

**MERSİN-ANAMUR KARAYOLU 143+000-143+260
KİLOMETRELERİ ARASI ŞİST BİRİMİNDEKİ ŞEV DURAYSIZLIK
PROBLEMİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BELDE SİNEM SAKIN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UYGULAMALI JEOLJİ
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
MART - 2018**

**MERSİN-ANAMUR KARAYOLU 143+000-143+260
KİLOMETRELERİ ARASI ŞİST BİRİMİNDEKİ ŞEV DURAYSIZLIK
PROBLEMİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BELDE SİNEM SAKIN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

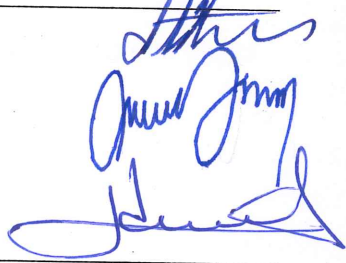
**UYGULAMALI JEOLJİ
ANABİLİM DALI**

**Danışman
Doç. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS**

**MERSİN
MART - 2018**

ONAY

Belde Sinem SAKIN tarafından Doç. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS danışmanlığında hazırlanan "Mersin-Anamur Karayolu 143+000-143+260 Kilometreleri Arası Şist Birimindeki Şev Duraysızlık Probleminin İncelenmesi" başlıklı çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından 07 Mart 2018 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Görevi	Ünvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Başkan	Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN	
Üye (Danışman)	Doç. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Hidayet TAĞA	

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ²⁰¹⁸23.03.2018 tarih ve 18/569 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



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

ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
 - Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
 - Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
 - Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi
- beyan ederim.

ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

07 Mart 2018 / 07 March 2018



Belde Sinem SAKIN

ÖZET

MERSİN-ANAMUR KARAYOLU 143+000-143+260 KİLOMETRELERİ ARASI ŞİST BİRİMİNDEKİ ŞEV DURAYSIZLIK PROBLEMİNİN İNCELENMESİ

Bu tez çalışmasında, Mersin-Anamur D400 karayolunun 143+000-143+260 kilometreleri arasındaki yol yarmasında meydana gelen şev duraysızlık problemleri araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında, şevin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemek ve şev tasarımına yönelik girdi parametrelerini elde etmek amacıyla, bölgede yapılmış olan arazi gözlemleri dikkate alınarak, şev üzerinde 60 m'lik bir adet düşey sondaj ile kuzeye 30 ° ve güneye 15 ° açıyla olmak üzere, 69 m'lik iki adet eğik sondaj yapılmıştır. Açılan sondaj kuyularında, kaya kütlelerinin elastik ve geçirimsizlik özelliklerini belirlemek amacıyla, presiyometre ve lugeon deneyleri yapılmıştır. Deneylerin yapılacağı seviyeler, dik sondaj kuyusundan elde edilen karotlar dikkate alınarak, özellikle litolojik ve yapısal değişimlerin olduğu yerler olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında, kayanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde, sondajlardan elde edilen karot örnekler üzerinde bir dizi laboratuvar deneyi gerçekleştirilmiştir. ISRM (1981) standartlarına uygun olarak yürütülen laboratuvar deneyleri; yoğunluk-birim hacim ağırlık, ağırlıkça ve hacimce su emme, nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma dayanımı, üç eksenli sıkışma ve suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyleridir. Laboratuvar ve arazide yapılan (in situ) deney sonuçları şev analizlerinde girdi parametresi olarak kullanılmıştır.

Arazi gözlemleri ve deney sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, mevcut şevin şist ve klorit-şist birimlerinden oluştuğu ve genel olarak düşük dayanımlı kaya sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Yüzeğe yakın kısımlarda yağış, sıcaklık gibi atmosferik koşulların, bozunma aşınma, dağılma, ayrışma, çözünme gibi değişimlere neden olduğu ve şev duraysızlığını tetiklediği tespit edilmiştir. Yüzeyden yaklaşık 5 m'lik derinlikte belirlenen bozunma zonunun varlığı, zayıf kaya niteliğindeki şistlerin jeomekanik özelliklerini değiştirmiş ve bu kısım, kayanın makaslama dayanımına etki eden parametreler üzerinde olumsuz bir etki oluşturmuştur. Yüzeyden itibaren 5 m'lik derinliğin altında kalan kısım ise yer yer kalsit dolgulu ve zayıf-orta kaya kütleleri özelliklerine sahiptir. Bu nedenle yapılacak şev analizlerinde, şevin yaklaşık 5m'lik kısmı ile nispeten daha iyi kaya kütle özelliklerine sahip bölümünün kaya kütle parametreleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Zayıf ve eklemlili kaya kütlelerinde kaya kütlelerinin özelliklerini belirlemede, diğer kaya kütleleri sınıflama sistemlerinin yetersiz oluşu nedeniyle, söz konusu şev için GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) kullanılmıştır. GSI sisteminde yer alan kaya kütlelerine ait parametreler, laboratuvar ve arazi deney sonuçları ile önerilmiş çizelgeler ve görgül ilişkiler kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki şev, yaklaşık 65 m yüksekliğinde olup, 2/3 (h/V) şev açısı ile 4 palyeden oluşmaktadır. Tez kapsamında, laboratuvar ve yerinde deney sonuçlarından elde edilen girdi parametreleri kullanılarak, geriye dönük analizler ve mevcut şev için duraylılık analizleri yapılmıştır. Analizlerde; Rocdata 5.0 ve Slide 7.0 bilgisayar programları kullanılmıştır. Şev duraylılık analizleri dairesel kayma modelinin yanı sıra birleşik kayma modeli de kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, en kritik kayma dairesi ile belirlenen güvenlik katsayısı değeri dikkate alınmıştır. Analizler sırasında, yer ivmesi değeri, tehlikeli deprem bölgesi dışında kaldığı için dikkate alınmamıştır.

Yapılan analizler sonucunda kaymanın şevin bozunma zonundan geçen dairesel bir düzlemde meydana geldiği tespit edilmiş ve kritik kayma dairesi için güvenlik katsayısı $F = 1.43$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer, karayolu şevleri için öngörülen $F \geq 1.5$ değerinin altında kalmakta ve şevin kritik bir konumda olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Karayolu, Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI), Kütle Hareketi, Şev duraylılığı, Şist.

Danışman: Doç. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS, Mersin Üniversitesi, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, Mersin.



ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE SLOPE INSTABILITY PROBLEM IN THE SCHIST UNITS BETWEEN 143+000 - 143+260 KILOMETERS OF THE MERSIN ANAMUR HIGHWAY

In this thesis study, instability problems which occur in the road slope between 143+000- 143+260 kilometers of Mersin-Anamur D400 highway were investigated.

Within the scope of this study, in order to determine the geological and geotechnical properties of the slope and to obtain the input parameters for the slope design, 30 ° to the north and 15 ° to the south with a vertical drilling of 60 m on the slope, two 69 meters inclined drillings were made by considering the field observations made in the region. In order to determine the elastic and permeability properties of the rock mass, pressiometer and lugeon tests made in the borehole. The levels at which tests are carried out, have been determined as the locations where especially lithological and structural changes occur, by considering the cores obtained from the vertical drilling.

In the scope of the study, a series of laboratory tests were carried out on the core samples obtained from the drillings in determining the physical and mechanical properties of the rock. Laboratory tests conducted in accordance with ISRM (1981) standards are; density-unit weight, water absorption, point load index, uniaxial compressive strength, triaxial compressive strength and slake durability tests. Test results obtained from laboratory and field (in situ) tests are used as input parameters in slope stability analyses.

When the field observations and the test results are evaluated together, it is determined that the existing slope is formed of schist and chlorite-schist units and is generally in the low-strength rock class. It has been determined that the atmospheric conditions such as precipitation and temperature, cause changes such as weathering, abrasion, dispersion, alteration, solution and trigger the slope instability near the surface. The existence of weathered zone at a depth of about 5 m from the surface changed the geomechanical properties of the schist of weak rock quality and this part has a negative effect on the parameters affecting the shear strength of the rock. The part below the depth of 5 m from the surface has the properties of calcite-filled and weak-medium rock mass in some places. For this reason, in the analysis of the slopes, approximately 5 m of the slope and the part with relatively better rock mass characteristics were evaluated separately considering with rock mass properties.

In determining the rock mass properties of weak and jointed rocks, because of the inadequacy of other rock mass classification systems, GSI (Geological Strength Index) was used for this slope. Stability constants of the rock mass in the GSI system are determined by laboratory tests, in-situ tests, tables and empirical relations.

The slope in the study area is about 65 m high and consists of 4 benches with a slope angle of $2/3$ (h / V). Using input parameters obtained from the laboratory and on-site test results, back analyses and slope stability analyses for the existing slope were carried out. Rocdata 5.0 and Slide 7.0 computer programs are used in analyses. The slope stability analyses were performed by using the combine slide model as well as the circular slide model and the factor of safety determined by the most critical slide cycle was taken into consideration.

During the analyses, because of being outside of the dangerous earthquake zone, the ground acceleration was not considered. As a result of the analyses, it was determined that the slide was circular plane passing through weathered zone and the factor of safety for the critical slide circle was calculated as $F = 1.43$. This value is below $F \geq 1.5$ for road slopes and indicates that the slope is in a critical position.

Key Words: Highway, Geological Strength Index (GSI), Mass Movement, Slope Stability, Schist.

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Kivanç ZORLU ARAS, Mersin University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering Applied Geology Division, Mersin.



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından “BAP/2017-1-TP2-2239” proje numarası ile desteklenmiştir.

Tez kapsamında kullanılan verilerin elde edilmesindeki katkılarından dolayı, araştırmacısı olduğum, Mersin Üniversitesi ile Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü'nün birlikte yürüttüğü “KGM-ARGE/2016-1” numaralı ARGE projesine teşekkür ederim.

Başta bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren danışman hocam Sn. **Doç. Dr. Kıvanç ZORLU ARAS**'a teşekkür ederim.

Ayrıca, desteklerinden dolayı;

Karayolları Genel Müdürlüğüne, Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü ARGE Birimine ve Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne, KGM 5. Bölge ARGE Baş Mühendisi Ergün YALÇIN'a, KGM 5. Bölge ARGE Jeoloji Mühendisi Mehtap TEPE'ye, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Harun SÖNMEZ'e, Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN'e, Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Dr. Öğretim Üyesi Hidayet TAĞA'ya teşekkür ederim.

Sabır, sevgi ve özveri ile her zaman yanımda olan **Annem, Asiye SAKIN, Babam, Nihat SAKIN** ve **Ablam, Türkan Senem SAKIN GEZER**'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	ii
ONAY	iii
ETİK BEYAN	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	x
TABLOLAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
EKLER DİZİNİ	xv
KISALTMALAR ve SİMGELER	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Tanıtımı	1
1.2. Çalışma Alanı Özellikleri	3
1.2.1. Coğrafi Konum	3
1.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü	4
1.2.3. Morfoloji	6
1.2.4. Çalışma Yapılan Karayolunun Tanıtımı	7
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	8
2.1. Önceki Çalışmalar	8
2.1.1. Bölge ve Yakın Çevresinin Jeolojisi ile İlgili Önceki Çalışmalar	8
2.1.2. Şev Duraysızlıkları ile İlgili Önceki Çalışmalar	9
3. BÖLGENİN JEOLJİSİ	12
3.1. Bölgenin Stratigrafisi	12
3.1.1. Sipahili Formasyonu	12
3.1.2. Babadil Grubu	13
3.1.3. Korucuk Formasyonu	13
3.1.4. Kırtıldağı Formasyonu	13
3.1.5. Murtçukuru Formasyonu	13
3.1.6. Yanışlı Formasyonu	14
3.1.7. Dibekli Formasyonu	14
3.1.8. Tokmar Formasyonu	14
3.1.9. Hayvandağı Formasyonu	14
3.1.10. Tepeköy Formasyonu	14
3.2. Yapısal Jeoloji	15
3.3. Açısal Uyumsuzluk	15
3.4. Depremsellik	17
4. MATERYAL ve YÖNTEM	18
4.1. Arazi Çalışmaları	19
4.1.1. Sondaj Çalışmaları	19
4.1.2. Presiyometre Deneyi	20
4.1.3. Basınçlı Su (Lugeon) Deneyi	21
4.2. Laboratuvar Çalışmaları	21
4.2.1. Yoğunluk Birim Hacim Ağırlık Deneyi	32
4.2.2. Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Deneyi	32
4.2.3. Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Deneyi	33
4.2.4. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi	34
4.2.5. Üç Eksenli Sıkışma Deneyi	35
4.2.6. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deneyi (Slake Durability)	37
4.3. Kaya Malzemeleri İle Kaya Kütlelerinin Dayanım ve Deformasyon Özellikleri	38
4.3.1. Kaya Malzemelerinin Makaslama Dayanımı	38

	Sayfa
4.3.2. Hoek Brown Görgül Yenilme Ölçütü	39
4.3.2.1. Hoek Brown Görgül Yenilme Ölçütü Parametrelerinin Belirlenmesi	40
4.4. Şev Duraysızlığı	45
4.4.1. Şev Duraylılığında Kullanılan Analiz Yöntemleri	46
4.4.1.1. Kinematik Analiz	46
4.4.1.2. Limit Denge Analizi	48
4.4.1.3. Sayısal Çözümleme Analizleri	49
4.4.1.4. Olasılıksal Yaklaşımlar	50
5. BULGULAR ve TARTIŞMA	51
5.1. Arazi ve Laboratuvar Deneyleri	51
5.1.1. TKV, SKV, RQD, FF	51
5.1.2. Presiyometre Deneyi	53
5.1.3. Lugeon Deneyi	57
5.1.4. Yoğunluk Birim Hacim Ağırlık Deneyi	59
5.1.5. Ağırlıkça ve Hacimce Birim Hacim Ağırlık Deneyi	60
5.1.6. Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Deneyi	61
5.1.7. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi	62
5.1.8. Üç Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi	63
5.1.9. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deneyi	65
5.2. Duraylılık Analizleri	66
5.2.1. Parametre Seçimi	69
5.2.1.1. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)	70
5.2.1.2. Kaya Malzeme Sabiti (m_i)	72
5.2.1.3. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (σ_c)	72
5.2.1.4. Örselenme Faktörü (D)	73
5.2.1.5. Birim Hacim Ağırlık (γ)	74
5.2.1.6. Elastisite Modülü (Em)	74
5.2.2. Şev Analizleri	74
5.2.2.1. Geriye Dönük Analizler	76
5.2.3.1. Mevcut Şevdeki Duraylılık Analizleri	85
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKLAR	89
EKLER (Var ise)	93
ÖZGEÇMİŞ	143

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1. İnceleme alanında yapılan arazi ve laboratuvar deneyleri.	18
Tablo 4.2. Blok boyutu tanımlamaları ve Jv parametresi aralıkları (ISRM) ve (Ulusay ve Sönmez).	40
Tablo 4.3. GSI Sınıflama Sistemi Abağı'nın son hali (Sönmez ve Ulusay, 2002).	41
Tablo 4.4. Örselenme faktörünün belirlenmesi için klavuz tablo (Hoek vd., 2002).	43
Tablo 4.5. Kaya malzemesi için mi sabiti değerleri (Hoek vd., 2007).	44
Tablo 4.6. Şev duraysızlıkları için mühendislik sınıflaması (Varnes, 1978).	45
Tablo 4.7. Limit denge durumlarında güvenlik sayıları (TS8853,1988).	48
Tablo 4.8. Genellikle kullanılan limit denge analizi yöntemleri (Keskin, 2007).	49
Tablo 5.1. RQD değerlerine göre kaya kalite sınıflandırması.	51
Tablo 5.2.. SK-1 Karotlarının TKV, SKV, RQD, FF Değerleri.	51
Tablo 5.3. SK-2 Karotlarının TKV, SKV, RQD, FF Değerleri.	52
Tablo 5.4. SK-3 Karotlarının TKV, SKV, RQD, FF Değerleri.	52
Tablo 5.5. Limit basınç (PL) ve Menard Modülü (Em) değerleri (Gambin ve Rousseau, 1980).	53
Tablo 5.6. SK-1 sondajı 10.50-11.00m arası presiyometre sonuçlarına bir örnek.	54
Tablo 5.7. SK-1 sondajı 54.00-54.50 arası presiyometre sonuçlarına bir örnek.	55
Tablo 5.8. SK-1, SK-2, SK-3 sondajlarının presiyometre deneyi sonuçları	57
Tablo 5.9. Kayaçların Lugeon geçirimsizlik sınıflaması.	56
Tablo 5.10. SK-1 sondajından 0-10 m arası lugeon deney sonuçları.	57
Tablo 5.11. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	59
Tablo 5.12. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri.	60
Tablo 5.13. Kayaların nokta yük dayanım indeksine göre sınıflandırılması (Bieniawski, 1975).	61
Tablo 5.14. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları.	62
Tablo 5.15. Kayaların tek eksenli basınç direncine göre sınıflandırılması (Deer ve Miller, 1966).	62
Tablo 5.16. SK-1 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.	63
Tablo 5.17. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin üç eksenli sıkışma deney sonuçları.	64
Tablo 5.18. SK-1, SK-2 ve SK-3 sondajları için üç eksenli deneylerden elde edilen kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri.	64
Tablo 5.19. Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi sınıflandırılması Gamble, (1971).	65
Tablo 5.20. SK-1 suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deney sonuçları.	65
Tablo 5.21. Çalışma alanındaki süreksizliklerin eğim/eğim yönü ölçümleri.	67
Tablo 5.22. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) abağı ile parametrelerin belirlenmesi.	71
Tablo 5.23. Hoek (2007) tarafından oluşturulan mi sabiti çizelgesinde şistler için önerilen değer.	72
Tablo 5.24. Şev analizlerinde kullanılan örselenme faktörünün belirlenmesinde kullanılan tablo (Hoek vd. 2002).	73
Tablo 5.25. Geriye dönük analizlerde, limit denge koşulunu sağlayan kohezyon (c), içsel sürtünme açısı (ϕ) ve güvenlik katsayısı (F) değerleri.	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Yer bulduru haritası.	2
Şekil 1.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası, P 30-c2 paftası.	3
Şekil 1.3. Çalışma alanı ve yakın çevresinin üç boyutlu (3D) harita görüntüsü.	4
Şekil 1.4. Çalışma alanı, 1987-2016 yılları arası; ortalama sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık ve ortalama maksimum sıcaklık grafiği.	5
Şekil 1.5. Çalışma alanı, 1980-2016 yılları arası ortalama yağış grafiği.	5
Şekil 1.6. Çalışma alanının morfolojik görünümü.	6
Şekil 1.7. Çalışma alanının mevcut karayolu ağındaki yeri.	7
Şekil 3.1. Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti.	16
Şekil 3.2. Mersin ili deprem haritası.	17
Şekil 3.3. Çalışma alanı ve yakın çevresinde 2000-2017 yılları arasında meydana gelen depremler.	17
Şekil 4.1. Çalışma alanında duraysızlık problemi yaşanan mevcut şevin genel görünümü.	19
Şekil 4.2. Sondaj çalışmaları.	20
Şekil 4.3. Laboratuvara getirilen karot sandığı örneği.	22
Şekil 4.4. Laboratuvara getirilen karot sandıkları.	22
Şekil 4.5. Pürüzlülük ölçümü	23
Şekil 4.6. Pürüzlülük ölçümü (üstten görünüm).	23
Şekil 4.7. Örnek E19-üst pürüzlülük grafiği.	23
Şekil 4.8. Örnek E19-üst açığa pürüzlülük grafiği.	24
Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 0.00-12.00m.	25
Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 12.00-24.00m.	26
Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 24.00-36.00m.	27
Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 36.00-48.00m.	28
Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 48.00-60.00m.	29
Şekil 4.10. Karot kesme makinası.	30
Şekil 4.11. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örnekler.	30
Şekil 4.12. SK-1 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örnekler.	31
Şekil 4.13. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örnekler.	31
Şekil 4.14. Yoğunluk ve birim hacim ağırlık deneyi için hazırlanmış örnekler.	32
Şekil 4.15. Laboratuvardaki örneklerin saf suda bekletilmesi.	33
Şekil 4.16. Nokta yükü dayanım indeksi deney aleti.	34
Şekil 4.17. Nokta yükü dayanım indeksi deney aleti (konik başlıklar).	34
Şekil 4.18. Tek eksenli sıkışma dayanımı deney aleti (deney jigi).	35
Şekil 4.19. Tek eksenli sıkışma dayanımı deney aleti.	35
Şekil 4.20. Üç eksenli sıkışma deney aleti.	36
Şekil 4.21. Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deney aleti.	37
Şekil 4.22 Mohr Colomb yenilme zarfı.	38
Şekil 4.23 Kaya şevlerinde gelişen duraysızlık türleri ve bunların stereonette gösterimi.	47
Şekil 5.1. SK-1 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	64
Şekil 5.2. Çalışma alanındaki şevde gözlenen bozunma ve dökülmeler.	66
Şekil 5.3. Süreksizlik ölçümlerine ait kontur diyagramı.	68
Şekil 5.4. Süreksizlik ölçümleri ile elde edilen gerilme yönlerini gösteren gül diyagramı.	68
Şekil 5.5. Bozunma zonu için normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği.	75
Şekil 5.6. Bozunma zonundan sonraki kısım için normal gerilme-makaslama dayanımı	75

