam bir eşitlik bulunamamıştır. Fakat yüksek korelasyon katsayısına sahip bazı eşitlikler elde edilmiştir. Bu durum bize burada kullanılmayan başka parametrelerin de işin içinde olması gerektiğini göstermektedir.

Elek analiz ve hidrometre deneyinden elde edilecek D10, D30, D60 parametreleri ve kil ve silt ve kum yüzdeleri de belirlenmeli ve veri seti eklenmelidir.

Ayrıca; örneklerin alındıkları derinliklerin bilinmesi ve üzerlerindeki efektif gerilmenin hesaplanması faydalı olabilecektir.

Plastisite diyagramına bakıldığında örneklerin genellikle yüksek (CH), orta (CI) ve düşük (CL) plastisiteli kil grubuna girdiği görülmektedir.

Günümüzde kullanılan araç ve gereçler eski zamanlarda kullanılan araç ve gereçlerden daha hassas olduğu için günümüze yakın zamanlarda önerilmiş olunan eşitliklere güvenmek daha doğrudur.

Önerilen eşitliklerin güvenilirliğini test etmenin bir başka yolu da kullanılan örnek sayısına bakmak olacaktır. Veri seti ne kadar geniş ise önerilen eşitliğin güvenilirliği de o kadar artmaktadır.

Literatürde yer alan eşitliklerden doğruluğuna güvendiklerimiz arasından seçilen bir kaç eşitlik sonucu bulunan Cc değerlerinin ortalamasını alıp kullanmak akılcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Skempton, A.W. and Jones O.T. “Notes on the compressibility of clays”, Quarterly Journal of the Geological Society, 100:119-135, (1944).
- [2] Azzouz, A.S., Krizek, R.J. and Corotis R.B. “Regression analysis of soil compressibility”, Soils and Foundations, 16(2):19-29, (1976).
- [3] Silva, A.J. and Jordan, S.A. “Consolidation Properties and Stress History of Some Deep Sea Sediments”, Seabed Mechanics, (1984).
- [4] Al-Khafaji, A.W.N. and Andersland O.B. “equations for compression index approximation”, Journal of Geotechnical Engineering, 118(1):148-153, (1992).
- [5] Sridharan A. And Nagaraj H.B. “Compressibility behaviour of remoulded, fine-grained soils and correlation with index properties”, Canadian Geotechnical Journal, 37:712-722, (2000).
- [6] Lav, M.A. and Ansal A.M. “Regression Analysis of soil compressibility”, Turk J Engin Environ Sci, 25:101-109, (2001).
- [7] Yoon, G.L., Kim, B.T. and Jeon, S.S. “Empirical correlations of compression index for marine clay from regression analysis”, Canadian Geotechnical Journal, 41: 1213-1221, (2004).
- [8] Park, J.H. and Koumoto T. “New Compression Index Equation”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 130(2): 223-226, (2004).
- [9] Yoon G. L. Ve Kim B. T. “Regression Analysis of Compression Index for Kwangyang Marine Clay”, KSCE Journal of Civil Engineering, 10(6):415-418, (2006).
- [10] Ozer, M., Işık N.S. and Orhan M. “Statistical and neural network assessment of the compression index of clay-bearing soils”, Bull Eng Geol Environ, 67:537-545, (2008).
- [11] Işık, N. S. “Estimation of swell index of fine grained soils using regression equations and artificial neural networks”, Scientific Research and Essay, 4(10): 1047-1056, (2009).
- [12] Al-Kahdaar, R.M. and Al-Ameri A.F.I., “Correlations between physical and mechanical Properties of Al-Ammarah soil in Messan Governorate”, Journal of Engineering, 16(4): 5946-5957, (2010).
- [13] Park, H. And Lee S. R., “Evaluation of the compression index of soils using an artificial neural network”, Computers and Geotechnics, 38: 472-481 (2011).