	Sayfa
grafiği.	
Şekil 5.7. Çalışma alanındaki mevcut şev geometrisi.	76
Şekil 5.8. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=0.932).	78
Şekil 5.9. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=0.956).	78
Şekil 5.10. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=0.992).	79
Şekil 5.11. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.003).	79
Şekil 5.12. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.015).	80
Şekil 5.13. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=0.968).	80
Şekil 5.14. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=0.992).	81
Şekil 5.15. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.003).	81
Şekil 5.16. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.065).	82
Şekil 5.17. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.089).	82
Şekil 5.18. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.041).	83
Şekil 5.19. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.005).	83
Şekil 5.20. Geriye dönük analiz sonuçları ile elde edilen $F = 1$ koşulunu sağlayan içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri.	84
Şekil 5.21. Geriye dönük analiz sonuçlarından elde edilen normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği.	84
Şekil 5.22. Duraylılık analizleri sonunda elde edilen en kritik yenilme dairesi ve güvenlik katsayısı.	86

EKLER DİZİNİ

	Sayfa
EK-1 PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜMLERİ	93
Ek 1.1. E10 Üst yüzey dokusu ölçüm grafiği.	93
Ek 1.2. E31 Üst yüzey dokusu ölçüm grafiği.	93
Ek 1.3. E54 Üst yüzey dokusu ölçüm grafiği.	93
Ek 1.4. E54 Üst yüzey dokusu ölçüm grafiği.	94
EK-2 LUGEON DENEYİ	94
Ek 2.1. SK-1 sondajı 0-10m arası lugeon deney sonuçları.	95
Ek 2.2. SK-1 sondajı 10-20m arası lugeon deney sonuçları.	96
Ek 2.3. SK-1 sondajı 20-30m arası lugeon deney sonuçları.	97
Ek 2.4. SK-1 sondajı 30-40m arası lugeon deney sonuçları.	98
Ek 2.5. SK-1 sondajı 40-50m arası lugeon deney sonuçları.	99
Ek 2.6. SK-1 sondajı 50-60m arası lugeon deney sonuçları.	100
EK-3 SONDAJ LOGLARI	101
Ek 3.1. SK-3 Sondaj Logu 0.00-12.00m.	101
Ek 3.1. SK-2 Sondaj Logu 12.00-24.00m (devamı).	102
Ek 3.1. SK-2 Sondaj Logu 24.00-36.00m (devamı).	103
Ek 3.1. SK-2 Sondaj Logu 36.00-48.00m (devamı).	104
Ek 3.1. SK-2 Sondaj Logu 48.00-60.00m.	105
Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 0.00-12.00m.	106
Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 12.00-24.00m (devamı).	107
Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 24.00-36.00m (devamı).	108
Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 36.00-48.00m (devamı).	109
Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 48.00-60.00m.	110
EK-4 YOĞUNLUK-BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ	111
Ek 4.1. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	111
Ek 4.2. SK-1 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	113
Ek 4.3. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	114
Ek 4.4. SK-2 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	115
Ek 4.5. SK-2 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	116
Ek 4.6. SK-2 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	117
Ek 4.7. SK-3 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	118
Ek 4.8. SK-3 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	118
Ek 4.9. SK-3 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.	119
EK-5 AĞIRLIKÇA VE HACİMCE SU EMME DENEYİ	120
Ek 5.1. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.	120
Ek 5.2. SK-1 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.	121
Ek 5.3. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.	122
Ek 5.4. SK-2 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.	123

	Sayfa
Ek 5.5. SK-2 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.	124
Ek 5.6. SK-2 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan, Ü örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.	125
Ek 5.7. SK-3 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.	126
Ek 5.8. SK-3 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.	126
Ek 5.9. SK-3 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.	127
EK-6 NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ	128
Ek 6.1. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları.	128
Ek 6.2. SK-2 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları.	129
Ek 6.3. SK-3 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları.	130
EK-7 TEK EKSENLİ SIKIŞMA DAYANIMI DENEYİ	131
Ek 7.1. SK-1 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.	131
Ek 7.2. SK-2 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.	132
Ek 7.3. SK-3 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.	132
EK-8 ÜÇ EKSENLİ SIKIŞMA DENEYİ	133
Ek 8.1. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin üç eksenli sıkışma deney sonuçları.	133
Ek 8.2. SK-2 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin üç eksenli sıkışma deney sonuçları.	133
Ek 8.3. SK-3 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin üç eksenli sıkışma deney sonuçları.	134
Ek 8.4. SK-1 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	135
Ek 8.5. SK-1 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	135
Ek 8.6. SK-1 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	136
Ek 8.7. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	136
Ek 8.8. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	137
Ek 8.9. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	137
Ek 8.10. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	138
Ek 8.11. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme	138

	Sayfa
(σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	139
Ek 8.12. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	139
Ek 8.13. SK-3 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.	142
EK-9 SUDA DAĞILMAYA KARŞI DURAYLILIK İNDEKSİ DENEYİ	140
Ek 9.1. SK-2 Sondajı Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deney Sonuçları.	143
Ek 9.2. SK-3, Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deney Sonuçları.	141



KISALTMALAR ve SİMGELER

Kısaltma/Simge	Tanım
a	Malzeme Sabiti
A	Eksenel
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ARGE	Araştırma Geliştirme
Aw	Ağırlıkça Su Emme Oranı
Hw	Hacimce Su Emme Oranı
c	Kohezyon
C	Santigrad
cm	Santimetre
cm ³	Santimetre Küp
d	Çap
dk	Dakika
°	Derece
D	Örselenme Faktörü
De	Eşdeğer Çap
Em	Elastisite Modülü
F	Boyut Düzetme Faktörü (Nokta Yüğü Dayanım İndeksi)
F	Güvenlik Katsayısı
F	Yenilme Yüğü (Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı)
Φ	İçsel Sürtünme Açısı
FF	Eklem Sıklığı
G	Gram
GS	Güvenlik Sayısı
GSI	Jeolojik dayanım indeksi
Id	Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi
Is	Nokta Yüğü Dayanım İndeksi
I _{s(50)}	50 mm çapında Örnek İçin Nokta Yüğü Dayanım İndeksi
ISRM	Uluslar Arası Kaya Mekaniği Birliği
İÇDR	İl Çevre Durum Raporu
Jv	Hacimsel Eklem Sayısı
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
kN	Kilo Newton
L	Boy
LU	Lugeon Geçirimsizlik Birimi
N	Eklem Sayısı
m	Metre
m ²	Metre Kare
m ³	Metre Küp
mb	Boyutsuz Kaya Kütle Sabiti
mi	Boyutsuz Kaya Malzemesi Sabiti
mm	Milimetre
μs	Mikro Saniye
MPa	Mega Pascal
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
P	Yenilme Yüğü
P _L	Limit Basınç
RQD	Kaya Kalite Göstergesi
Rf	Dolgu Puanları
Rr	Süreksizlik
Rw	Bozunma

Kısaltma/Simge	Tanım
σ	Normal Gerilme
σ_c'	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı
σ_1'	Eksenel Gerilim
σ_3'	Yanal Basınç
τ	Makaslama Dayanımı
TKV	Toplam Karot Verimi
s	Malzeme Sabiti
S	Ortalama Süreksizlik Aralığı
SCR	Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı
SK	Sondaj Kuyusu
SKV	Sağlam Karot Verimi
SPT	Standart Penetrasyon Testi
SR	Yapısal Özellik Puanı
V	Hacim
Wd	Kuru Örnek Ağırlığı
\perp	Zayıflık Düzlemine Dik
//	Zayıflık Düzlemine Paralel

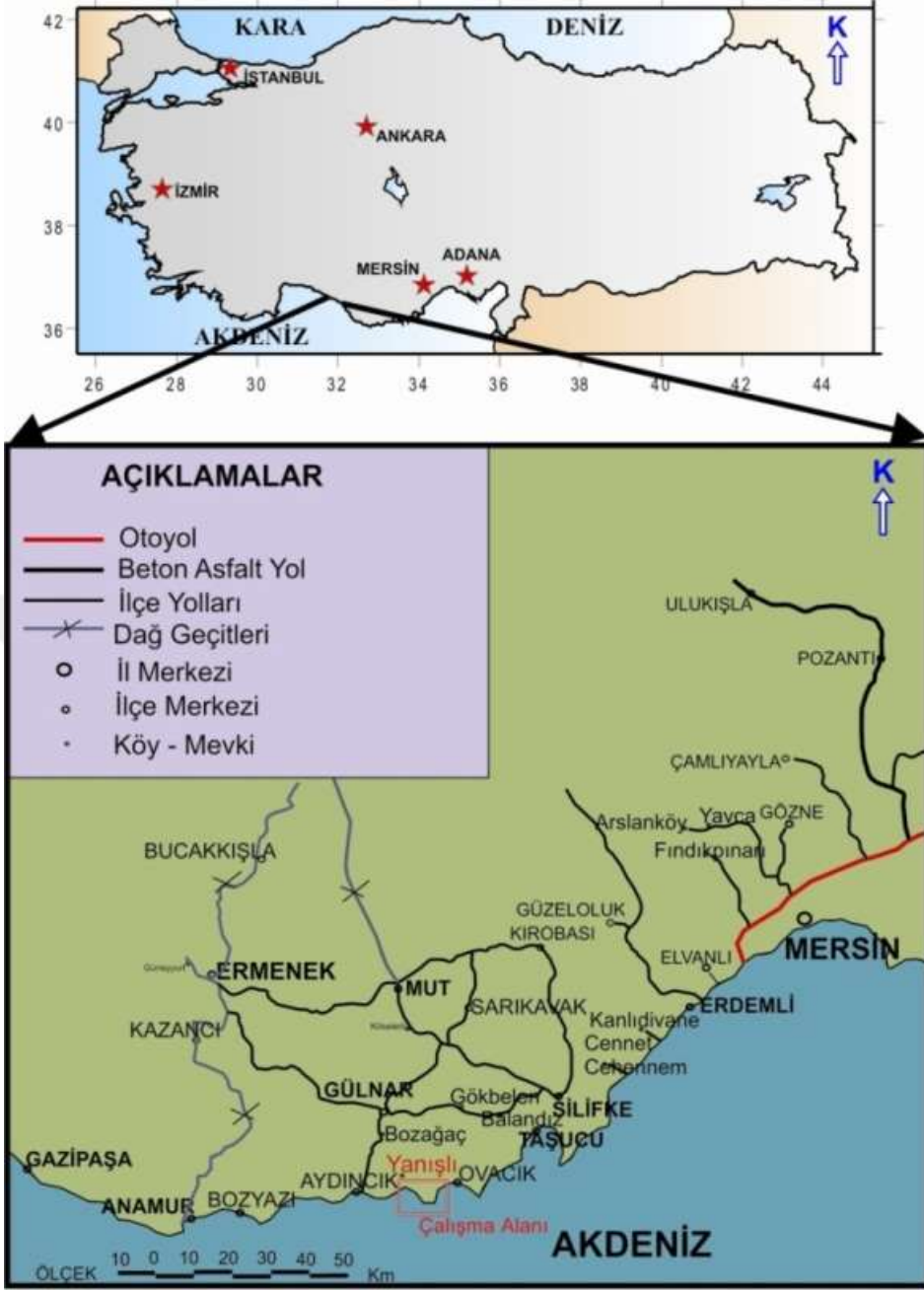
1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Tanıtımı

İnsan nüfusundaki artış, değişen yaşam koşulları, gelişen teknoloji, motorlu taşıtlara artan rağbet ve ulaşım ihtiyacının artması, karayolu ve değişik mühendislik yapılarına ilişkin çalışmaların daha çok önem kazanmasını sağlamıştır. Ülkemizde bu düşünce ile yola çıkılarak, ulaşım ağını genişletmek, mevcut ulaşım koşullarını iyileştirmek ve kalitesini arttırmak amacıyla büyük bir bütçe ayrılmış ve gerekli teknik araştırmalara önem verilmiştir. Bu kapsamda; Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü ile Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü, Araştırma ve Geliştirme Dairesi arasında; “Şistlerdeki Bozunma Derecelerinin Yol Yarma Tasarımlarına Olan Etkilerinin Jeolojik-Jeoteknik Açından Değerlendirilerek Tasarım Abaklarının Oluşturulması” başlıklı, “KGM-ARGE/2016-1” numaralı, ARGE projesi yapılmaktadır [1]. Tez çalışmasında, araştırmacısı olarak görev aldığım projeden elde edilen verilerin bir kısmı kullanılmış olup, Mersin-Anamur karayolunun 143+000-143+260 kilometreleri arasındaki yol yarmasında yer alan eklemli şistler içinde açılan şev duraysızlık problemleri incelenmiştir.

Zayıf ve eklemli şistlerden oluşan mevcut yol yarmasında meydana gelen duraysızlık problemleri ulaşım ağı kalitesini düşürmekte ve insan hayatını tehlikeye sokmaktadır. Mevcut şev, 2 / 3 (h/V) kazı şevi oranında, yaklaşık 65.00 metre yüksekliğinde ve 5.00 metre genişliğindeki palyelerden oluşmaktadır. Sipahili formasyonu içinde yer alan şevde, ayrılmış, az ayrılmış şist birimleri görülmektedir. Ayrıca morfoloji ve iklim koşulları da, mevcut şevdeki duraysızlık problemlerini tetiklemektedir. Tez çalışması kapsamında, zayıf ve eklemli kaya kütlelerinin duraysızlıklarını denetleyen faktörler belirlenerek, şev tasarımı için girdi parametrelerini elde etmek, buradan yola çıkılarak, şev geometrisini belirlemek, şevde gelişmesi olası yenilme modelini ortaya koymak için, kayma anındaki kohezyon ve içsel sürtünme açılarını belirlemek amacıyla geri analizler yapmak ve şev duraylılık analizi ile güvenlik katsayısını belirlemek amaçlanmıştır.

Çalışma alanının yer bulduru haritası Şekil 1.1’de verilmiştir.



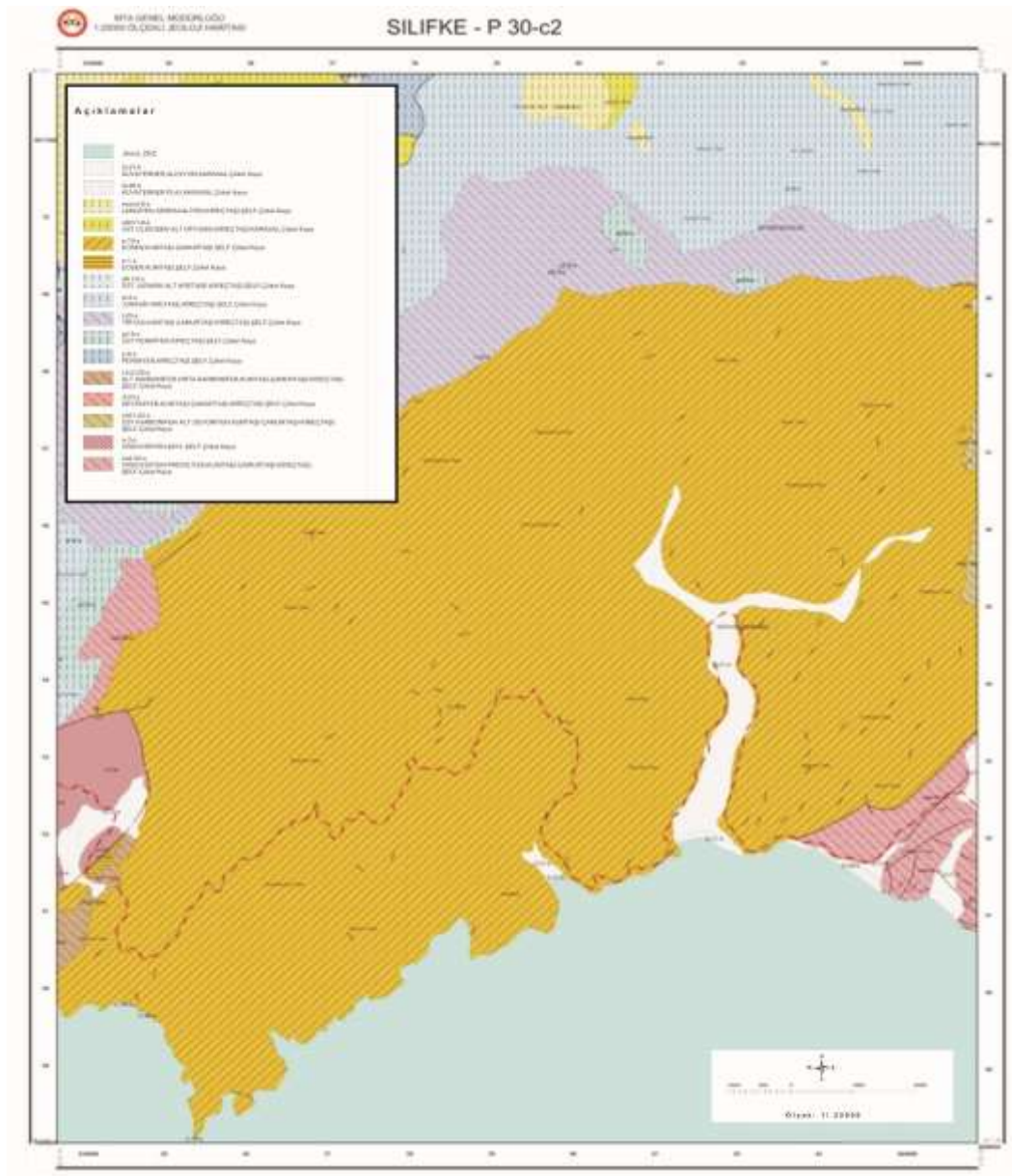
Şekil 1.1. Yer bulduru haritası.

Çalışma alanı, Mersin ilini Antalya iline bağlayan yol güzergahı üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle, bulunduğu konum ulaşım ağı açısından ayrı bir önem içermektedir. Çalışma alanının doğusunda Ovacık İlçesi, batısında Aydınçık İlçesi, kuzeyinde Gülnar İlçesi, güneyinde Akdeniz yer almaktadır. Yanışlı ilçe merkezi ile Mersin şehir merkezi arası uzaklık 151 kilometre olup, Antalya şehir merkezi ile arasındaki uzaklık 332 kilometredir.

1.2. Çalışma Alanı Özellikleri

1.2.1. Coğrafi Konum

Çalışma alanı, Akdeniz Bölgesi, Mersin ili, Yanırlı ilçesinin batısında yer alan, Mersin-Antalya D400 karayolunun 143+000-143+260 kilometreleri arasındaki yol yarmasında yer almaktadır. Çalışma alanı, 36°09'30.5"N 33°28'51.3"E koordinatları arasında bulunmaktadır. Çalışma alanının jeoloji haritası, MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan, 1/25.000 ölçekli, P30 c-2 paftasıdır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası, P 30-c2 paftası [2].

Çalışma alanı ve yakın çevresinin uydu görüntüsü Şekil 1.3'te verilmiştir.

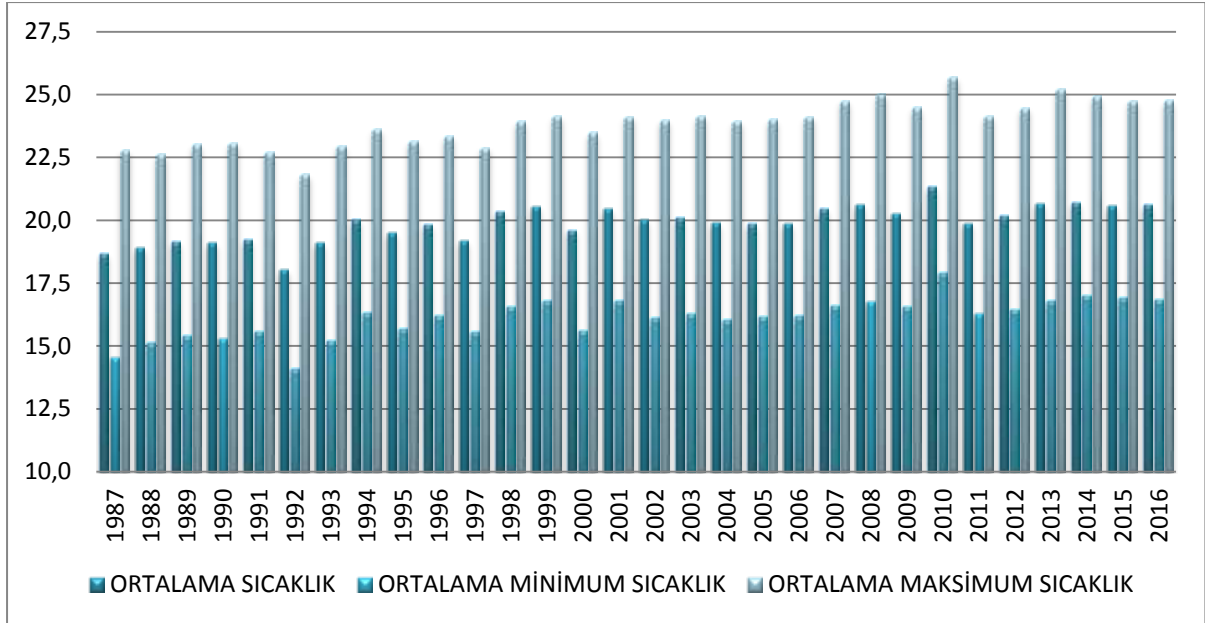


Şekil1.3. Çalışma alanı ve yakın çevresinin üç boyutlu (3D) harita görüntüsü [3].

1.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü

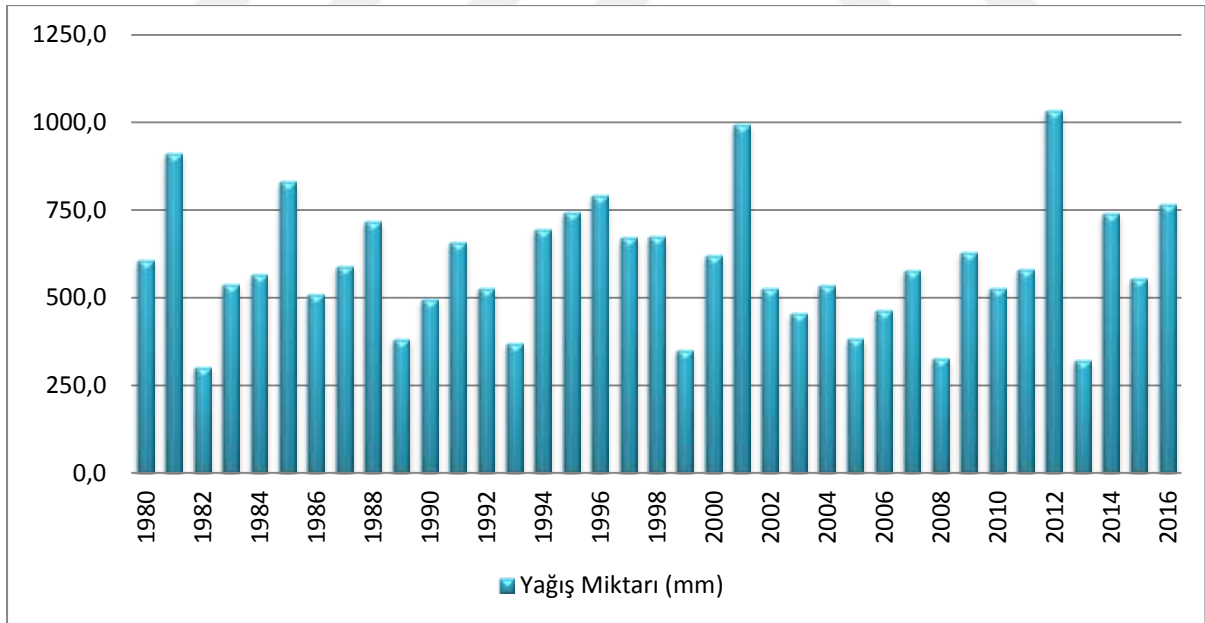
Bölgede Akdeniz iklimi hakimdir. Akdeniz ikliminin genel özelliği yazları sıcak, kışları ılık ve yağışlı olmasıdır. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri 19.2 °C'dir. Uzun yıllar yapılan gözlemler sonucu, belirlenen en yüksek sıcaklık 38.5 °C, en düşük sıcaklık -0.4 °C'dir. Yıl içerisinde en sıcak ay Ağustos, en soğuk ay Ocak ayıdır. Sahil kesiminden itibaren 15-25 kilometre iç kısımlarda ve yayla eteklerinde 10 °C'ye varan düşük sıcaklıklar görülmektedir. Yıllık toplam yağış miktarı 591.6 mm'dir. En çok yağış Aralık, Ocak ve Şubat aylarında görülürken, bu aylarda Toros dağlarının eteklerinde ve yaylalarda kar yağışı görülebilir. En az yağış ise Ağustos ayında görülmektedir. Deniz suyu sıcaklık ortalaması 20.8 °C'dir. Yaz aylarında 25-28°C arası değişmektedir. Bölgede ortalama rüzgar hızı 2.2 m/sn'dir. Rüzgar güneybatıdan esen deniz ve kara meltemidir. Nisan-Eylül arasındaki altı aylık sürede rüzgar, gündüzleri denizden karaya doğru, geceleri Toroslar'dan denize doğru esmektedir [4].

Bölgenin 1987-2016 yılları arası; ortalama sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık ve ortalama maksimum sıcaklık grafiğine baktığımızda en yüksek ortalama değerlerinin 2010 yılında meydana geldiği görülmektedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Çalışma alanı, 1987-2016 yılları arası; ortalama sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık ve ortalama maksimum sıcaklık grafiği [5].

Bölgenin 1980-2016 yılları arası ortalama yağış grafiğine baktığımızda en yüksek yağış değerlerinin 2012 yılında meydana geldiği görülmektedir (Şekil 1.5).



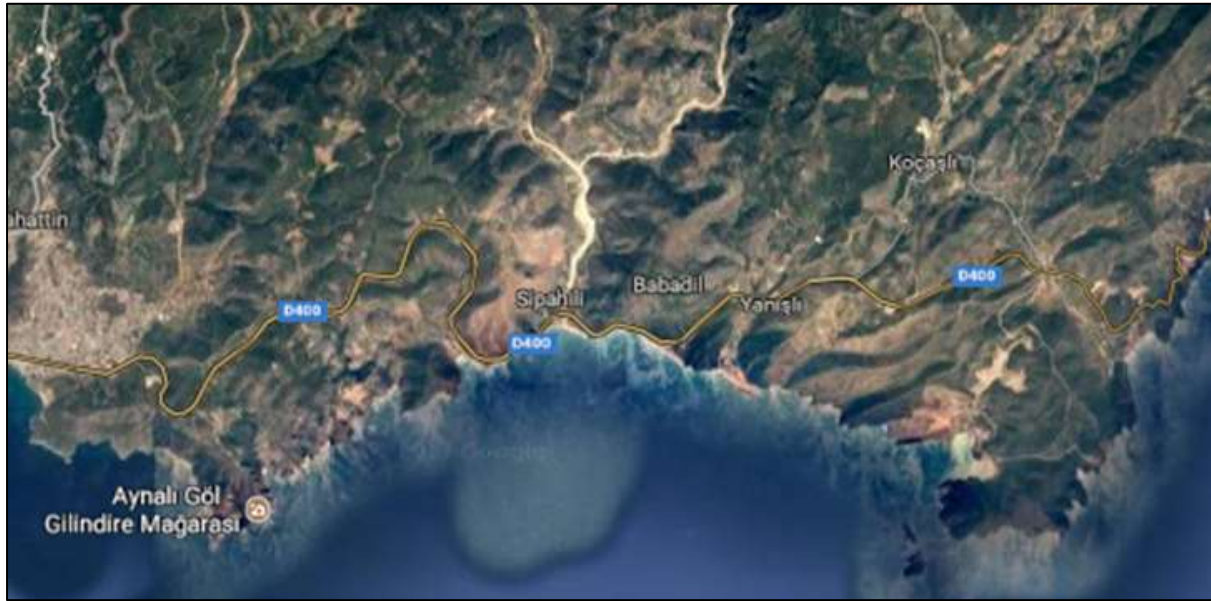
Şekil 1.5. Çalışma alanı, 1980-2016 yılları arası ortalama yağış grafiği [5].

Bölgenin, 250 metreye kadar olan kıyı kesiminde; kültür bitkileri, ekili ve dikili tarım alanları yer almaktadır. 250-500 metre arası bitki örtüsü makidir. 500-600 metre arası; defne, yabani zeytin, keçiboynuzu, zakkum, mersin ağacı gibi maki toplulukları görülmektedir.

1000 metre ve sonrası yüksekliklerde ormanlar başlamaktadır. Bunlar; 100-1000 metre arası kızılçam, 1000-2000 metre arası karaçam, 1000-1500 metre arası sedir ve ardıç ormanları olup, 2000 metrelere kadar devam etmektedir. 2000-2500 metreleri arasında ormanlar seyrekleşip, bodurlaşmakta ve 2500 metre ve sonrası yükseltilerde otlaklar başlamaktadır [6].

1.2.3. Morfoloji

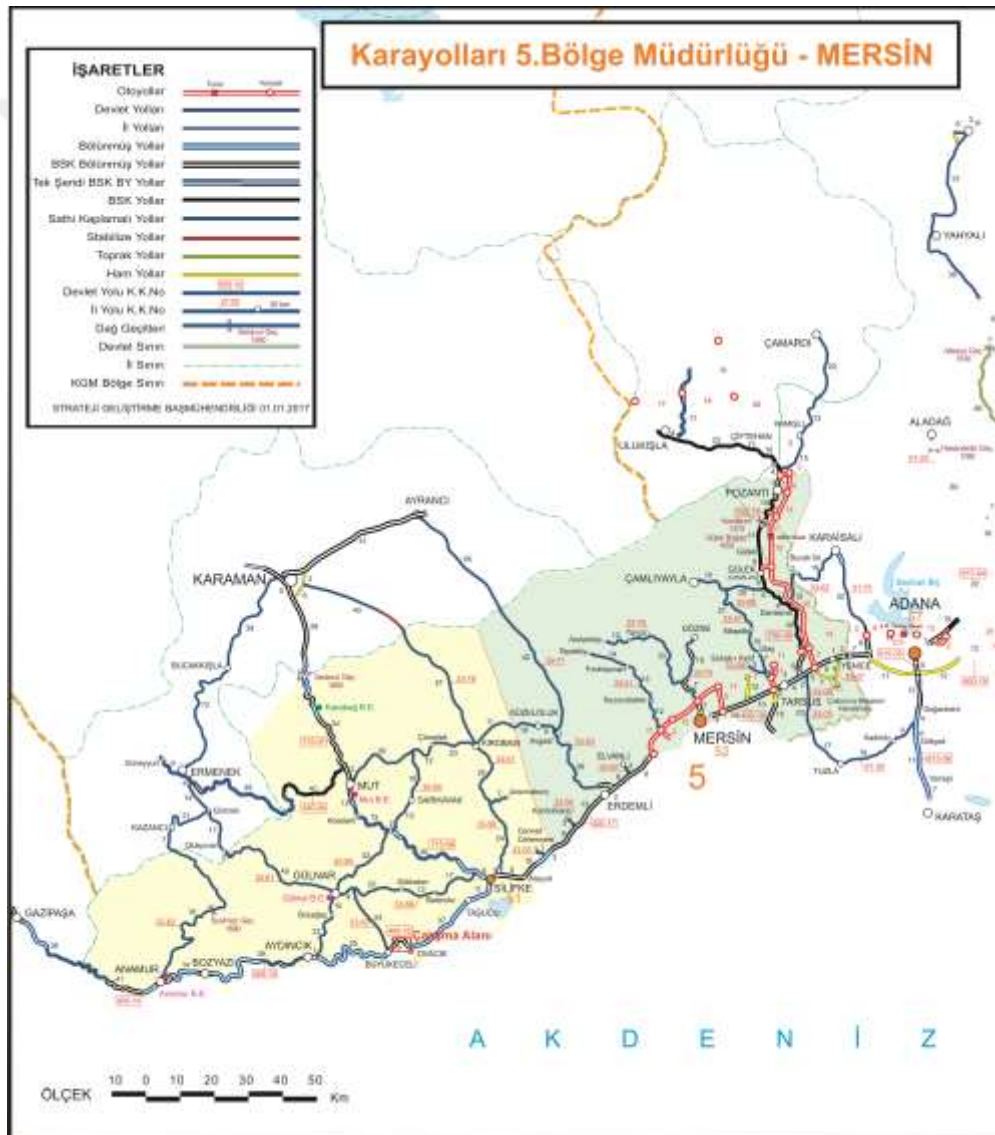
Bölgenin genel jeomorfolojisine bakıldığında; geniş plato düzlükleri, Akdeniz kıyı kuşağı ve Göksu ırmağı çevresindeki geniş ovalar ve vadiler önemli yer tutmaktadır. Bölgede batıya doğru gidildikçe kıyı kesimleri daralmaktadır ve kıyıdan itibaren yükselti düzenli olarak artmaktadır. Kıyıdan iç kesimlere doğru gidildikçe yer yer akarsu yatakları ve güneyden kuzeye doğru uzanan vadiler mevcuttur. Bu vadiler Toros dağlarının iç kesimlerine kadar uzanmaktadır. İç kesimlere doğru kıyıya paralel olarak, doğu batı yönlü uzanan Orta Toros dağları bulunmaktadır. Bu dağlar; Silifke, Gülnar, Anamur ve Mut ilçe topraklarının büyük bölümünü oluşturmaktadır. Orta Toros dağlarının en önemli geçidi, 1050 metre yüksekliğinde olan Gülek Geçidi'dir. Diğer bir önemli geçit ise Orta Toroslar ve Batı Torosları ayıran, Göksü Vadisi üzerindeki Sertavul Geçidi'dir. Mut, Silifke ve Anamur yöresi bölgenin en önemli platolarındandır. Bölgedeki en önemli jeomorfolojik yapı, deniz seviyesinden 1000 metre yükseklikte, doğu ve güney yönünde yamaç yapan peneplenlerdir [6]. Çalışma alanının morfolojik görünümü aşağıda sunulmuştur (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Çalışma alanının morfolojik görünümü [7].

1.2.4. Çalışma Yapılan Karayolunun Tanıtımı

Çalışma alanının içinde bulunduğu D400 karayolu, Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı olup, Mersin ve Antalya ilini birleştiren en önemli ulaşım yollarından biridir. Çalışma alanı, D400 karayolunun 143+000-143+260 kilometreleri arasındaki yol yarmasında yer almaktadır. Bölgede Yeşilovacık- Aydıncık ve Yeşilovacık-Gözce güzergahı üzerinde yapımı 2017 yılında tamamlanmış, altı adet tünel ve bir adet viyadük hizmete girmiştir. 'Akdeniz Sahil Yolu' projesi kapsamında devam eden çalışmalar sona erdiğinde iki şeritli olan yol, 2x2 bölünmüş yol olarak kullanılacaktır. Çalışma alanının mevcut karayolu ağındaki yeri aşağıda sunulmuştur (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Çalışma alanının mevcut karayolu ağındaki yeri [8].

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. Önceki Çalışmalar

2.1.1. Bölge ve Yakın Çevresinin Jeolojisi ile İlgili Önceki Çalışmalar

Gedik A. vd. [9], Mut-Silifke-Ermenek havzasında MTA'nın 1975-1976 yıllarında yapmış olduğu saha çalışmaları sonucu ortaya çıkan verilerin değerlendirilmesi ve havzanın petrol olanaklarının araştırılması amacıyla bir çalışma yapmıştır. Çalışma alanı, genellikle güney ve kuzeybatıda Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı formasyonlar, kuzey ve kuzeydoğuda Mesozoyik yaşlı ofiyolitli melanj ile bunları üzerleyen Eosen ve Miyosen yaşlı tortullardan oluşan bir çökeltme havzasıdır. Paleozoyik ve Tersiyer zaman aralığında çökelmiş ana kaya, hazne kaya ve örtü kayaları içeren havzada, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşta formasyonların yatay kuvvetlerden dolayı kıvrımlanmasına karşı, Eosen ve Miyosen yaşlı formasyonların yatay ve yataya yakın konumda olmaları, temel kayalarda havzanın batısındaki yapısal kapanları, örtü kayalarda ise havzanın güneyindeki stratigrafik kapanları meydana getirmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda havzada mevcut formasyon kalınlığı, ortam özellikleri ve havza genişliğinin petrol oluşumu bakımından uygun olabileceği tespit edilmiştir.

Özgül N. [10], Toroslar'ın bazı temel jeolojik özelliklerini belirlemek amacıyla 1967 yılından 1976 yılına kadar Orta Toroslar ve Doğu Toroslar'da çeşitli araştırmalarda bulunmuştur. Çalışmasında Toroslar kuşağının birbirinden farklı havza koşullarını yansıtan birliklerden oluştuğunu tespit etmiştir. Bu birlikler; Bolkardağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği'dir. Birlikler, kendilerine has özelliklerini kaybetmeden, birbirleri ile anormal dokanaklı olarak Toroslar kuşağı boyunca yüzlerce kilometre yanal devamlılık göstermiştir.

Demirtaşlı E. [11], Silifke-Anamur arası, bölgenin jeolojisini belirlemek amacıyla çalışmalar yapmıştır. Çalışmasını Silifke-Anamur arasında bulunan Korucuk, Koçaşlı, Büyükeceli ve Hacıshaklı-Kargacık mevkiileri arasında gerçekleştirmiş olup, yapmış olduğu incelemeler sonucunda Orta Torosların jeolojisine katkıda bulunmuştur.

Uğuz M.F. [12], Silifke, Ovacık, Gülnar ilçeleri arasındaki temel jeolojik özellikleri belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmasında, Orta Toroslar'ın güneyinde Silifke ve Gülnar arasının, otokton ve allohton birimler ile onları üzerleyen genç örtü çökellerinden oluştuğunu tespit etmiştir.

İpek M. [13], Ovacık, Işıklı ve çevresini kapsayan bölgenin jeolojik yapısını araştırmıştır. Çalışma alanındaki en yaşlı stratigrafik birim Geyikdağı Birliği'dir. Bölgede Tisan, Ovacık ve Aydınçık isimli üç alt tektonik birim gözlenmiştir. Bu birimler güneyden kuzeye doğru olup,

stratigrafik yapıları birbirinden farklıdır. Bölgede yapılan incelemeler sonucunda yapısal unsurlar, birimlerin kuzeybatı güneydoğu yönlü ana sıkışma etkisiyle, kuzeyden güneye doğru yöneldiğini göstermiştir.

Özalp S. [14], Orta Toroslar'da; Silifke, Anamur ve Gülnar ilçeleri arasındaki jeolojik yapıyı araştırmıştır. Çalışmada Neojen istifine temel oluşturan birimlerde stratigrafi, kaya türü, metamorfizma ve yapısal özellikleri yönüyle birbirinden farklı havzaları temsil eden, birbiriyle tektonik ilişkili iki tektonik birlik belirlenmiştir. Bunlar 'Geyikdağı Birliği' ve bu araştırmayla ortaya çıkarılan 'Görbiyesdağı Birliği'dir. Görbiyesdağı Birliği, Sipahili formasyonu ile temsil edilirken, Geyikdağı Birliği, Ovacık Tektonik Dilimi ve Araca Tektonik Dilimi ile temsil edilmektedir. Görbiyes ve Geyikdağı birliklerindeki birimler, örtü çökellerini oluşturan Tepeköy ve Çavuşlar ile Mut formasyonu tarafından açılal uyumsuzlukla üzerlenmiştir. Yapılan araştırmada edinilen yapısal verilerle bölgenin çoğunlukla kuzeybatı-güneydoğu yönlü sıkıştırma kuvvetlerinin etkisinde kaldığı, bundan dolayı kuzeydoğu-güneybatı gidişli bindirme ve ters faylarla, kıvrım eksenlerinin geliştiği belirlenmiştir.