- [14] Abbasi, N., Javadi A. and Bahramloo, R., “Prediction of Compression of Normally Consolidated Fine-Grained Soils”, World Applied Sciences Journal, 18(1): 06-14 (2012).
- [15] Kalantary, F. And Kordnaeij, A., “Prediction of Compression index using artificial neural network”, Scientific Research and Essays, 7(31): 2835-2848 (2012).
- [16] Akayuli C. And Ofosu, B., “Empirical Model for Estimating Compression Index from Physical Properties of Weathered Birimian Phyllites”, 18:6135-6144, (2013).
- [17] Youl Heo & Wooseok Bae (2013) A Statistical Evaluation of Consolidation Properties of Marine Clay in South Korea, Marine Georesources & Geotechnology, 31:3, 209-224, DOI:[10.1080/1064119X.2012.661030](https://doi.org/10.1080/1064119X.2012.661030)
- [18] Lee, C., Hong, S., Kim, D. And Lee, W. “Assessment of Compression Index of Busan and Incheon Clays with Sedimentation State”, Marine Georesources & Geotechnology, 33(1): 23-32 (2013).
- [19] ASTM, “Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading¹”, D2435/D2435M-11, West Conshohocken, United States.
- [20] ASTM, “Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass¹”, D2216-10, West Conshohocken, United States.
- [21] ASTM, “Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer¹”, D854-10, West Conshohocken, United States.
- [22] ASTM, “Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils¹”, D4318-10^{e1}, West Conshohocken, United States.
- [23] Mersin İli, Akdeniz İlçesi, Nusratiye Mevkii, 289 Ada, 30-47-51 Nolu Parsellerin Zemin Etüt Raporu, Eylül 2014.
- [24] Mersin İli, Akdeniz İlçesi, Nusratiye Mevkii, 10492 Ada, 1-2-3 Nolu Parsellerin Zemin Etüt Raporu, Ekim 2014.
- [25] Mersin İli, Akdeniz İlçesi, Nusratiye Mevkii, 4893 Ada, 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 Nolu Parsellerin Zemin Etüt Raporu, Eylül 2014.
- [26] Mersin İli, Yenişehir İlçesi, Bahçe Mahallesi, 180 Ada, 15-17-18-22-25-42 No’lu Parsellere ait Yaklaşık 64.318 Hektar Alanın 1/1000 Ölçekli Revize İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu, Mayıs 2013.
- [27] Mersin İli Kent Merkezi Doğu Girişi İmar Planına Esas Jeolojik & Jeoteknik Etüt Raporu, Haziran 2015.

[28] Mersin İli Akdeniz İlçesi Karaduvar Mahallesi 376-9659-9660 No'lu Parsellerde Bulunan Yaklaşık 46.067 m² Yüzölçümlü Alanının 1/1000 Ölçekli Revize İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu, Kasım 2013.

[29] Mersin O33A18C4C, O33A19D4C, O33A24A1B, O33A23A2C, O33A18C3D, O33A18C3C, O33A23B1A, O33A23B1B, O33A23B2A, O33A23B2B, O33A24A1A, O33A23B1D, O33A23B1C, O33A23B2D, O33A23B2C, O33A23B4A, O33A234B, O33A24D2A, O33A24D1C, O33A24D2D, O33A24D2C, O33A24D3A, O33A24D3B ve O33A24C4A No'lu Paftalarda Yer Alan Alanın 1/1000 Ölçekli İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu, Şubat 2013.

[30] Mersin İli Toroslar İlçesi Korukent Mahallesi, 10693 Ada, 1 No' lu Parsel, Mersin Entegre Sağlık Kampüsü Projesi, Kasım 2013.

[31] Microsoft Office, "Microsoft Office Excel 2013", USA

[32] Şenol, M., Şahin, Ş. ve Duman, T.Y. "Adana-Mersin Dolayının Jeoloji Etüd Raporu (1/100.000 ölçekli Mersin O33 Paftası)", Maden Tetkik ve Arama Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana (1998).

[33] Tağa, H. Ve Demirkol, C. "Emirler-Çavuşlu (Mersin) Yöresinin Jeolojisi", Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Sayı 11,1-6, (1996).

[34] ESRI, 2010 "ARCGIS 10.0", Esri GIS and mapping software

[35] Surfer v. 8.0 "Surface Mapping system",1993-2002, Golden Software, Inc.

[36] Tüysüz, N. Ve Abanuz, G.Y. "Jeoistatistik: Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar", 2.Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, (2012).