Koç H. [15], Orta Toroslar'da Aydıncık ve civarının jeolojik evrimi üzerine çalışmıştır. Bölgede stratigrafi ve yapısal özellikleri bakımından birbirinden farklı olarak güneyde Geyikdağı Birliği ile kuzeyde Aladağ Birliği yer almaktadır. Bu iki birliği açılal uyumsuzlukla üzerleyen Mesozoyik çökelleri gözlemlenmiştir. İncelemeler sonucunda bölgenin belli jeolojik dönemler boyunca geçirdiği jeolojik değişimler üzerinde durulmuştur.

İnan S. ve İnan N. [16], Orta Toroslar'da; Silifke'den Anamur'a giden yol boyunca jeolojik incelemeler yapmıştır. Orta Toroslarda yapılan incelemelerde Paleozoyik yaşlı birimler ve bunları üzerleyen Tersiyer ve Mesozoyik yaşlı çökeller belirlenmiştir. Bu incelemelerde karmaşık tektonik ilişkiler gösteren formasyonlar, dokanaklar, kıvrım ve fay çeşitleriyle, graben alanları gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda; farklı yaşlarda, farklı litolojilerle, her çeşit dokanak yapıların görüldüğü rotanın, jeoturizm ve eğitim amacıyla kullanılması önerilmiştir.

2.1.2. Şev Duraysızlıkları ile İlgili Önceki Çalışmalar

Kennedy B. A. ve Niermeyer K. E. [17], Şili'deki Chuquicamata bakır madeninde meydana gelen kaymalar sonucu çeşitli analizler yapmış ve analizlerin doğrultusunda kaymanın tahmini için kullanılan şev yer değişiminin zamana göre değişimini tespit etmiştir. Buradan yola çıkarak uygulanan yöntemle şev duraysızlık tarihini beş hafta önceden belirleyerek gerekli önlemlerin alınması sağlanmıştır. Çalışma sonucunda mal ve can güvenliği sağlanarak, şev kaymaya bırakılmış, çalışma alanı hiçbir hasara uğramamıştır. Kaymanın sona ermesi ile üç gün ara verildikten sonra çalışma koşullarına devam edilmiştir.

Hoek E. ve Bray J. W. [18], yapmış oldukları çalışmalar sonucunda şev geometrisinin ve kayma düzleminin makaslama dayanımlarının şev duraylılık analizleri açısından önemli olduğunu belirtmiştir. Şev geometrisi ve makaslama dayanımında meydana gelecek değişikliklerin güvenli şev açısı ve yüksekliğini değiştireceğini ifade etmişlerdir.

Tuncay E. ve Ulusay R. [19], eklemlili kaya kütlelerinde gözlenen süreksizliklerin yanı sıra bu süreksizliklerin etrafındaki daha zayıf frekanstaki süreksizliklerin tetiklediği düşünölen duraysızlık problemlerini belirlemek amacıyla, Himmetoğlu linyit açık işletmesinde üretimi olumsuz yönde etkileyen duraysızlıkların meydana geldiği güney şevini deterministik ve olasılığa dayalı kinematik analiz yöntemleriyle incelemiştir. Çalışmalar sonucunda, şevin tamamı ve batısında meydana gelen düzlemsel kaymalar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca doğuya ve yaklaşık olarak batıya doğru eğimli basamakların açılması nedeniyle tabaka düzlemlerinin değişmesi sonucu risk taşıyan basamak yönelimlerinin belirlenmesinin tasarıma yönelik daha uygun olacağı saptanmış ve buna yönelik şev grafikleri önerilmiştir.

Ulusay R. ve Sönmez H., Hoek Brown yenilme ölçütü ile ilgili değişik önerilerin sınanması amacıyla; Türkiye’de bulunan üç linyit açık işletmesi [20-21-22] ile bir bant açık işletmesindeki [23], ocak şevlerinde ve bir linyit işletmesindeki pasa yığınlarında [24-25], meydana gelen şev duraysızlıklarının kaya kütleleri özellikleri ile duraysızlık problemlerini meydana getiren durumlar ve bu kaya kütlelerinde meydana gelen duraysızlık mekanizmalarından faydalanmıştır. Bu işletmeler; Eskihisar (Yatağan) linyit açık işletmesi, Başkoyak barit işletmesi, Kırakdere (Soma) linyit açık işletmesi, Himmetoğlu (Göynük) linyit açık işletmesi ve Yatağan açık işletmesindeki pasa şevidir.

Eskihisar linyit işletmesindeki mevcut şevin tepesinde geçici pasa yığını nedeniyle ortaya çıkan yük, şev duraysızlığını meydana getirmiştir [20]. Meydana gelen şev duraysızlığının geriye dönük analizleri yapılmış ve bunun sonucunda pasa yükünün kayan kütleyi nasıl etkilediği araştırılmıştır.

Himmetoğlu linyit işletmesinde meydana gelen duraysızlık zayıf ve ileri derecede eklemlili marn kütlelerinden dolayı meydana gelmiştir. Duraysızlık önce dairesel şekilde olup, tabaka düzlemi boyunca devam eden birleşik yenilme yüzeyinde gelişmiştir. Ulusay vd., [22] tarafından yapılan geriye dönük analizlerle kayma esnasında yüzeyin bir bölümünde tabaka düzleminin makaslama dayanımının artık değerlere doğru azaldığı tespit edilmiştir.

Zvelebil J. ve Moser M. [26], Kuzey Bohemya’da uluslararası bir yolda meydana gelen kaymayı önceden tespit etmiş ve üzerinde çalışmıştır. Kaymanın kumtaşında meydana geldiği görölmüş ve hareketi zamana bağlı olarak takip etmek için izleme istasyonları kurulmuştur. Yapılan izlemeler sonucunda elde edilen zamana bağlı deformasyon verileri ve analizler incelenerek şev duraysızlığı iki ay önceden tespit edilmiş ve gerekli önlemler alınmıştır.

Zorlu K. vd., [27], Trabzon-Gümüşhane karayolu şevlerinde gözlenen kaya düşmesi tehlikesi ile ilgili ön değerlendirme yapmıştır. İncelemeler sonucunda, şevlerde meydana gelen kaya düşmelerinin, kaya kütlelerinde mevcut süreksizliklerin ve kayalarda meydana gelen bozunmaların tetiklediği tespit edilmiştir. Değerlendirmenin sonucunda çalışmanın ileri aşamalarında kaya düşmesi tehlike haritası üretilerek gerekli mühendislik önlemlerinin tartışılması önerilmiştir.

Akbulut İ. vd. [28], Afşin-Elbistan linyit işletmesine bağlı Kışlaköy açık ocağında meydana gelen şev duraysızlıklarını incelemiştir. Arazi çalışması esnasında geometrileri değişmeyen beş adet şev tespit edilmiş ve üç tanesinin planları çıkarılmıştır. İki tanesi küçük ölçekli olduğu için sadece arazi gözlemleri yapılmıştır. Çalışma esnasında doğu ve batı şevleri, oluşturulan hareket izleme istasyonları ile izlenmiştir. İzlemeler sonucunda batı şevlerinde herhangi bir hareket oluşmamış, ancak doğu şevlerinde belli aralıklarda hareketlerin olduğu gözlemlenmiştir. Arazi çalışmaları ve hareket izleme verileri sonucunda kaymanın, bloklu kayma türünde olduğu tespit edilmiş ve bunun üzerine geriye dönük şev analizleri yapılmıştır. Laboratuvarlardan elde edilen mekanik deney sonuçları ile geriye dönük şev analiz sonuçları karşılaştırılmış, oluşan heyelanların kayma yüzeylerinin artık makaslama dayanımı parametreleriyle temsil edildiği belirlenmiştir.

Karakul H. [29], Muğla-Milas Sekköy linyit açık işletmesi Yaylıktepe pasa döküm sahasının doğaya yeniden kazandırılması amacıyla pasa yığınlarını şev duraylılığı açısından incelemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda şevin dairesel türde olup, duraysızlıkların tabandaki malzemeye bağlı olmadan meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan mekanik deneyler ve arazide gözlenen kayma yüzeyi geometrisi esas alınarak geriye dönük analizler yapılmıştır. Bu analizler doğrultusunda, Madencilik Faaliyetleri ile Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği'ne uyularak, tek ve çok basamaklı şev tasarımı yapılmıştır.

Tokgözoğlu K. [30], Anamur-Kaledran (Mersin) karayolu inşaatında açılan, aşırı eklemli, şistli şevlerde meydana gelen duraysızlıkları incelemiştir. Çalışma alanında güzergah boyunca sorun oluşturan dört faklı şevin geriye dönük analizleri yapılmış ve analizler sonucunda yeni şev modeli tasarlanmıştır. Bölgeyi etkileyen yağışlar nedeniyle su seviyesindeki artışın şev duraysızlığını tetikleyeceği göz önünde bulundurularak uygun drenaj önlemlerinin alınmasını önermiştir.

Alemdağ S., Gürocak Z. vd. [31], Gümüşhane ilinin Bağlarbaşı-Tekke karayolu güzergahı üzerindeki mevcut şevler üzerinde çalışmıştır. Arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleri için yedi adet şev üzerinde hat etüdüleri yapılmış, mevcut şevlerdeki kaya malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, düzenli şev tasarımı için, kinematik ve limit denge şev analizleri yapılmıştır.

3. BÖLGENİN JEOLJİSİ

3.1. Bölgenin Stratigrafisi

Çalışma alanı ve yakın çevresinde birçok araştırmacı tarafından bölge jeolojisine katkıda bulunulan çalışmalar gerçekleştirilmiştir [9-10-11-12-13-14-15-16-32-33-34-35-36-37-39-40-41], Bu çalışmalar incelendiğinde çalışma alanı, temel kayalar arasında yer alan Geyikdağı Birliği'ne ait bazı birimlerden oluşmaktadır. Geyikdağı Birliği; metamorfik olmayan çökel kayalardan oluşmuştur. Karbonat ve silisli kırıntılarla temsil edilmektedir. İnfra Kambriyen-Orta Eosen yaş aralığında çökelmiş olan birlik, otokton veya paraotokton konumludur. Özgül tarafından adlandırılmıştır [38]. Çalışma alanının stratigrafik dikme kesitinde [11], mevcut birimlerin yaşlıdan gence doğru sıralanışı aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.1) .

Alt Kambriyen-Orta Kambriyen yaşlı Sipahili formasyonu

Kambriyen-Ordovisiyen-Siluriyen-Devoniyen yaşlı Babadil Grup

Alt Karbonifer yaşlı Korucuk formasyonu

Üst Permiyen yaşlı Kırtıldağı formasyonu

Üst Triyas yaşlı Murtçukuru formasyonu

Alt Jura yaşlı Yanışlı formasyonu

Alt Jura yaşlı Dibekli Formasyonu

Jura-Alt Kretase yaşlı Tokmar formasyonu

Üst Kretase-Paleosen yaşlı Hayvandağı formasyonu

Alt Miyosen yaşlı Tepeköy formasyonu

3.1.1. Sipahili Formasyonu

Alt Kambriyen-Orta Kambriyen yaş aralığında çökelen birimin tabanında mavimsi gri, kalın tabakalı yüksek kristalize vaketaşı, diyabaz dayklar ve siller görülmektedir. Birim koyu gri, orta tabakalı kristalize karbonatlı çamurtaşları ile devam etmektedir. Birimde kireçtaşı konglomeraları ve megabreşler (çakıltaşları) de görülmektedir. En üstte mavimsi gri, iyi tabakalı, kristalize karbonatlı kilitaşı ve yeşilimsi gri mikalı sleytler ile sonlanmaktadır. Formasyon, kendisini üzerleyen Babadil Grubu ile uyumludur [39].

3.1.2. Babadil Grubu

Formasyon kırmızı, çapraz tabakalı, laminalı, silttaşı ar dalanması ile başlayıp, yeşil şist birimleri ile devam etmektedir. Şistlerin arasında Graptolitler görülmektedir. Mavimsi gri, iyi tabakalı kireçtaşı ve şist ar dalanması ile devam eden birimin en üstünde kırmızı, kuvarsitik kumtaşı ve kumlu kireçtaşları görülmektedir. Kumlu kireçtaşlarının içerisinde Brakiyopodlar ile Krinoidler görülmektedir. Babadil Grubu üzerine gelen Korucuk formasyonu, birimi açıs al uyumsuzlukla üzerlemiştir [39].

3.1.3. Korucuk Formasyonu

Alt Karbonifer yaşlı Korucuk formasyonu; tabanında sarı renkli, siltli kireçtaşı, yeşil, gri renkli kumtaşı-şeyl ar dalanması ile koyu gri renkli bitümlü kireçtaşı-şeyl ar dalanmasından oluşmaktadır. Kireçtaşındaki bazı seviyeler çakıltaşı aratabakalıdır. Devamında şeyl, kumtaşı ve kumlu kireçtaşı ile koyu gri renkli killi ve kumlu kireçtaşları görülen birimin bir üst seviyesinde tamamen beyaz ve kahverengi kuvarsitler görülmekte olup, bu kısımda hiç fosile rastlanmamaktadır. Birim, dolomit ve dolomitik kireçtaşı aratabakalı biyoklastik kireçtaşları ile sonlanmaktadır. Birim, Kırtıldağı formasyonu tarafından açıs al uyumsuzlukla üzerlenmektedir [14-40].

3.1.4. Kırtıldağı Formasyonu

Üst Permiyen yaşlı Kırtıldağı formasyonu; tabanında grimsi-pembe renkli orta tabakalı, fosilli kireçtaşı ile açık gri pembe renkli, çapraz tabakalı kuvars-kumtaşı ar dalanması ile başlayıp, üst seviyelere doğru koyu gri, orta tabakalı, kırıklı dolomit ile devam edip, koyu gri renkli, orta tabakalı, algli kireçtaşı ile sonlanmaktadır. Birim, Murtçukuru formasyonu tarafından açıs al uyumsuzlukla üzerlenmektedir [14-41].

3.1.5. Murtçukuru Formasyonu

Üst Triyas yaşlı Murtçukuru formasyonu; tabanda yarı yuvarlaklaşmış çakıldan iri bloğa kadar oluşan çakıltaşı ile başlayıp, kırmızımsı kahverengi kalın tabakalı kuvarsitik kumtaşları ve kırmızı renkli konglomeralar ve Geç Permiyen yaşlı çakıltaşları ile devam etmektedir. Bu seviyeler şeyl aratabakalıdır. Birim kumtaşı, şeyl, çamurtaşı, silttaşı ar dalanmasıyla sonlanmaktadır. Yanışlı formasyonu, birimi açıs al uyumsuzlukla üzerlemektedir [14-39].

3.1.6. Yanışlı Formasyonu

Alt Jura yaşlı Yanışlı formasyonu; gri renkli çakıllı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim, tatlı su Gastropotları bakımından zengindir. Matriks içerisinde bulunan kireçtaşı parçacıkları birime has olup, istif içerisinde demirli kumtaşı ve çakıltası aratabakaları görülmektedir. Dibekli formasyonu, birimi açısız uyumsuzlukla üzerlemektedir [14-39].

3.1.7. Dibekli Formasyonu

Alt Jura yaşlı Dibekli formasyonu, sarımsı gri, Oolitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim, Tokmar formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla üzerlenmektedir [14-39].

3.1.8. Tokmar Formasyonu

Jura-Alt Kretase yaş aralığında çökelen Tokmar formasyonu; açık gri renkli, orta kalın tabakalı dolomit ve dolomitik kireçtaşı ile başlayıp, beyaz, çok kalın tabakalı, yer yer Pseudoolitik kireçtaşları ile devam etmektedir. Açık gri, orta tabakalı, dolomit ve dolomitik kireçtaşı ile devam edip, beyaz, orta kalın tabakalı karbonatlı çamutaşı ve kalsit dolgulu kireçtaşı ile sonlanmaktadır. Hayvandağı formasyonu, birimi açısız uyumsuzlukla üzerlemektedir [14-40].

3.1.9. Hayvandağı Formasyonu

Üst Kretase-Paleosen yaş aralığında çökelen Hayvandağı formasyonu; tabanı konglomera ile başlayıp, açık gri, beyaz renkli, kalın tabakalı, kalsit dolgulu kireçtaşları ile sonlanmaktadır. Kireçtaşları içinde erime boşlukları mevcut olup, rudist kavkıları ve çört nodülleri yaygın olarak bulunmaktadır. Tepeköy formasyonu, birimi açısız uyumsuzlukla üzerlemektedir [14-39].

3.1.10. Tepeköy Formasyonu

Alt Miyosen yaşlı Tepeköy formasyonu; kumtaşı aratabakalı, kırmızımsı sarı renkli, kalın tabakalı, polijenik çakıltası seviyelerinden oluşmakta olup, çakıltası taneleri yuvarlak ve yarı yuvarlaktır. Birim içerisinde nummulitik kireçtaşı çakıllarıda görülmektedir [14]. Birim örtü çökelleri içerisinde yer almakta olup, çalışma alanında mevcut en genç birimdir [14-39].

3.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı içinde mevcut yapısal unsurlar Kaledoniyen, Hersiniyen ve Alpin orojenezlerinden etkilenmiştir. Erken Kambriyen-Erken Devoniyen aralığında çökelmiş olan birimler Kaledoniyen orojenezinin, Orta Devoniyen-Erken Triyas aralığında çökelmiş olan birimler Hersiniyen orojenezinin, Orta Triyas-Erken Paleosen aralığında çökelmiş olan birimler Alpin orojenezinin etkisi altında kalmıştır [14].

Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafisine bakıldığında, Birlikler arası paleocografik farklılaşmanın; Alt Paleozoyikte başladığı, Üst Permiyen öncesi meydana gelen Hersiniyen orojenezinde devam ettiği ve Üst Triyasta, Erken Kimmeriyen orojenezi öncesi en üst seviyelere ulaştığı gözlenmiştir. Erken Kimmeriyen orojenezi sonucunda kıvrımlanma ve bindirmeler meydana gelmiş ve Jura-Kratase yaşlı karbonat çökelleri transgresif olarak çökelmişlerdir. Birliklerin tektonik ve yapısal özellikleri Hersiniyen ve Erken Kimmeriyen orojenezleri sırasında şekillenmiştir. Geyikdağı Birliği'ne ait birimler kuzeybatıdan güneydoğuya doğru itilmişlerdir. Bu orojenik olaylar Miyosenden önce sonlanmıştır. Alt Miyosende graben tipi çökeltme havzaları meydana gelmiştir. Pleyistosen-Holosen aralığında alüvyal yelpaze çökelleri oluşmuştur [14].

3.3. Açısal Uyumsuzluklar

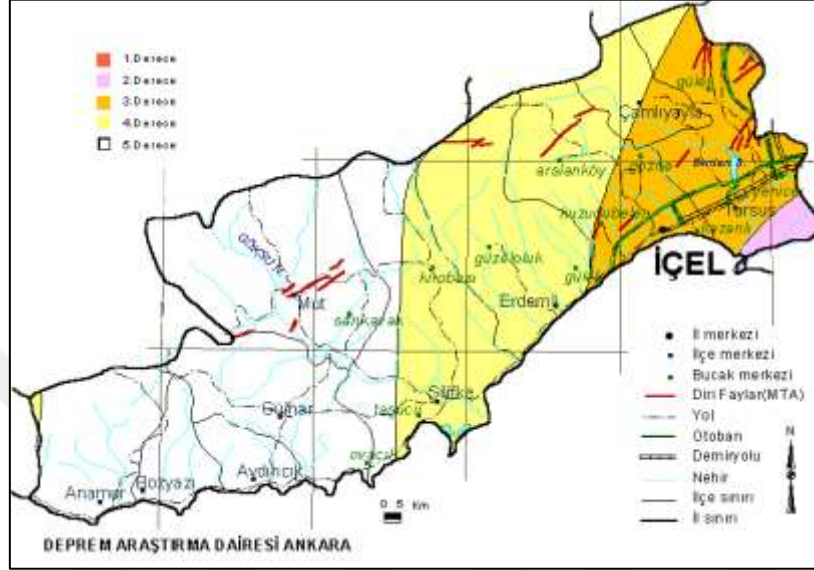
Çalışma alanı ve yakın çevresine ait stratigrafik kesitte tabandan tavana doğru; Babadil grup ile Alt Karbonifer yaşlı Korucuk formasyonu, Korucuk formasyonu ile Üst Permiyen yaşlı Kırtıldağı formasyonu, Kırtıldağı formasyonu ile Üst Triyas yaşlı Murtçukuru formasyonu, Murtçukuru formasyonu ile Alt Jura yaşlı Yanışlı formasyonu, Yanışlı formasyonu ile Alt Jura yaşlı Dibekli formasyonu, Dibekli formasyonu ile Jura-Alt Kretase yaşlı Tokmar formasyonu, Tokmar formasyonu ile Üst Kretase-Paleose yaşlı Hayvandağı formasyonu, Hayvandağı formasyonu ile Alt Miyosen yaşlı Tepeköy formasyonu birbirlerini açısal uyumsuzlukla üzerlemiştir.

SİSTEM SERİLERİ	FORMASYON ADI	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK AÇIKLAMA
PALEODEN	ALT TEPEKÖY FM		Kırmızı kalın tabakalı konglomera Açısal Uyumsuzluk
	ALT HAYVANDAĞI FM, Kpjh		Beyaz kalın tabakalı vaketaşı
KRETASE	ÜST		Taban konglomerası Açısal Uyumsuzluk
	ALT		Beyaz orta kalın tabakalı karbonatlı çamurtaşı ve vaketaşı
JURA	ÜST		Açık gri, orta tabakalı dolomit ve dolomitik kireçtaşı
	ORTA		Beyaz çok kalın tabakalı, yer yer pseudoolitik vaketaşı
	ALT		Gri, kalın tabakalı dolomit
TRIYAS	ÜST		Açısal Uyumsuzluk Sarımsı gri, oolitik taneli Açısal Uyumsuzluk
	ALT		Vaketaşı megabreş
PERMIYEN	ÜST		Kırmızı, kuvarsitik kumtaşı Koyu gri, iyi tabakalanmış vaketaşı breş
	ALT		Koyu gri, kalın tabakalı vaketaşı breş limnik gastropodlu Açısal Uyumsuzluk
KAMBRIYEN	ÜST		Kırmızı konglomeralar Geç Permiyen yaşlı çakılları Kırmızımsı kahverengi, kalın tabakalı kuvarsitik kumtaşı
	ALT		Açısal Uyumsuzluk
KAMBRIYEN	ÜST		Beyaz, açık gri, kalın tabakalı foraminiferli vaketaşı ve istifası
	ALT		Açısal Uyumsuzluk Koyu gri, orta tabakalı foraminiferli taneli ve istifası Açısal Uyumsuzluk
KAMBRIYEN	ÜST		Kırmızı, kuvarsitik kumtaşı ve Brakiyapodlu ve Krinoidli kumlu kireçtaşı Mavimsi gri, iyi tabakalı kireçtaşı ve şist ardalanması
	ALT		Graptolitli, yeşilimsi gri şist Kırmızı, çapraz tabakalı kumtaşı ve laminali şist ardalanması
KAMBRIYEN	ÜST		Mavimsi gri, iyi tabakalı, kristalize karbonatlı kumtaşı Yeşilimsi gri, mikali sleytler
	ALT		Intraformasyonel kireçtaşı konglomeraları ve megabreşler
KAMBRIYEN	ÜST		Koyu gri, orta kalın tabakalı, kristalize karbonatlı çamurtaşı
	ALT		Intraformasyonel megabreşler
KAMBRIYEN	ÜST		Mavimsi gri, kalın tabakalı yüksek kristalize vaketaşı, diyabaz dayıklar ve siller Diyabaz sili
	ALT		

Şekil3.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti [11].

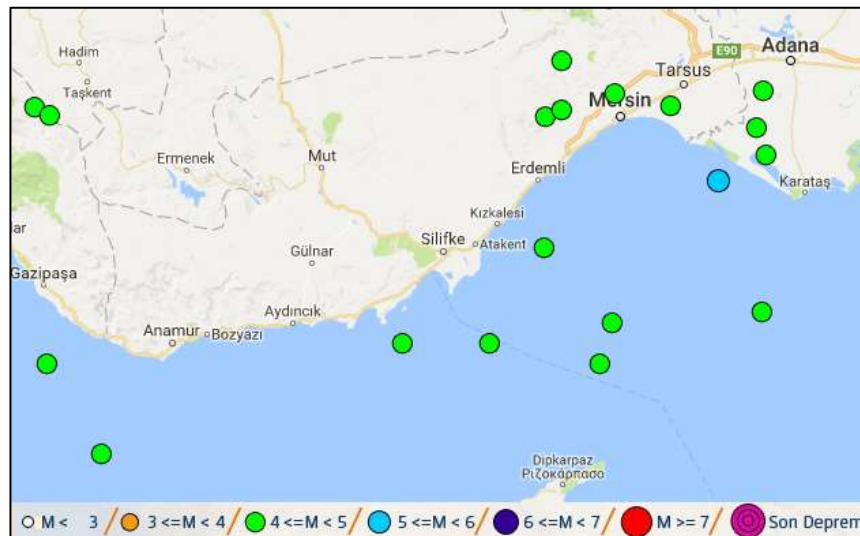
3.4. Depremsellik

Deprem Dairesi Başkanlığı'nın deprem kataloğuna göre çalışma alanı ve yakın çevresi 5. Derece deprem bölgesidir. Bölge, deprem riski az olan yerler arasındadır. Mersin ili deprem haritası aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Mersin ili deprem haritası [42].

Çalışma alanı ve yakın çevresinde 2000-2017 yılları arasında meydana gelen depremler aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.3). 2000-2017 yılları arası deprem kataloğu incelendiğinde, 4 ve üzeri büyüklükte depremlerin meydana gelmediği görülmektedir.



Şekil 3.3. Çalışma alanı ve yakın çevresinde 2000-2017 yılları arasında meydana gelen depremler [43].

4. MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanında arazi çalışmaları ve jeoteknik amaçlı sondaj çalışmaları yapılmış olup, şev duraysızlık probleminin nedenleri araştırılmıştır. Doğru şev modelini ortaya koyabilmek, şev duraysızlığına neden olan etmenleri belirlemek ve tasarım için gerekli girdi parametrelerini elde etmek amacıyla, arazi deneyleri ve aşağıda belirtilen jeomekanik deneyler yapılmıştır. Arazi deneylerinden presiyometre deneyi TS EN ISO 22476-4 [44], lugeon deneyi TS EN ISO 22282-3 [45] standartlarına göre yapılmıştır. Laboratuvar deneyleri ise ISRM (1981) standartlarına [46] uygun olarak yapılmıştır. Arazi ve laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilen parametreler, arazi gözlemleri ile birlikte yorumlanarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerden yola çıkarak, elde edilen girdi parametreleri ile geri analizler ve şev duraylılık analizi yapılmıştır. Arazi ve laboratuvarda yapılmış olan deneyler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo4.1. İnceleme alanında yapılan arazi ve laboratuvar deneyleri.

DENEYLER	
ARAZİ DENEYLERİ	Presiyometre Deneyi (TS EN ISO 22476-4)
	Lugeon Deneyi (TS EN ISO 22282-3)
LABORATUVAR DENEYLERİ	Yoğunluk-Birim Hacim Ağırlık Deneyi (ISRM,1981)
	Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Deneyi (ISRM,1981)
	Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Deneyi (ISRM,1981)
	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi (ISRM,1981)
	Üç Eksenli Sıkışma Deneyi (ISRM,1981)
	Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deneyi (ISRM,1981)

Tez çalışması sırasında yürütülen arazi deney sonuçlarının bir bölümü KGM-ARGE/2016-1 [1] numaralı projeden elde edilen veriler kullanılarak yorumlanmıştır. Laboratuvar deneyleri de ARGE/2016-1 [1] numaralı proje kapsamında kurulan ve Karayolları 5.Bölge Araştırma ve Geliştirme Dairesi'nde yer alan kaya mekaniği laboratuvarında yapılmıştır.

4.1. Arazi Çalışmaları

Mersin-Anamur karayolu 143+000-143+260 kilometreleri arasında yer alan şevde (Şekil 4.1); duraysızlık problemlerini araştırmak, jeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlemek, şev analizlerinde kullanılan girdi parametrelerini elde etmek, bozunma profilini tanımlamak ve laboratuvar deneyleri için gerekli örnekleri almak amacıyla üç noktada sondaj yapılmıştır. Açılan sondaj kuyularında presiyometre ve lugeon deneyi (basınçlı su deneyi) yapılmıştır.



Şekil 4.1. Çalışma alanında duraysızlık problemi yaşanan mevcut şevin genel görünümü.

4.1.1. Sondaj Çalışmaları

Çalışma alanındaki mevcut şev üzerinde; 60 m'lik bir adet düşey sondaj ile, kuzeye 30 ° ve güneye 15 ° açıyla, 69 m'lik iki adet eğik sondaj olmak üzere toplam üç adet sondaj yapılmıştır (Şekil4.2). Kuyu içi deneylerin yapılacağı seviyeler, dik sondaj kuyusundan elde edilen karotlar üzerinden belirlenmiş olup, deneylerin özellikle litolojik ve yapısal değişimlerin olduğu yerlerde yapılmasına dikkat edilmiştir. Sondajlarda üç tüplü karotiyerler kullanılmış olup, karot çapları 44-46 mm'dir. Örnekler yönleri değiştirilmeden karot sandıklarına yerleştirilmiştir. Ayrıca, açılan her bir sondaj için sondaj logları da hazırlanmıştır.



Şekil 4.2. Sondaj çalışmaları.

4.1.2. Presiyometre Deneyi

Zemine radyal basınç uygulanıp, basıncın zeminde oluşturduğu deformasyonların ölçülmesi ilkesine dayanan bir yerinde (in situ) deneyidir [47]. Deney TS EN ISO 22476-4 [44] standartlarına göre yapılmıştır. Zeminin dayanım parametreleri, taşıma gücü, emniyet gerilmesi ve kayma zonlarının tespiti amacıyla, özellikle çakıllı, kumlu, killi, siltli, alüvyon zeminlerde ve bozunmuş, ayrılmış kayalar ile yumuşak kaya temellerde uygulanan bir yöntemdir. Çalışma alanında deney yapılırken, öncelikle zemine basınç verilerek zeminde deformasyon oluşmasını sağlayan prob sondaj kuyusunun içine, deneyin yapılacağı seviyeye kadar indirilmiştir. Proba bağlı kumanda panosundan oluşan presiyometre aleti ile deney başlatılıp, basıncı sağlayan sıkıştırılmış hava tüplerinden plastik borular aracılığıyla basınç iletilmiştir. Proba eşit aralıklarla arttırılarak 1, 2, 3 kg/cm² dairesel basınçlar verilmiştir. Her basınç kademesi için 15, 30, 60 saniyelerinde oluşan hacimsel değişimler kayıt altına alınmıştır. Bir deney zonuna en az 10 kademelik basınç verilmiştir.

Çalışma alanında mevcut sondaj kuyularında lugeon deneyinin ardından presiyometre deneyleri yapılmıştır. SK-1, SK-2 ve SK-3, sondaj kuyularının presiyometre deney sonuçları tezin Bulgular ve Tartışma kısmında değerlendirilmiştir.

4.1.3. Lugeon (Basıncılı Su) Deneyi

Kayaların geçirimsizliğini belirlemek amacıyla deney zonunda, belirli basınçlar altında sızan suyun debisinin ölçülmesi ilkesine dayanan bir yerinde (in situ) deneydir [48]. Lugeon deneyi TS EN ISO 22282-3 [45] standartlarına göre yapılmıştır. 1 metre uzunluğundaki deney zonuna 10 atm hidrolik yük altında, dakikada, litre olarak sızan su miktarı lugeon geçirimsizlik birimini (LU) vermektedir. Deney zonu önce basınçsız su ile doldurulmuştur ve suyun verildiği andan itibaren basıncın yükseldiği ana kadar giden su miktarı kaydedilmiştir. Deney sırasında uygulanacak olan basınç, kayacın yapısına göre belirlenmiş ve 2, 4, 6, 8, 10 kg/cm² kademelerinde uygulanmıştır. Her basınç verildiğinde on dakika beklenerek, su kaçakları beşer dakikalık aralıklarla kaydedilmiştir. [48].

Çalışma alanında mevcut SK-1, SK-2 ve SK-3 kuyuları açıldıktan sonra hemen lugeon deneyleri yapılmıştır. SK-1 sondajının lugeon deney sonuçları tezin Bulgular ve Tartışma kısmında değerlendirilmiş olup, sonuçların devamı EK-2 kısmındadır.

4.2. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanında mevcut şevde yapılan sondajlardan alınan örnekler yönleri değiştirilmeden karot sandıklarına yerleştirilerek, kaya ve zemin mekaniği laboratuvarlarına getirilmiştir (Şekil 4.3), (Şekil 4.4). Öncelikli olarak karot sandıkları açılıp; toplam karot verimliliği (TKV), sağlam karot verimliliği (SKV), kaya kalite göstergesi (RQD) ve eklem sıklığını (FF) belirlemek amacıyla, ölçümler ve hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen veriler tablo haline getirilmiştir (Tablo 5.2, Tablo 5.3, Tablo 5.4). Yönlü olarak alınan örneklerin eğim yönü ve eğim açıları pusula ile süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülükleri profilometre ile ölçülmüştür (Şekil 4.5, Şekil 4.6). Elde edilen veriler doğrultusunda sondaj logları çizilerek (Şekil 4.9), (EK-3), laboratuvar deneylerinin hangi metreler arasında yapılacağı kararlaştırılmıştır. Örnekler, karot sandıklarından alınarak, yapılacak olan deney türüne göre numaralandırılmış ve hangi metrelerden alındıkları sondaj logları üzerinde belirlenmiştir. Yapılacağı deney türüne göre sınıflara ayrılan örnekler, boy-çap oranları ölçüldükten sonra, karot kesme makinasıyla (Şekil 4.10), ISRM (1981) standartlarına [46] uygun boyutlara getirilmiş ve yüzeyleri zımparalanarak düzeltilmiştir.



Şekil 4.3. Laboratuvara getirilen karot sandığı örneği.



Şekil 4.4. Laboratuvara getirilen karot sandıkları.

Süreksizliklerin pürüzlülükleri, kayacın makaslama dayanımında etkin rol oynayarak, duraysızlıkları denetleyen önemli bir parametredir. Karot sandıklarından alınan süreksizliklere ait örneklerin alt ve üst yüzeylerinin pürüzlülükleri ölçülmüştür (Şekil 4.7, Şekil 4.8, EK-1).



Şekil 4.5. Pürüzlülük ölçümü.



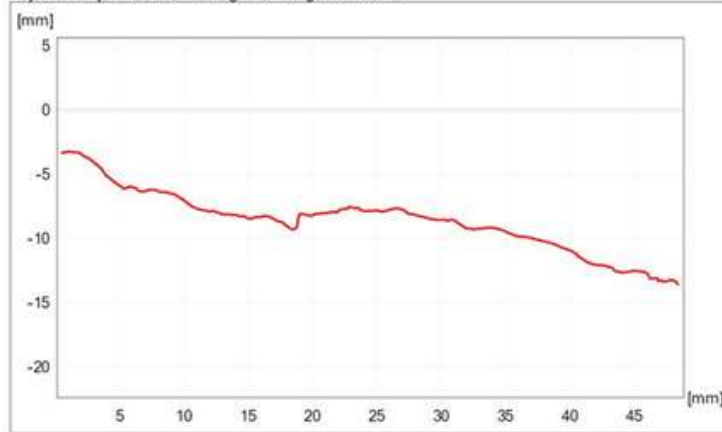
Şekil 4.6. Pürüzlülük ölçümü (üstten görünüm).

Yüzey Dokusu Ölçüm Sonucu

Özellikler			
Başlık	e19üst	Oluşturma Tarih/Saat	27.03.2017 16:21:23
Alt Başlık		Değiştirilmiş tarih	27.03.2017 16:21:23
Oluşturan	Toshiba	Düzenleyen	Toshiba
		Değişiklik No	2
		Tarih/Zaman Başla	27.03.2017 16:20:06
		Tarih/Zaman Bitti	27.03.2017 16:20:58

Ölçüm Koşulları					
Cihaz	CV-2100	Örnekleme yöntemi	X-eksen adımı	Uç Çap Kompanzasyonu	0.025000mm
Uzunluk(X)	47.9497mm	Z gain ayar oranı	1.000000	Polar Ters Çevirme	Hiçbr
Ölçüm adımı	0.0100mm	Simetrik Kompanzasyon	Hiçbr		
Ölçüm hızı	1.00mm/sny	Doğrusallık Komp. (X-eksen)	Hiçbr		

Ölçüm Sonuç Geo Verisi X Mag: x2 Z Mag: x2 <kontur>



Şekil 4.7. Örnek E19-üst pürüzlülük garfiği.

Yüzey Dokusu Ölçüm Sonucu

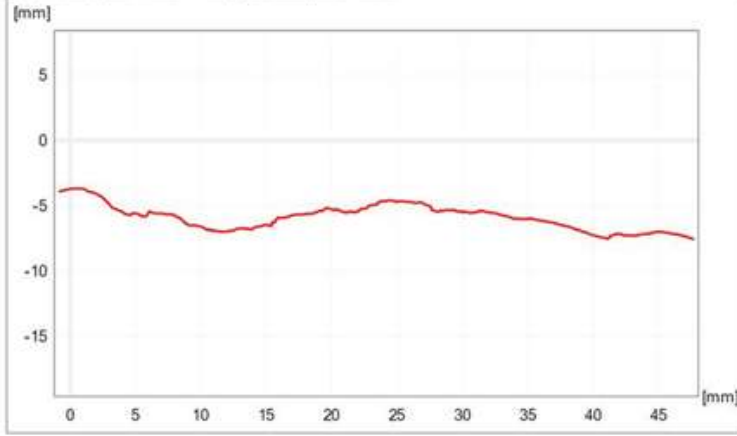
Özellikler

Başlık	e19üst_acı2	Oluşturma Tarih/Saat	27.03.2017 16:23:42	Değişiklik No	2
Alt Başlık		Değiştirilmiş tarih	27.03.2017 16:23:42	Tarih/Zaman Başla	27.03.2017 16:22:30
Oluşturan	Toshiba	Düzenleyen	Toshiba	Tarih/Zaman Biti	27.03.2017 16:23:26