EKLER

EK-1 Veri Setine ait bilgiler

EK-2 Veri Setindeki Parametreler

EK-3 Plastisite diyagramı

EK-4 Genel Jeoloji Haritası



Ek-1. Veri setine ait bilgiler

#	Sondaj No	Koordinatlar		Örnekleme Derinliği (m)	YASS (m)	Kuyu Çapı (mm)	SPT	Referans
		Doğu	Kuzey					
1	SK-2	646551	4075369	3.00-3.30	2.40	76	12-16	23
2	SK-3	646504	4075369	5.50-6.00	2.70	76	16-9	
3	SK-1	647789	4075642	9.00-9.45	6.40	76	20-36	24
4	SK-3	647702	4075568	7.00-7.45	5.80	76	17-24	
5	SK-4	647695	4075708	6.00-6.45	4.80	76	12-22	
6	SK-7	647418	4075547	6.00-6.45	3.15	76	24-26	
7	SK-1	646415	4075101	6.00-6.25	3.50	76	18-12	25
8	SK-3	646315	4075149	3.00-3.30	3.10	76	10	
9	SK-4	646383	4075196	6.00-6.50	3.10	76	21-17	
10	SK-5	646304	4075223	6.00-6.30	3.00	76	14-16	
11	SK-6	644307.926	4072496.843	12.00-13.50	2.85	-	REFÜ	26
12	SK-8	644293.638	4072547.643	2.50-3.00	1.35	-	23	
13	SK-2	646112.92	4074202.52	3.00-3.50	2.30	76	5-14	27
14	SK-2	646112.92	4074202.52	15.00-15.50	2.30	76	26-35	
15	SK-3	646173.04	4074381.93	6.00-6.50	2.75	76	25-24	
16	SK-6	645825.13	4074612.83	3.00-3.50	2.80	76	18-17	
17	SK-9	646873.99	4075346.10	6.00-6.50	4.60	76	23-14	
18	SK-3	651664	4078236.41	1.00-1.50	11.00	-	REFÜ	28
19	DSK-1	646329.37	4073820.12	13.00-13.50	-	-	8-20	29
20	DSK-2	646304.81	4073574.93	17.00-17.50	-	-	25-28	
21	DSK-3	646287.12	4073363.16	13.00-13.50	-	-	23	
22	DSK-4	646269.42	4073151.69	13.00-13.50	-	-	30	
23	DSK-7	646270.88	4069323.84	12.00-12.50	-	-	12-46	
24	DSK-8	646137.39	4073158.99	13.00-13.50	-	-	14-27	

25	DSK-9	646018.16	4074085.15	6.00-6.50	-	-	26		
26	DSK-13	645986.53	4073165.66	15.00-15.50	-	-	25-33		
27	DSK-14	645878.07	4073607.71	11.00-11.50	-	-	29-37		
28	DSK-16	645840.07	4073175.79	15.00-15.50	-	-	26-39		
29	DSK-17	646479.40	4073644.51	15.00-15.50	-	-	26		
30	DSK-18	646561.74	4073313.49	15.00-15.50	-	-	27		
31	DSK-22	646795.51	4074307.17	11.00-11.50	-	-	28-34		
32	DSK-23	646748.33	4072421.29	17.00-17.50	-	-	41		
33	DSK-25	649401.57	4069821.97	21.00-21.50	-	-	14-29		
34	DSK-26	646533.95	4072415.45	15.00-15.50	-	-	24		
35	DSK-27	646652.63	4072782.17	14.00-14.50	-	-	27		
36	DSK-28	647267.74	4073719.42	11.50-12.00	-	-	15		
37	SK-1	646314.53	4073977.39	9.00-9.50	1.50	-	18-27		
38	SK-2	646308.52	4073864.77	11.00-11.50	1.80	-	25-28		
39	SK-3	646302.76	4073752.46	10.00-10.50	1.50	-	22-24		
40	SK-4	645303.59	4072982.90	15.00-15.50	1.00	-	41		
41	SK-5	645606.63	4072674.88	16.50-17.00	0.50	-	32-36		
42	SK-6	645921.29	4072340.23	10.50-11.00	0.50	-	30		
43	SK-7	646819.45	4074486.38	11.50-12.00	1.50	-	24-26		
44	SK-1	643368.04	4080495.31	5.00-5.50	-	-	64		30
45	SK-2	643382.59	4080476.34	4.00-4.50	-	-	REFÜ		
46	SK-3	643404.84	4080447.53	5.00-5.50	-	-	REFÜ		
47	SK-4	643438.54	4080451.95	5.50-6.00	-	-	71		
48	SK-6	643380.50	4080394.29	6.50-7.00	-	-	REFÜ		
49	SK-7	643390.06	4080412.49	8.00-8.50	-	-	REFÜ		
50	SK-8	643495.29	4080451.94	6.00-6.50	-	-	REFÜ		
51	SK-9	643516.29	4080447.07	8.00-8.50	-	-	REFÜ		

52	SK-11	643573.82	4080463.16	7.00-7.50	-	-	63
53	SK-13	643557.81	4080407.92	8.00-8.50	-	-	REFÜ
54	SK-55	643438.48	4080575.38	7.00-7.50	-	-	63

Ek-2. Veri setindeki Parametreler

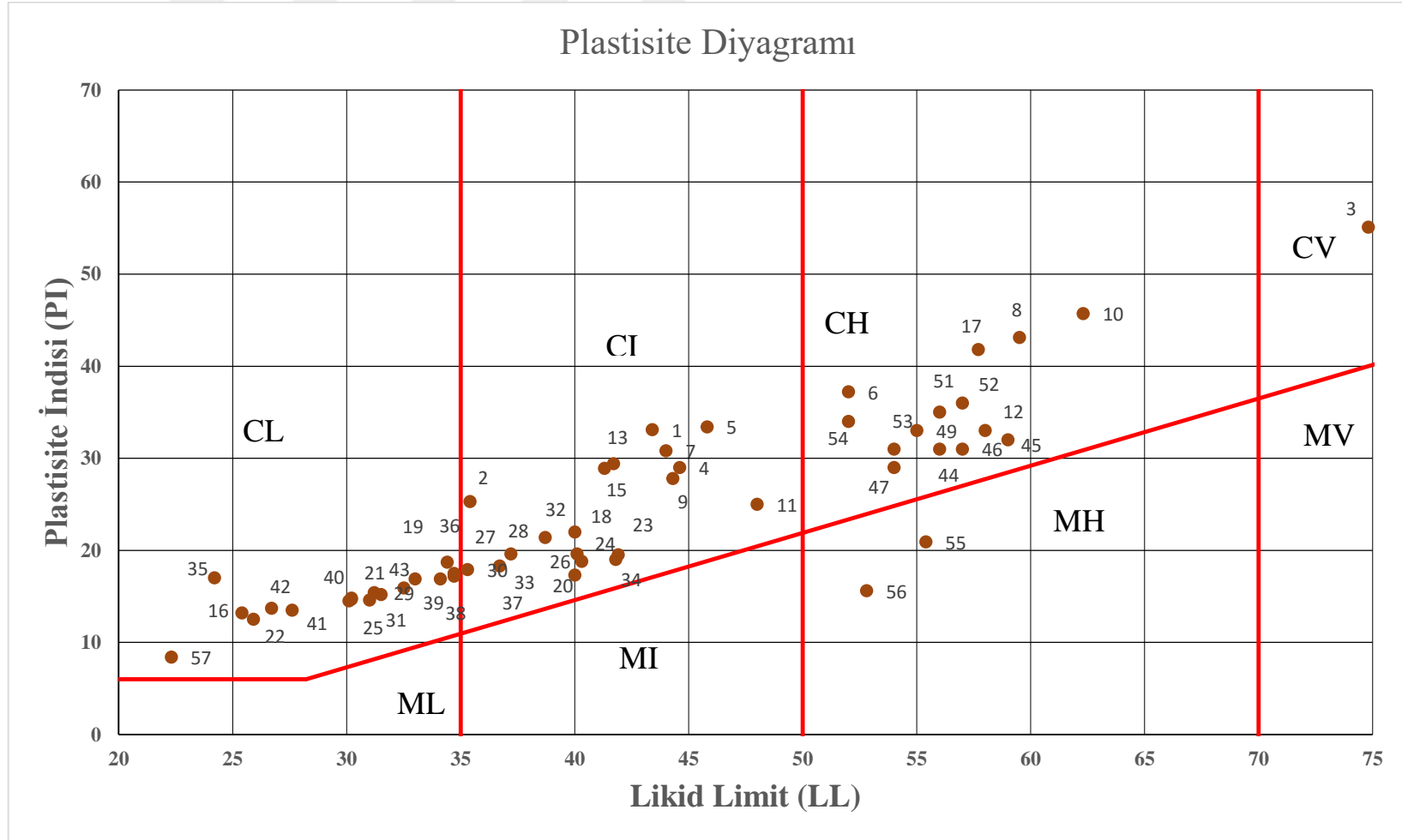
N.N	X	Y	Cc	Cs	Gs	LL	PL	PI	p	γ_n	e ₀	Referans
1	646551	4075369	0,131	0,028	2,69	43,4	10,3	33,1	1,81869	17,841	0,4769	22
2	646504	4075369	0,094	0,026	2,58	35,4	10,1	25,3	1,84594	18,109	0,3987	
3	647789	4075642	0,102	0,029	2,77	74,8	19,7	55,1	1,8821	18,463	0,4739	23
4	647702	4075568	0,089	0,022	2,69	44,6	15,6	29	1,94601	19,09	0,3833	
5	647695	4075708	0,115	0,022	2,63	45,8	12,4	33,4	1,85867	18,234	0,4139	
6	647418	4075547	0,096	0,014	2,65	52	14,8	37,2	1,92997	18,933	0,371	
7	646415	4075101	0,088	0,02	2,7	44	13,2	30,8	1,96639	19,29	0,3731	24
8	646315	4075149	0,121	0,032	2,67	59,5	16,4	43,1	1,89559	18,596	0,4059	
9	646383	4075196	0,103	0,029	2,65	44,3	16,5	27,8	1,96537	19,28	0,3483	
10	646304	4075223	0,018	0,009	2,53	62,3	16,6	45,7	1,82608	17,914	0,3855	
11	644307,926	4072496,843	0,079	0,026	2,7	48	23	25	2,05777	20,187	0,5597	25
12	644293,638	4072547,643	0,212	0,03	2,7	58	25	33	1,9323	18,956	0,8241	