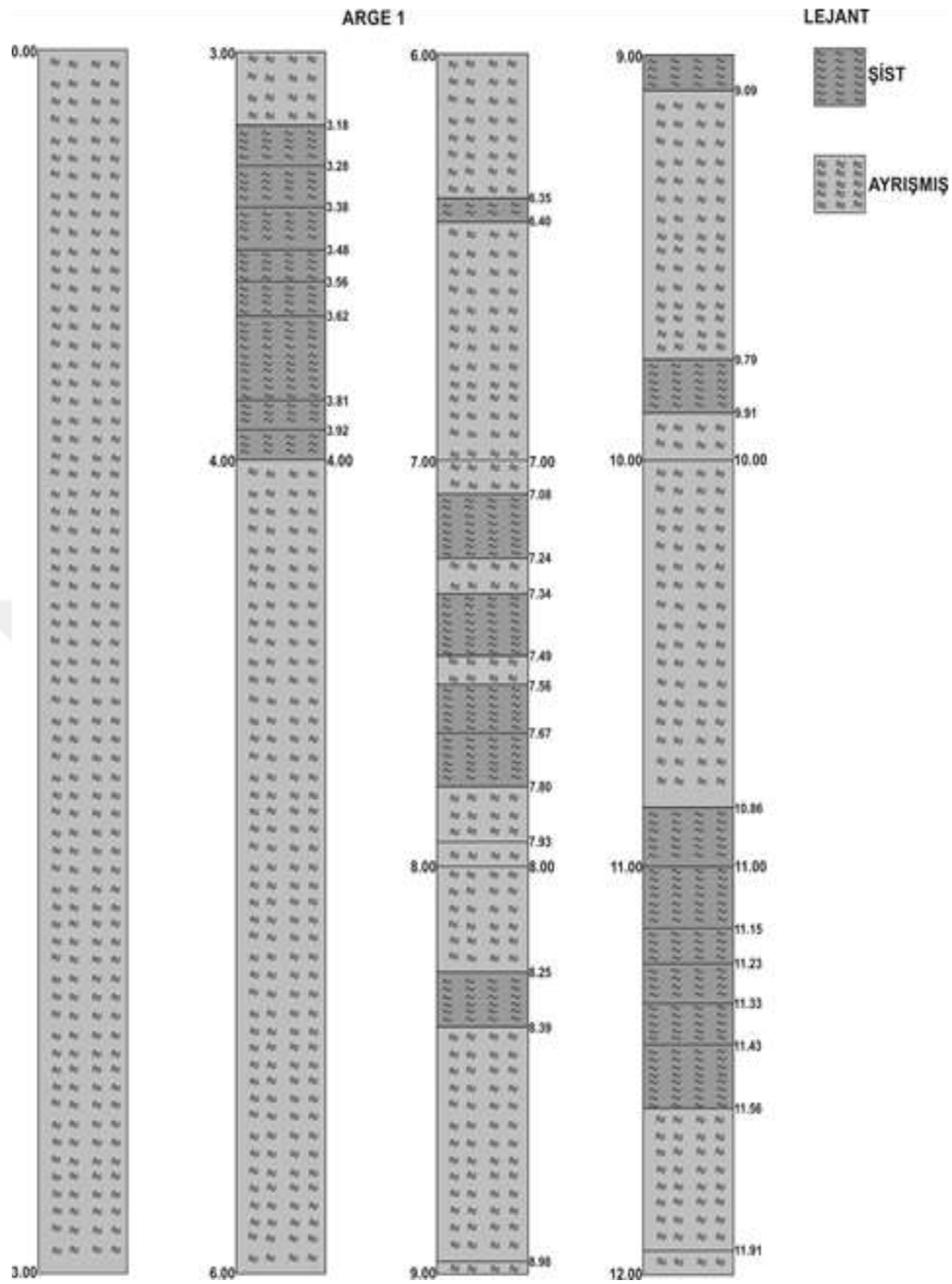
Ölçüm Koşulları

Cihaz	CV-2100	Örnekleme yöntemi	X-eksen adımı	Uç Çap Kompanzasyonu	0.025000mm
Uzunluk(X)	48.4178mm	Z gain ayar oranı	1.000000	Polar Ters Çevirme	Hiçbr
Ölçüm adımı	0.0100mm	Simetrik Kompanzasyon	Hiçbr		
Ölçüm hızı	1.00mm/sn	Doğrusallık Komp. (X-eksen)	Hiçbr		

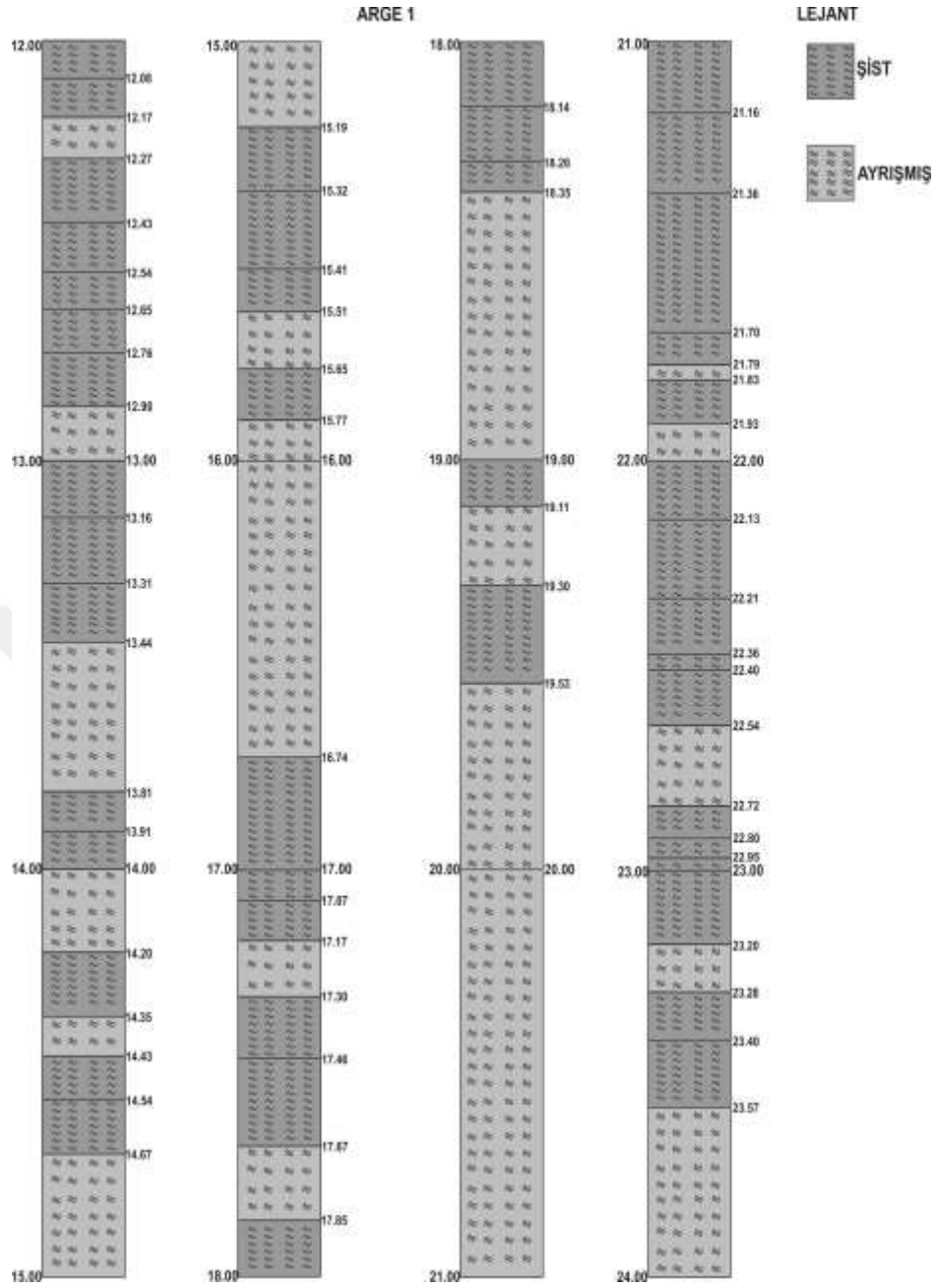
Ölçüm Sonuç Geo Verisi X Mag: x2 Z Mag: x2 <kontur>



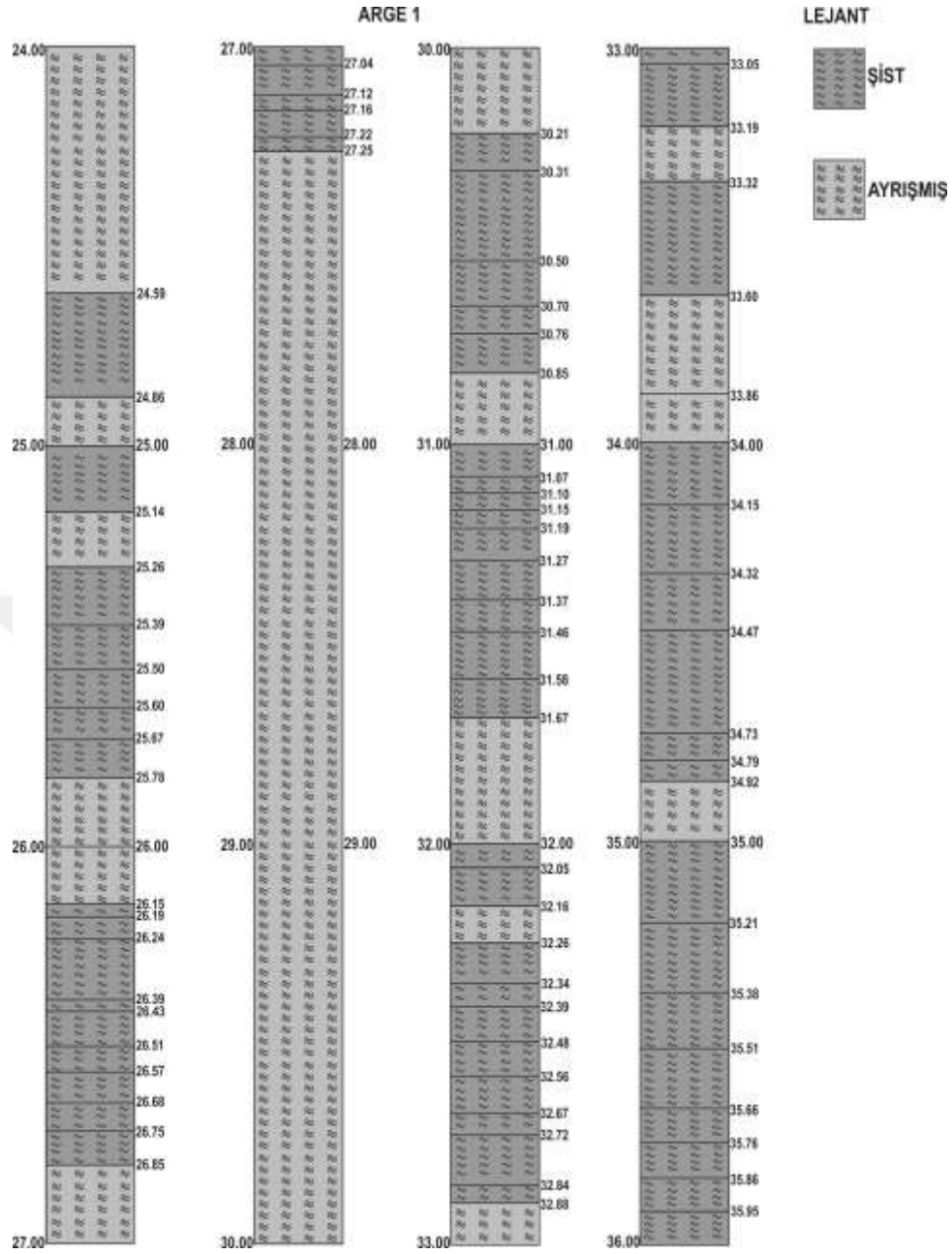
Şekil 4.8. Örnek E19-üst açı2 yüzey dokusu ölçüm sonucu.



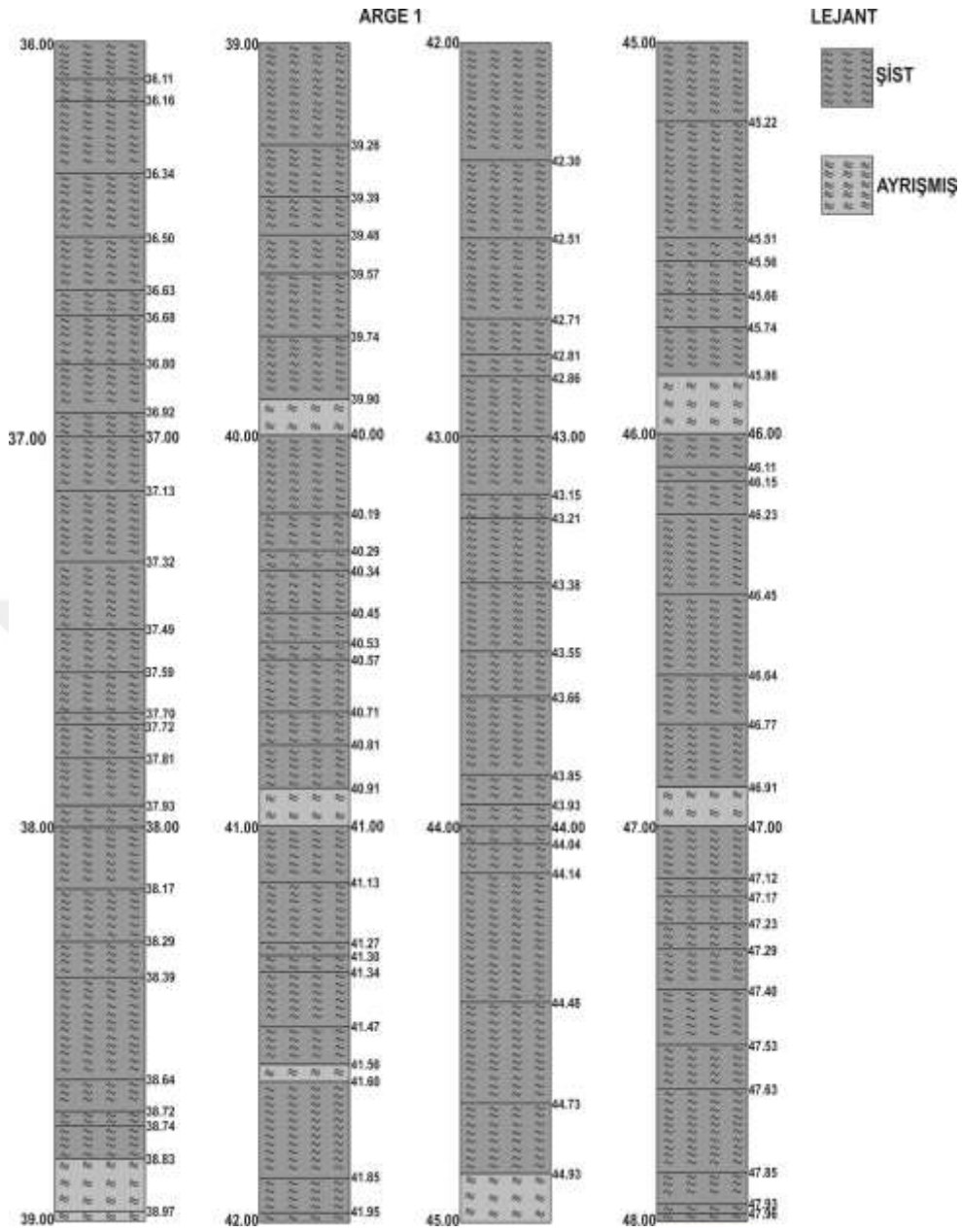
Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 0.00-12.00m.



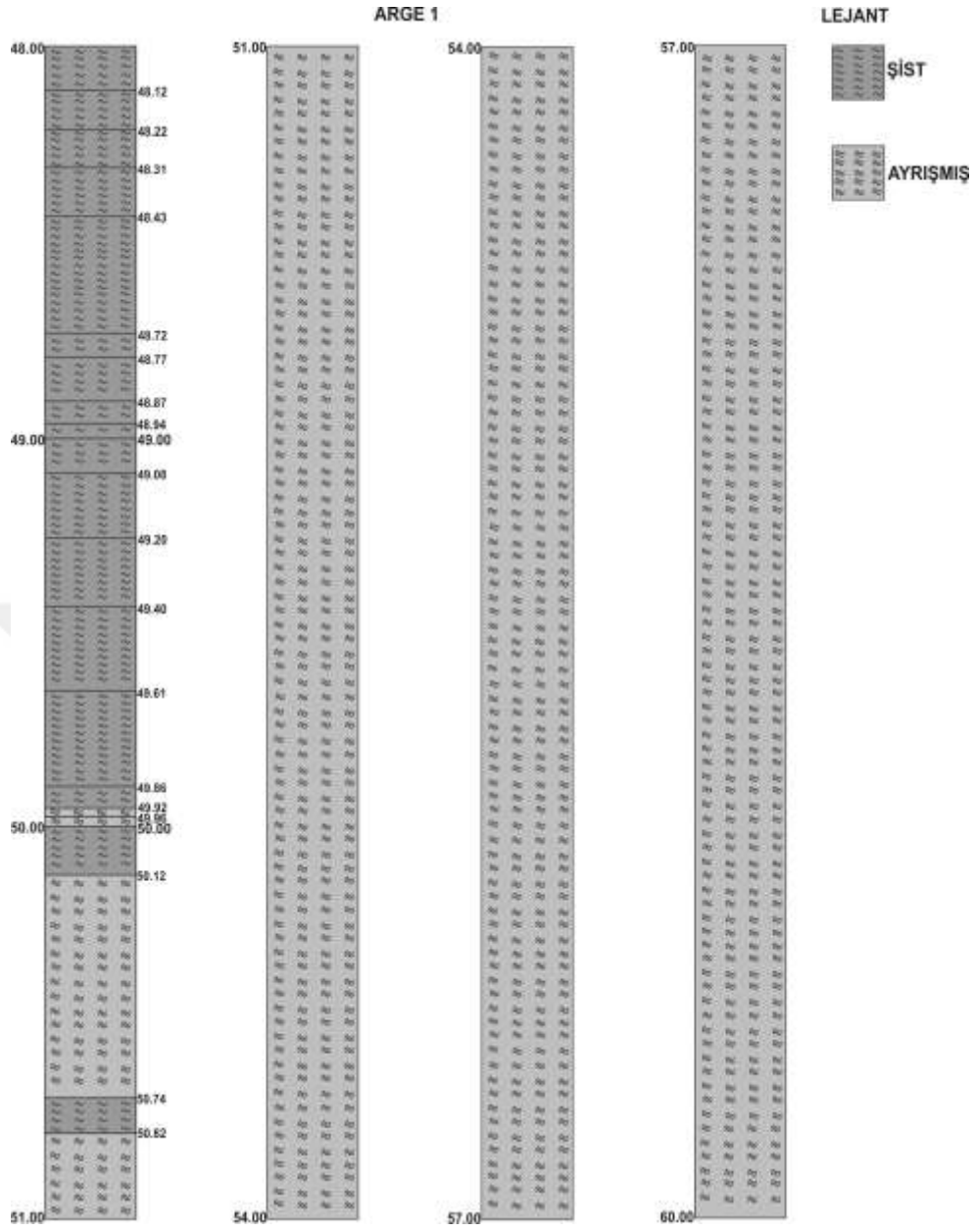
Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 12.00-24.00m (devamı).



Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 24.00-36.00m (devamı).



Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 36.00-48.00m (devamı).



Şekil 4.9. SK-1 Sondaj Logu 48.00-60.00m (devamı).



Şekil 4.10. Karot kesme ve düzeltme makinası.

SK-1, SK-2 ve SK-3 sondajlarından alınan karotlardan; nokta yükü deneyi için hazırlanan örnekler N (Şekil 4.11), tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan örnekler T (Şekil 4.12), üç eksenli deneyi için hazırlanan örnekler Ü (Şekil 4.13) olarak adlandırılmış olup, her grup kendi içinde numaralandırılmıştır.



Şekil 4.11. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan örnekler.



Şekil 4.12. SK-1 sondajından tek eksenli sıkıştırma deneyi için hazırlanan örnekler.



Şekil 4.13. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan örnekler.

Hazırlanan örneklerin hangi derinliklerden alındığı ve boy-çap oranları, deneyler yapılmadan önce deney formlarına kaydedilmiştir. Gruplandırılan örneklerin, öncelikli olarak yoğunluk- birim hacim ağırlık deneyi ile ağırlıkça ve hacimce su emme deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen verilerin ortalama ve standart sapmaları hesaplanmıştır.

4.2.1. Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Yoğunluk ve birim hacim ağırlık deneyi, düzenli bir geometriye sahip (silindirik) veya prizmatik kaya örneklerinin, kütleli yoğunluk ve birim hacim ağırlığını belirlemek amacıyla yapılmıştır [50].

Silindirik olarak hazırlanmış örneklerin (Şekil 4.14) boy ve çap değerleri, birbirine dik iki ayrı yönde kumpasla ölçülerek, ölçülen değerlerin ortalaması alınmış ve elde edilen değerler deney formuna kaydedilmiştir. 105 °C'ye kadar ısıtılan etüvde 24 saat kurutulan örnekler, 30 dakika desikatörde soğutulduktan sonra hassas terazide kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Elde edilen veriler deney formuna yazılarak, formüller yardımıyla yoğunluk ve birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır.



Şekil 4.14. Yoğunluk ve birim hacim ağırlık deneyi için hazırlanmış örnekler.

4.2.2. Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Deneyi

Ağırlıkça ve hacimce su emme deneyi, silindirik kaya örneklerinin boşluklarının alabileceği su kapasitesinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır [49].