13	646112,9182	4074202,523	0,237	0,043	2,77	41,7	12,3	29,4	1,8248	17,901	0,9904	26
14	646112,9182	4074202,523	0,12	0,079	2,7	-	-	-	1,82378	17,891	0,9331	
15	646173,0399	4074381,931	0,112	0,022	2,7	41,3	12,4	28,9	1,96766	19,303	0,6455	
16	645825,1327	4074612,826	0,153	0,029	2,56	25,4	12,2	13,2	1,87089	18,353	0,6641	
17	646873,9929	4075346,103	0,226	0,102	2,74	57,7	15,9	41,8	1,82175	17,871	0,9871	
18	651664,0072	4078236,41	0,081	0,012	2,7	40	18	22	2,11374	20,736	0,4801	27
19	646329,3706	4073820,123	0,053	0,005	-	33	16,1	16,9	1,76802	17,344	0,4932	28
20	646304,8132	4073574,936	0,066	0,009	-	40	22,7	17,3	1,86988	18,343	0,4119	
21	646287,1184	4073363,16	0,043	0,004	-	30,2	15,5	14,7	1,87471	18,391	0,4082	
22	646269,4178	4073151,692	0,042	0,003	-	25,9	13,4	12,5	1,85205	18,169	0,4254	
23	646270,8806	4069323,843	0,067	0,008	-	41,9	22,4	19,5	2,07614	20,367	0,2716	
24	646137,3911	4073158,989	0,066	0,007	-	40,1	20,5	19,6	2,0904	20,507	0,2629	
25	646018,1657	4074085,149	0,039	0,003	-	30,2	15,4	14,8	1,81156	17,771	0,4573	
26	645986,5309	4073165,657	0,084	0,014	-	40,3	21,5	18,8	1,86758	18,321	0,4136	
27	645878,0703	4073607,711	0,058	0,006	-	34,7	17,5	17,2	2,01401	19,757	0,3108	
28	645840,0758	4073175,794	0,071	0,011	-	37,2	17,6	19,6	1,9944	19,565	0,3237	
29	646479,3991	4073644,514	0,041	0,005	-	31,2	15,8	15,4	1,85816	18,229	0,4208	

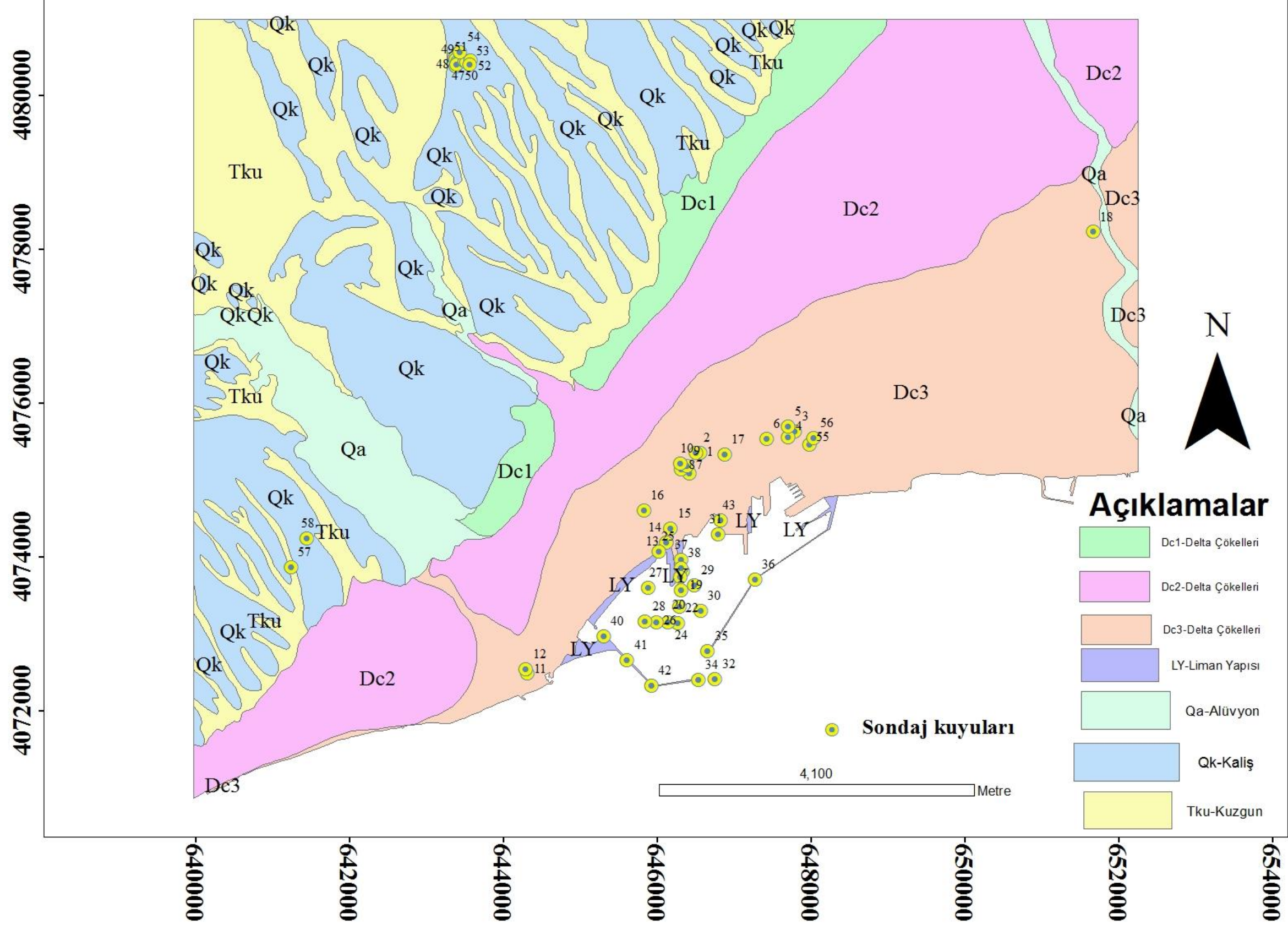
30	646561,7434	4073313,492	0,058	0,007	-	35,3	17,4	17,9	1,83779	18,029	0,4365	
31	646795,515	4074307,176	0,05	0,005	-	31	16,4	14,6	1,8467	18,116	0,4296	
32	646748,3346	4072421,29	0,07	0,008	-	38,7	17,3	21,4	2,02012	19,817	0,3069	
33	649401,5746	4069821,974	0,078	0,009	-	36,7	18,4	18,3	1,87395	18,383	0,4088	
34	646533,9504	4072415,453	0,096	0,014	-	41,8	22,8	19	1,88133	18,456	0,4033	
35	646652,6271	4072782,173	0,035	0,002	-	24,2	17,2	17	2,00331	19,652	0,3178	
36	647267,7459	4073719,418	0,062	0,009	-	34,4	15,7	18,7	2,01171	19,735	0,3123	
37	646314,5288	4073977,394	0,053	0,007	-	34,7	17,2	17,5	1,87395	18,383	0,3928	
38	646308,5251	4073864,773	0,046	0,007	-	34,1	17,2	16,9	1,87853	18,428	0,3894	
39	646302,7635	4073752,463	0,074	0,004	-	32,5	16,6	15,9	1,87675	18,411	0,3907	
40	645303,5928	4072982,907	0,052	0,009	-	30,1	15,6	14,5	1,8714	18,358	0,3947	
41	645606,6285	4072674,884	0,05	0,008	-	27,6	14,1	13,5	1,87955	18,438	0,3886	
42	645921,2893	4072340,232	0,048	0,007	-	26,7	13	13,7	1,79959	17,654	0,4503	
43	646819,4545	4074486,385	0,059	0,007	-	31,5	16,3	15,2	1,85994	18,246	0,4033	
44	643368,0399	4080495,315	0,073	0,008	-	56	25	31	2,05706	20,18	0,518	29
45	643382,5892	4080476,349	0,059	0,013	-	59	27	32	2,05884	20,197	0,556	
46	643404,8453	4080447,528	0,056	0,01	-	57	26	31	2,09373	20,54	0,474	