Silindirik örneklerin boy ve çapları kumpasla ölçülerek, hacimleri hesaplanmış ve deney formuna kaydedilmiştir. Örnekler 24 ve 48 saat saf suda bekletilmiştir (Şekil 4.15). Saf suda bekletilme süresinin ardından sudan çıkarılarak kurulandıktan sonra hassas terazide ıslak ağırlıkları tartılmıştır. 105 °C'ye kadar ısıtılan etüvde 24 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Elde edilen veriler deney formuna kaydedilerek, ağırlıkça ve hacimce su emme oranları hesaplanmıştır.



Şekil 4.15. Laboratuvardaki örneklerin saf suda bekletilmesi.

4.2.3. Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Deneyi

Nokta yüğü dayanım indeksi deneyi, kayaların dayanımına göre sınıflandırılması amacıyla yapılmıştır [49].

Deney aleti, UTEST, UTR-0580 olup, hidrolik el pompası ile yükleme yapılmıştır (Şekil 4.16).

Silindirik veya düzensiz şekilli örnekler üzerinde yapılabilen bu deney, laboratuvarda silindirik örnekler üzerinde yapılmıştır. Örnekler konik başlıklar (Şekil 4.17) arasına, karot eksenine dik veya paralel olarak yerleştirilerek, deney hem aksel hem de çapsal olarak yapılmıştır.

Çapsal Deney: Boyutları ISRM (1981) standartlarına göre ($L/D > 1$; $L/D = 1.0-1.4$) hazırlanmış örnekler [46] konik başlıkların arasına paralel olarak yerleştirilerek, yükleme kolu aracılığıyla, örnek konik başlıklar arasında sabitlenmiştir. Yükleme kolu ile örnek 10-60 saniye arasında yenilecek şekilde yükleme başlatılmıştır. Yenilme anındaki yük deney formuna kaydedilerek, nokta yüğü dayanım indeksi hesaplanmıştır.

Eksel Deney: Boyutları ISRM (1981) standartlarına göre ($W/D = 0.3-1$) hazırlanmış örnekler [46] konik başlıkların arasına paralel olarak yerleştirilerek, yükleme kolu aracılığıyla, örnek konik başlıklar arasında sabitlenmiştir. Yükleme kolu ile örnek 10-60 saniye arasında yenilecek şekilde yükleme başlatılmıştır. Yenilme anındaki yük deney formuna kaydedilerek, nokta yüğü dayanım indeksi hesaplanmıştır.



Şekil 4.16. Nokta yükü dayanım indeksi deney aleti.



Şekil 4.17. Nokta yükü dayanım indeksi deney aleti (konik başlıklar).

4.2.4. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi

Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi, silindirik kaya örneklerinin aksel sıkışmaya maruz bırakılarak dayanımının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır [49].

Deney aleti, UTEST, UTR-0550 olup, otomatik basınç sistemine sahiptir (Şekil 4.19).

Boy-çap oranı 2.5-3 aralığında hazırlanmış örneklerin [46]; boy, çap ve kesit alanı değerleri deney formuna kaydedilmiştir. Deney jigine (Şekil 4.18) yerleştirilen örnek, yükleme presinin alt tablasının ortasına yerleştirilerek; tabla, deney jigi ile çelik silindirler arasında hiç boşluk kalmayacak şekilde yükseltilmiştir.

Deney başlatılmadan önce çap, boy, kesit alanı ve aksel yük değerleri, grafik ekranlı otomatik kontrol ve veri toplama özelliğine sahip, dokunmatik ekrana kaydedilmiştir. Basınç, örneğin 5 ile 10 dakika arasında yenileceği şekilde ayarlanarak deney başlatılmıştır. Yükleme hızı sabittir ve yenilme gerçekleşinceye kadar otomatik olarak devam etmiştir. Yenilmenin gerçekleştiği andan sonra deney otomatik olarak sonlanmıştır.

Deneyin sonlanmasının ardından deney aletinin ekranından yükleme hızı, yükleme süresi ve yenilme yükü deney formuna kaydedilmiştir. Kaydedilen veriler yardımıyla tek eksenli sıkışma dayanımı hesaplanmıştır.



Şekil 4.18. Tek eksenli sıkışma dayanımı deney aleti (deney jigi).



Şekil 4.19. Tek eksenli sıkışma dayanımı deney aleti.

4.2.5. Üç Eksenli Sıkışma Deneyi

Üç eksenli sıkışma deneyi, silindirik kaya örneklerinin üç eksenli sıkışmaya maruz bırakılarak, makaslama dayanımı parametrelerini sağlamak amacı ile yapılmıştır [49].

Deney aleti, UTEST, UTR-0550 olup, otomatik basınç sistemine sahiptir (Şekil 4.20).

Boy-çap oranı 2.5-3 aralığında hazırlanmış örneklerin [46]; boy, çap ve kesit alanı değerleri deney formuna kaydedilmiştir. Yanal basıncın uygulanacağı üç eksenli Hoek hücresinin içine membran kılıf yerleştirilerek, hücrenin altında ve üstünde bulunan çelik kapaklar sıkıca döndürülerek yerine oturtulmuş ve örnek, hücrenin içine yerleştirilmiştir. Örneğin çapı ile aynı çapta çelik küresel başlıklar örneğin altına ve üstüne yerleştirilmiştir. Yanal basınç ünitesi, basınca dayanıklı bir hortum ile Hoek hücresine bağlanarak, hücrenin içinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde yağ gönderilmiştir. Diğer yandan hava alma vanası ile hücrenin içindeki hava boşaltılmıştır. Hoek hücresi, yükleme presinin alt tablasının ortasına yerleştirilmiştir. Tabla, küresel başlıklarla Hoek hücresi arasında hiç boşluk kalmayacak şekilde yükseltilmiştir. Eksenel yük ve yanal basınç aynı anda başlatılacak şekilde; çap, boy, eksenel ve yanal yük, grafik ekranlı otomatik kontrol ve veri toplama özelliğine sahip dokunmatik ekrana kaydedilmiştir. Basınç değerleri seçilirken, örneğin 5 ile 15 dakika arasında yenileceği şekilde ayarlanmıştır. Deney başlatıldıktan sonra yenilme işlemi gerçekleşinceye kadar basınç otomatik olarak artmış ve örneğin yenildiği anda deney sonlanmıştır. Aletin ekranından yenilme yükü deney formuna kaydedilerek, eksenel gerilme hesaplanmıştır. Elde edilen veriler yardımıyla yenilme zarfı çizilerek, örneğin içsel sürtünme açısı ve kohezyonu belirlenmiştir.



Şekil 4.20. Üç eksenli sıkıştırma deney aleti.

4.2.6. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deneyi (Slake Durability)

Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi, örneğin kuruma ve ıslanma karşısında, zayıflama ve dağılmaya karşı gösterdiği direncin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır [49].

Deney aleti, UTEST, UTR-0800'dır (Şekil 4.21).

Her biri 40-60 g gelen, toplam 450-500 g olacak şekilde, yaklaşık on adet parça seçilmiştir. Seçilen parçaların köşeleri kerpeten yardımıyla yuvarlatılmıştır. Bu şekilde parçaların birbirine çarparak mekanik parçalanmaların meydana gelmesi önlenmiştir. Örnekler tambura yerleştirilmeden önce tambur kapakları ile tartılarak, tambur ağırlığı deney formuna kaydedilmiştir. Ardından örnekler tambura yerleştirilerek, 105 °C'ye kadar ısıtılan etüvde 12 saat kurutulmuştur. 12 saatin sonunda etüvden çıkarılan örnekler soğumaya bırakılmıştır. Soğuma işlemi gerçekleştikten sonra tambur ile birlikte hassas terazide tartılan örneklerin ağırlıkları deney formuna kaydedilmiştir. Cihazın iki yanında bulunan şeffaf hazneye içinde örneklerin bulunduğu tamburlar yerleştirilerek; hazne, tambur ekseninin 20 mm altına gelecek şekilde su ile doldurulmuştur. Motorun üzerindeki dijital ekrandan, tamburlar 10 dakika süre ile dakikada 20 devir yapacak şekilde ayarlanmış ve deney başlatılmıştır. Deney sona erdiğinde tamburlar otomatik olarak durmuş ve yerinden çıkarılmıştır. Yerinden çıkarılan tamburlar kapağıyla birlikte 105 °C'ye kadar ısıtılan etüvde 12 saat tekrar kurutulmuştur. 12 saatin sonunda tambur etüvden alınarak hassas terazide tartılmıştır. Tartım değerleri deney formuna kaydedilmiştir. Tambur ve hazne temizlenerek bir sonraki aşamaya uygun hale getirilmiş ve aynı işlemler dört kez tekrarlanmıştır. Dört çevrimin her defasında elde edilen ağırlıklar deney formuna kaydedilerek, dört çevrim sonunda suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi % olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.21. Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deney aleti.

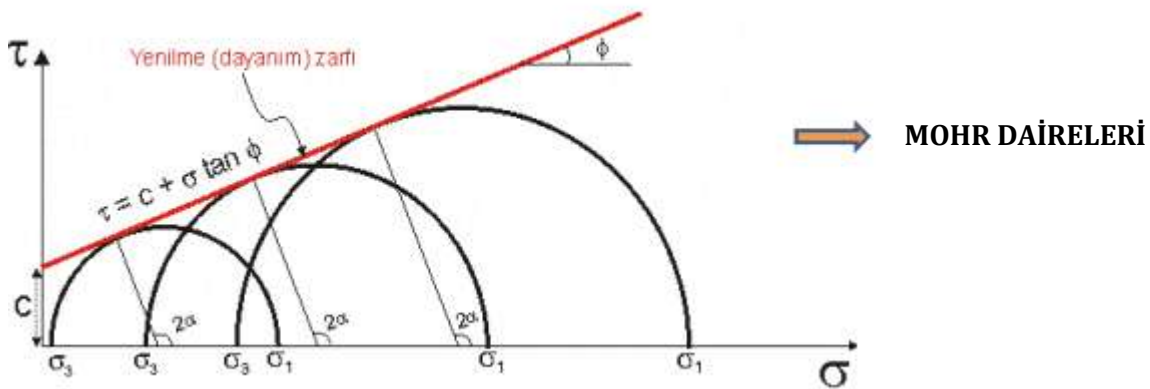
4.3. Kaya Malzemeleri İle Kaya Kütlelerinin Dayanım ve Deformasyon Özellikleri

4.3.1. Kaya Malzemelerinin Makaslama Dayanımı

Zayıf ve eklemlili kaya kütlelerini denetleyen parametreler laboratuvar koşullarına uygun örnek alınamaması sonucu incelenememektedir. Hoek ve Brown bu sorunu çözmek üzere eklemlili kaya kütlelerinde sınırlı sayıda yapılabilen deneyler üzerinde bir takım çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmada, yenilme ölçütü ile uyumlu bir takım parabolik eğriler incelenmiş ve gerilim altındaki kayaların yenilme koşulları bu parabolik eğrilerle ilişkilendirilmiştir. En büyük asal gerilme (σ_1), en küçük asal gerilme (σ_3) olarak belirlenmiş olup, normal gerilme (σ) ve makaslama dayanımı (τ) arasındaki ilişkinin eğrisel olduğu belirlenmiştir. Makaslama dayanımı yaygın olarak doğrusal Mohr Colomb ölçütüyle tanımlanmaktadır. Bu ölçüt kaya malzemelerinin kohezyon c ve içsel sürtünme açısı (Φ) parametreleriyle tanımlanmaktadır.

$$\tau = c + \sigma \tan \Phi$$

Makaslama dayanım parametreleri üç eksenli sıkışma dayanım deneyi yardımı ile elde edilmektedir. En büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri çizilmektedir. Dairelerin orta noktalarını teğet geçecek şekilde bir doğru çizilerek, doğrunun τ eksenini kestiği nokta kohezyonu (c), teğetin eğimi (Φ) içsel sürtünme açısını vermektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Mohr Colomb yenilme zarfı.

4.3.2. Hoek Brown Görgül Yenilme Ölçütü

İleri derecede zayıf ve eklemli kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesinde, mevcut kaya kütlelerini denetleyen kaya malzemesi ve süreksizliklerin davranışının incelenmesi konusunda problemler yaşanmaktadır. Laboratuvar koşullarına uygun, kaya kütlelerini temsil edecek boyutlarda örnek alınamaması sonucu mevcut problemlerin aşılmasına yönelik görgül yenilme ölçütleri geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılan Hoek Brown yenilme ölçütüdür. Ölçüte, diğer kaya kütleleri sınıflama sistemlerinin zayıf kaya kütlelerini tanımlamada yetersiz olduğundan dolayı GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) eklenmiştir. GSI, farklı kaya kütlelerinin dayanım sabitlerini çizelgeler ve görgül ilişkilerle ortaya koymaktadır. Seksenli yıllardan günümüze çeşitli değişiklikler geçirmiş olan Hoek Brown yenilme ölçütü, kaya kütlelerinin dayanım deformasyon özelliklerinin tayinindeki sınırlamaları büyük ölçüde azaltmıştır. Hoek vd. ile Sönmez ve Ulusay tarafından son kez değişikliğe uğramış ve güncel halini almıştır[50-51].

Genelleştirilmiş Hoek Brown yenilme ölçütü;

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_c \left(mb \frac{\sigma_3'}{\sigma_1'} + s \right)^a$$

$$mb = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$a = \left(\frac{1}{2}\right) + \left(\frac{1}{6}\right) \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\right)$$

σ_1' : En büyük asal gerilme

σ_3' : En küçük asal gerilme

σ_c : Kaya malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı

mb : Boyutsuz kaya kütleleri sabiti

m_i : Boyutsuz kaya malzemesi sabiti

s ve a : Malzeme sabitleri

D : Örselenme faktörü ($0 \leq D \leq 1$)

GSI: Jeolojik dayanım indeksi, GSI sınıflama sistemi bağından belirlenmektedir [50].

4.3.2.1. Hoek Brown Görgül Yenilme Ölçütü Parametrelerinin Belirlenmesi

GSI abağında (Tablo 4.3) eklem yoğunluğu ve süreksizliklerin yüzey koşullarına bağlı olarak SR (Yapısal Puan) ve SCR (Yüzey Koşulu Puanı) belirlenmektedir. SR eklemlilik derecesini tanımlamak için kullanılırken, SCR süreksizlik yüzey koşullarını tanımlamak için kullanılmaktadır.

SR puanını belirlemek için J_v (Hacimsel Eklem Sayısı) kullanılmaktadır. Palmstrom tarafından tanımlanan hacimsel eklem sayısı [52-53-54], birim hacimdeki kaya kütlelerinde mevcut süreksizliklerin toplamı olarak tanımlanmaktadır. Hacimsel eklem sayısı kaya kütlelerinde hat etüdü yardımıyla belirlenerek J_v hesaplanmaktadır. Ancak zayıf ve sık eklemli kaya kütlelerinde eklem takımlarının belirlenmesi zordur. Bu tür kaya kütlelerinde birbirine dik üç yönde (x,y,z) eklem sayıları belirlenerek J_v hesaplanmaktadır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda,

$$J_v = \left(\frac{N}{L}\right)^3 \text{ veya } J_v = \left(\frac{1}{S}\right)^3 \text{ eşitliği aracılığıyla belirlenmektedir.}$$

N:Eklem sayısı, L:Ölçüm hattının uzunluğu,

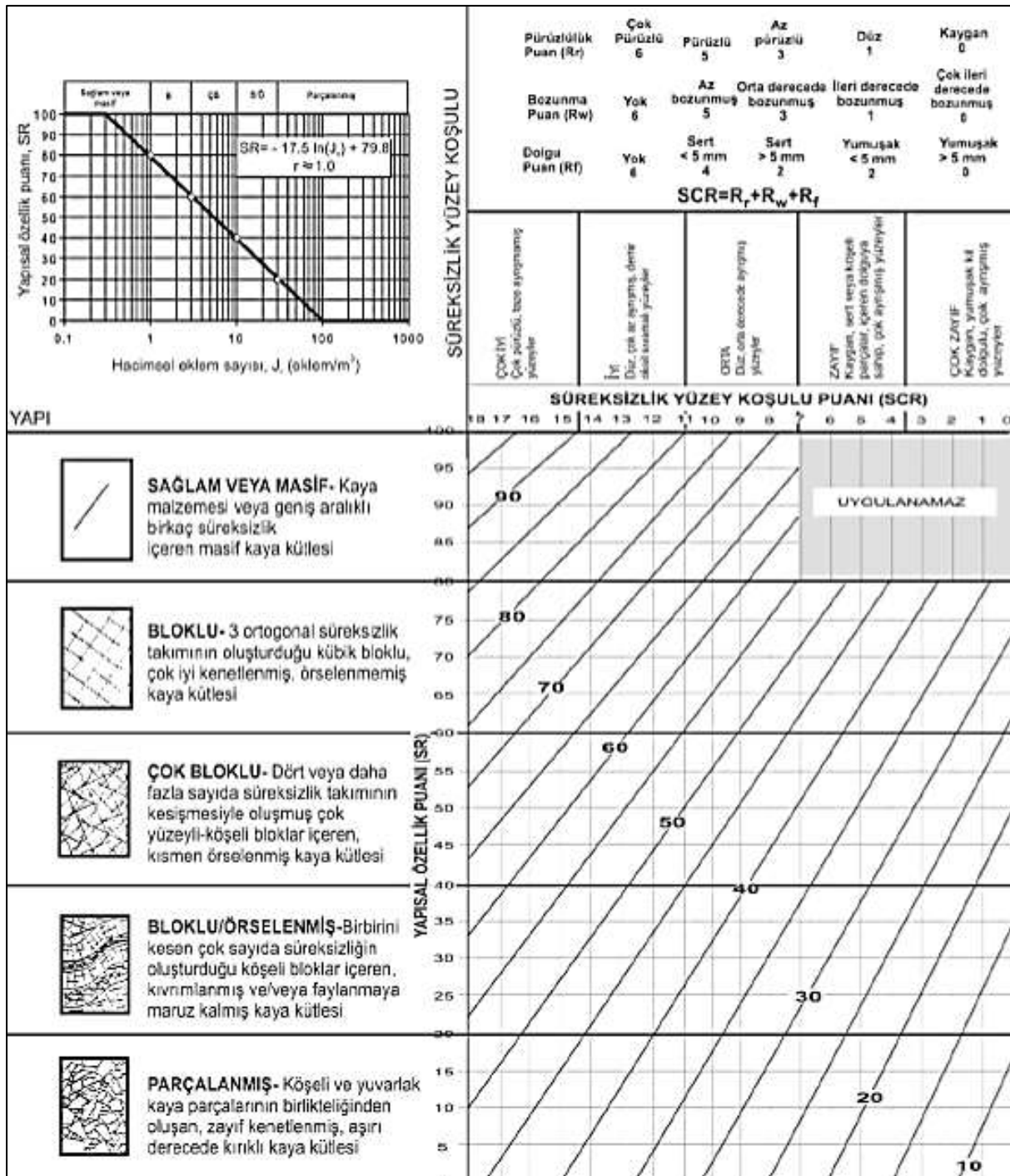
S: Ortalama süreksizlik aralığı

J_v parametresi aralıkları ile blok boyutları tanımlanabilmektedir (Şekil 4.2).

Tablo 4.2. Blok boyutu tanımlamaları ve J_v parametresi aralıkları [46-55].

ISRM Tanımları	J_v (eklem/m ³)	GSI için Önerilen Tanımlar
Çok büyük bloklar	<1	Bloklu (B)
Büyük Bloklar	1-3	
Orta Boyutlu Bloklar	3-10	Çok Bloklu (ÇB)
Küçük Bloklar	10-30	Bloklu/Örselenmiş (B/Ö)
Çok Küçük Bloklar	30-60	Parçalanmış (P)
Parçalanmış/Ufalanmış	>60	

Tablo 4.3. GSI Sınıflama Sistemi Aşağı'nın son hali [51].



SR puanı, Ulusay ve Sönmez tarafından önerilen bir yaklaşımla GSI sınıflama sistemine uyarlanmıştır [55]. SR Puanı, hesaplanan J_v puanını kullanarak GSI abağının sol üst köşesindeki grafik yardımıyla belirlenmektedir.

SCR puanı için 0 ile 18 arasında puanlar atanmış olup, SCR puanı

SCR=Rr+Rw+Rf eşitliği aracılığıyla belirlenir.

Rr: Süreksizlik

Rw: Bozunma

Rf: Dolgu puanları

Rr, Rw ve Rf, GSI abağının sağ üst köşesindeki çizelge aracılığıyla belirlenmektedir.