47	643438.5447	4080451.955	0,073	0,018	-	54	25	29	2,05782	20,187	0,482		
48	643380.5026	4080394.297	0,1	0,008	-	-	-	-	2,22415	21,819	0,452		
49	643390.0616	4080412.491	0,129	0,04	-	55	22	33	1,99414	19,563	0,625		
50	643495.2944	4080451.943	0,059	0,007	-	-	-	-	2,06317	20,24	0,478		
51	643516.2879	4080447.071	0,06	0,005	-	56	21	35	2,06317	20,24	0,478		
52	643573.8227	4080463.167	0,043	0,006	-	57	21	36	2,06317	20,24	0,478		
53	643557.8119	4080407.917	0,053	0,008	-	54	23	31	2,05884	20,197	0,556		
54	643438.4798	4080575.385	0,126	0,013	-	52	18	34	1,71498	16,824	0,511		
55	647974.150	4075476.075	0,17	0,046	2,35	55,4	34,5	20,9	1,956	19,188	0,581		Bu Çalışma
56	648028.030	4075561.403	0,26	0,08	2,36	52,8	37,2	15,6	2,119	20,787	0,568		
57	641237.4117	4073881.181	0,056	0,011	2,47	22,3	13,9	8,4	2,385	23,397	0,213		
58	641449.0553	4074254.967	0,105	0,007	2,51	-	-	-	1,912	18,757	0,629		

Ek-3. Plastisite Diyagramı



Ek-4. Genel Jeoloji Haritası (Şenol ve diğ. 1998 [32] ve Tağa ve Demirkol 1996 [33]'dan değiştirilerek).



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Aydın ALPTEKİN

Doğum Tarihi: 31/03/1986

Öğrenim Durumu: Yüksek Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Fen Bilimleri	Yusuf Kalkavan Anadolu Lisesi	1997-2004
Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Orta Doğu Teknik Üniversitesi	2004-2011
Yüksek Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2013-2016