SR (Yapısal Puan) ve SCR (Yüzey Koşulu Puanı) GSI abağında tanımlanarak, kesim noktalarından GSI değeri belirlenmektedir.

Malzeme sabiti a, GSI ≥ 30 ise $a=0.5$ ve GSI ≤ 30 ise $a=0.65-(GSI/200)$ olarak belirlenmektedir. GSI' in tüm değerleri için a sabiti,

$a = \left(\frac{1}{2}\right) + \left(\frac{1}{6}\right)(e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$ eşitliği aracılığıyla belirlenmektedir.

Herhangi bir GSI değeri için s sabiti ise, D (Örselenme Faktörü) göz önünde bulundurulur,

$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right)$ eşitliği aracılığıyla belirlenmektedir.

Örselenme faktörü $0 \leq D \leq 1$ aralığındadır ve örselenmemiş kaya kütleleri için 0 alınırken, örselenmiş kaya kütlelerinde 1' e eşittir. Örselenme faktörü, Hoek vd. tarafından hazırlanmış olan tablodan (Tablo 4.4) belirlenmektedir [50].

Mb (Kaya Kütleli Sabiti), tüm GSI değerleri için,

$mb = mi \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right)$ eşitliği aracılığıyla bulunmaktadır.

Eşitlikte mevcut olan, mi (Kaya Malzemesi Sabiti) değerleri ise Hoek vd. tarafından hazırlanmış olan tablodan (Tablo 4.5) belirlenmektedir [57].

Tablo 4.4. Örselenme faktörünün belirlenmesi için klavuz tablo [50].

Kaya Kütlelerinin Görünümü	Kaya Kütlelerini Tanımı	Önerilen D Değeri
	Yüksek kaliteli denetimli patlama veya tünel açma makinasıyla yapılan kazı tüneli çevreleyen kaya kütlelerinde en düşük derecede örselenmeye neden olur.	D=0
	Düşük kaliteli kaya kütlelerinde (patlatma yapılmamış) mekanik olarak veya elle yapılan kazı, tüneli çevreleyen kaya kütlelerinde en düşük derecede örselenmeye neden olur. Sıkışan zemin sorunu önemli derecede taban kabarmasına yol açar ve soldaki fotoğraftaki gibi geçici bir taban betonu dökülmediği takdirde önemli düzeyde örselenme olur.	D=0 D=0.5 Taban betonu yok
	Çok kötü kaliteli patlatma sert kaya tünellerinde çevre kayasının 2-3 m içine nüfuz edecek şekilde şiddetli yerel hasara neden olur.	D=0.8
	İnşaat mühendisliğiyle ilgili şev kazılarında küçük ölçekli patlatma kaya kütlelerinde orta derecede hasara neden olur; özellikle denetimli patlatma yapılırsa kaya kütlelerinin görünümü soldaki fotoğraftaki gibidir. Bununla birlikte, gerilme boşalımı da bir miktar örselenme yaratır.	D=0.7 İyi patlatma D=1.0 Kötü (zayıf) patlatma
	Çok uzun açık işletme şevleri, üretim amaçlı aşırı patlatmadan ve örtü kazısı nedeniyle oluşan gerilmenin azalmasından dolayı önemli düzeyde örselenmeye maruz kalırlar. Daha yumuşak bazı kayalarda kazı işlemi ripperleme ve dozer ile yapılabilir ve bu durumda şevin maruz kalacağı örselenmenin derecesi daha düşük olur.	D=1.0 Üretim patlatması D=0.7 Mekanik kazı

Tablo 4.5. Kaya malzemesi için mi sabiti değerleri [56].

Kaya Türü	Sınıf	Grup	Doku			
			İri	Orta	İnce	Çok İnce
SEDİMANTER	Kırıntılı		Konglomeralar (21±3)	Kumtaşları 17±4	Silttaşları 7±2	Kiltaşları 4±2
			Breşler (19±5)		Grovak (18±3)	Şeyller (6±2)
						Marnlar (7±2)
	Kırıntısız	Karbonatlar	Kristalin Kireçtaşı (12±3)	Sparitik Kireçtaşları (10±2)	Mikritik Kireçtaşları (9±2)	Dolomitler (9±3)
		Evaporitler		Jips 8±2	Anhidrit 12±2	
		Organik				Tebeşir 7±2
METAMORFİK	Foliasyonsuz		Mermer 9±3	Hornfels (19±4)	Kuarsit 20±3	
				Metakumtaşı (19±3)		
	Düşük Foliasyonlu		Migmatit (29±3)	Amfibol 26±6		
Foliasyonlu*		Gnays 28±5	Şistler 12±3	Fillitler (7±3)	Sleytler 7±4	
MAĞMATİK	Plutonik	Açık Renkli	Granit 32±2	Diyorit 25±5		
			Granodiyorit (29±3)			
	Koyu Renkli	Gabro 27±3	Dolerit (16±5)			
		Norit 20±5				
	Hipabisal		Porfiriler (20±5)		Diyabaz (15±5)	Peridotit (25±5)
Volkanik	Lav		Riyolit (20±5)	Dasit (20±3)	Obsidiyen (19±3)	
			Andezit 20±5	Bazalt (20±5)		
	Piroklastik	Aglomera (19±3)	Breş (19±5)	Tüf (19±5)		

* Foliasyona dik yönde kaya malzemesi içindir. Parantez içindeki değerler tahminidir.

4.4. Şev Duraysızlığı

Şev: Düzensiz veya belirli bir geometriye sahip eğimli yüzeydir. Şevler, düzensiz bir geometriye sahip doğal şevler ve belirli bir geometriye sahip yapay şevler olarak iki tiptir [57].

Duraylılık: Herhangi bir cismin yerini ve konumunu koruyabilmesi koşuluna denir [57].

Şev duraysızlığı: Kayan kütlelerin sınırları boyunca gelişen bir makaslama yenilmesine bağlı olarak şevi oluşturan malzemenin aşağı yöndeki hareketidir [57].

Şev duraysızlıkları değerlendirilirken öncelikle arazi gözlemlerinin ve elde edilen verilerin doğru değerlendirilmesi gerekmektedir. Duraysızlık türlerinin her birinin analiz yöntemleri farklıdır. Bu nedenle şev tasarımında doğru modellemeyi ortaya koyabilmek için duraysızlık türü doğru tespit edilmelidir. Varnes'ın şev duraysızlıkları için mühendislik sınıflamasında [58], malzemenin türüne göre altı farklı duraysızlık türü bulunmaktadır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Şev duraysızlıkları için mühendislik sınıflaması [58].

DURAYSIZLIK TÜRÜ			MALZEMENİN TÜRÜ		
			ANAKAYA	TOPRAK ZEMİNLER	
DÜŞME			Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Zemin Düşmesi
DEVİRİLME			Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Zemin Devrilmesi
KAYMA	DÖNEL (DAİRESEL)	Sınırlı Sayıda Birim	Kayada Dairesel Kayma	Moloz Dairesel Kayması	Zemin Dairesel Kayması
	ÖTELENMELİ	Çok Sayıda Birim	Kayada Blok Türü Ötelenme	Molozda Blok Türü Ötelenme	Zeminde Blok Türü Ötelenme
			Kaya Ötelenmesi	Moloz Kayması	Zemin Kayması
YANAL YAYILMA			Kaya Yayılması	Moloz Yayılması	Zemin Yayılması
AKMA			Kaya Akması (Derin Krip)	Moloz Akması	Zemin Akması
			Zeminde Krip		
KARMAŞIK KAYMALAR			Yukarıdaki diğer duraysızlık türlerinden ikisinin yada birkaçının birleşmesi ile gelişen duraysızlıklar		

İnceleme alanındaki şevde kaymanın türü dairesel olup, dairesel kayma türü açıklanmıştır.

Dairesel kayma, ileri derecede eklemli veya ileri derecede ayrılmış kaya kütlelerinde meydana gelmektedir. Kayma mevcut şev topuğundan geçen dairesel bir düzlemde oluşmaktadır (Şekil 6.1). Yenilme sonucu oluşan gerilme çatlakları şev üst yüzeyinde veya aynasında dik konumlu olarak görülmektedir. Bu kayma türünde şevin açıldığı formasyon daha çok homojen yapıdadır.

4.4.1. Şev Duraylılığında Kullanılan Analiz Yöntemleri

Şev duraylılığında kullanılan yöntemler kaymanın şekline göre değişmektedir. Bu yöntemlerden en çok kullanılanlar;

Kinematik Analiz

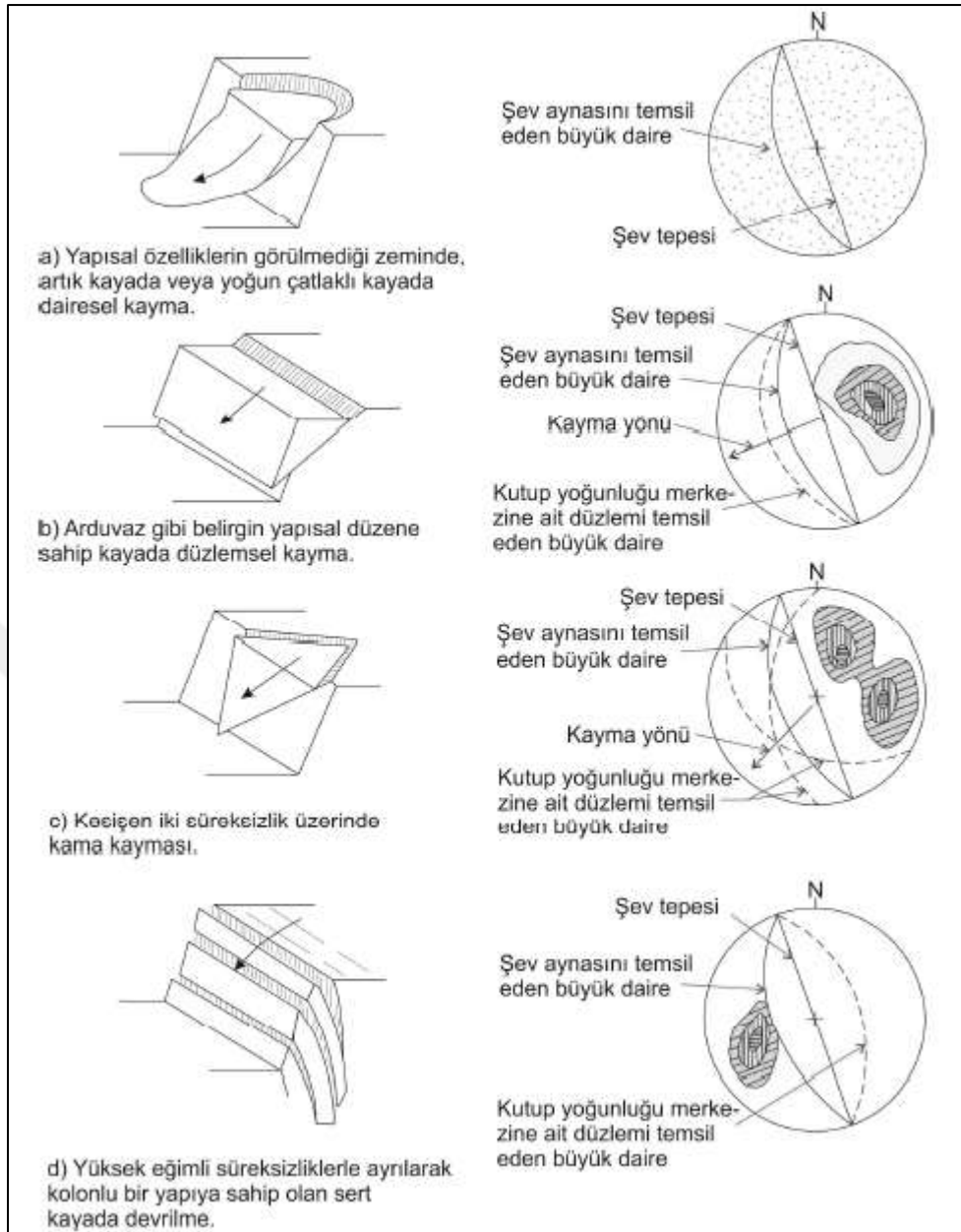
Limit Denge Analizi

Sonlu Elemanlar Analiz Yöntemi

Olasılıksal Yaklaşımlar

4.4.1.1. Kinematik Analiz

Kinematik analiz, kaya şevlerin düzlemsel ve kama tipi kayma ile devrilme türü duraysızlıklarının analizinde kullanılan bir yöntemdir. İlk olarak Hoek ve Bray tarafından ortaya konulan yöntem, süreksizlikler tarafından denetlenen şev duraysızlıklarında kullanılmaktadır [59]. Bu yöntemle; kaya şevleri ve süreksizlik takımlarının yönelimleri (eğim yönü, eğim açısı) ve süreksizlik yüzeylerinin içsel sürtünme açısı (Φ) belirlenerek kayma veya devrilme koşulu bulunarak duraylılık analizleri yapılmaktadır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Kaya şevlerinde gelişen duraysızlık türleri ve bunların stereonette gösterimi [59].

4.4.1.2. Limit Denge Analizi

Limit denge analizi, özellikle kaya ortamlarında meydana gelen şev duraysızlık problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Dairesel kayma türlerinin analizlerinde kullanılan bu yöntemle kayma yüzeyi üzerine etkiyen kuvvetlerin dengesi araştırılır. Yüzeyde dengeyi sağlayacak kayma direnci hesaplanır. Kaymaya neden olan ve karşı koyan elemanlar oranlanarak güvenlik katsayısı belirlenir. Kritik kayma yüzeyi, bu yüzeyler arasında en düşük güvenlik katsayısını veren yüzeydir.

Güvenlik Sayısı= Kaymaya karşı olan kuvvetler/Kaymaya neden olan kuvvetler

Şev Duraylılığında Güvenlik Sayısı 1,1 ile 1,5 değerleri arasında seçilebilmektedir.

Güvenlik Sayısı =1, Limit Denge Koşulu

Güvenlik Sayısı<1, Duraysız

Güvenlik Sayısı>1, Duraylı

Bazı koşullarda limit denge durumunda güvenlik sayıları aşağıda verilmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Limit denge durumlarında güvenlik sayıları [60].

KOŞULLAR	TOPLAM GERİLME ANALİZİ	EFEKTİF GERİLME ANALİZİ	DEPREMLİ
Dolgularda yapım sonu	1.50	-	-
Yarmalar	1.50	1.25	1.00
Barajlarda kararlı sızıntı	1.50	1.25	-
Barajlarda ani göl boşalması	1.50	1.10	-
Laboratuvar doruk değerleri ile analiz	1.50	1.35	1.00
Artık dayanım parametreleriyle analiz	-	1.20	1.00
Uzun vadede duraylılık	-	1.20	-
Yamaç üzerinde yapı olması durumu	1.80	1.50	1.20
Fisürlü kil ortamında	-	1.50	-

Limit denge analizinde farklı yöntemler kullanılmaktadır (Tablo 4.8). Bu yöntemler; güvenlik sayısının belirlenmesinde kullanılan denge denklemine (düşey, yatay kuvvet ya da moment) ve sistemi dengeli hale getirmek için dilimler arası kuvvetlerle ilgili kabullere bağlı olarak adlandırılmaktadır [61].

Tablo 4.8. Genellikle kullanılan limit denge analizi yöntemleri [61].

Yöntem	Kayma Tipi	Denge Şartı
Fellenius (1927)	Dairesel	Moment
Bishop (1955)	Dairesel	Moment
Modifiye Bishop (1955)	Dairesel	Moment
Morgenstern ve Price (1965)	Herhangi	Düşey Kuvvet/Yatay Kuvvet, Moment
Spencer (1967)	Herhangi	Düşey Kuvvet/Yatay Kuvvet, Moment
Bell (1968)	Herhangi	Düşey Kuvvet/Yatay Kuvvet, Moment
Janbu (1973)	Non-Linear	Düşey
Sarma (1976)	Herhangi	Düşey Kuvvet/Yatay Kuvvet, Moment

4.4.1.3. Sonlu Elemanlar Analiz Yöntemi

Sayısal çözümleme analizleri, şev duraysızlıklarını sayısal mühendislik yöntemleriyle inceleyen bir analiz metodudur. Bu yöntemlerde, yenilmenin gerçekleştiği düzlemin altında ve üstündeki kütlede meydana gelen gerilimlerin dağılımı ve deformasyon özellikleri ile duraysızlığı tetikleyen diğer parametreler, uygun sayısal mühendislik yöntemiyle irdelenerek şev duraylılık analizi yapılmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi de, bu analizlerin en sistematik olanlarından biridir. Bu yöntemin en önemli avantajı her türlü yapıya uygulanabilmektedir.

Bu yöntemde, sürekli ortamlardan oluşan sistemler üzerinde sonlu eleman ağı ile hayali düğümler oluşturulur. Düğümlerde denge, süreklilik ve uygunluk şartı ile eleman rijitlik, kütle matrisleri ve yük vektörleri oluşturulur. Kodlama tekniğiyle, mevcut kütle ve rijitlik matrisleri oluşturularak sistem hareket denklemi oluşturulur. Sistem hareket denklemi ise uygun bir yöntemle çözümlenerek deplasmanlar ve yükler hesaplanır [62].

Sonlu elemanlar yönteminde, ağ modelindeki her eleman komşusu olan diğer elemanlara gerçekte sonsuz sayıda nokta ile bağlı olmasına rağmen bu yöntemde sadece düğüm noktaları vasıtası ile bağlıdır. Böylece, deplasmanların uygunluğu sadece bu noktalarda sağlanmış olur [62].

4.4.1.4. Olasılıksal Yaklaşımlar

Bu yöntemle; şev duraysızlığına etkiyen herbir parametreyi temsil eden olasılıksal dağılım aralıklarının şev duraysızlığı üzerine etkisinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Olasılıksal yaklaşımlarda, belirsizlik içeren parametrelere, olasılık fonksiyonu ile bir değer aralığı belirlenerek dağılım aralıkları belirlenmektedir. Girdi parametrelerinin olasılıksal analizleri için kullanılan bazı dağılım türleri; normal, beta, negatif üssel ve üçgen dağılımlarıdır. Bunlardan en çok tercih edileni normal dağılım olmakla beraber, bu yöntemle birden fazla parametrenin olasılıksal dağılımları değerlendirilebilmektedir [63].

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1. Arazi ve Laboratuvar Deneyleri

5.1.1. Toplam Karot Verimliliği (TKV), Sağlam Karot Verimliliği (SKV), Kaya Kalite Göstergesi (RQD) ve Eklem Sıklığı (FF)

Kaya kalitesi ve sondaj verimliliği hakkında yorum yapabilmek için; SK-1, SK-2, SK-3 sondajlarının toplam karot verimliliği (TKV), sağlam karot verimliliği (SKV), kaya kalite göstergesi (RQD) ve eklem sıklığı (FF) değerleri hesaplanmıştır (Tablo 5.2, Tablo 5.3, Tablo 5.4). Boyutları 10cm ve üzeri olan sağlam kaya örneklerinin RQD değerleri, kaya kalitesi sınıflandırma tablosuna[64] (Tablo 5.1) göre değerlendirildiğinde, ‘Zayıf’ olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.1. RQD değerlerine göre kaya kalitesi sınıflandırması [64].

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

Tablo 5.2. SK-1 sondajından TKV, SKV, RQD, FF değerleri.

SK 1 (m)	TKV (%)	SKV (%)	RQD (%)	FF
3-6	66.6	12.3	5.0	3.3
6-9	99.0	19.0	3.3	7.3
9-12	96.3	22.6	4.6	8.6
12-15	98.0	36.6	4.3	9.6
15-18	67.3	31.0	9.0	8.0
18-21	95.3	21.6	9.6	4.6
21-24	99.0	55.6	39.0	7.0
24-27	91.3	39.0	16.6	8.6
27-30	52.3	7.6	-	5.3
30-33	96.0	48.6	13.3	9.6
33-36	94.0	72.3	65.3	2.6
36-39	97.6	73.6	55.6	4.0
39-42	98.3	79.6	61.3	4.3
42-45	98.3	82.6	72.6	3.0
45-48	97.3	79.6	64.3	5.3
48-51	91.3	66.3	58.0	5.3
51-54	40.6	17.0	-	5.6
54-57	38.0	5.0	-	3.6
57-60	46.3	14.3	-	4.0

Tablo 5.3. SK-2 sondajından TKV, SKV, RQD, FF değerleri.

SK 1 (m)	TKV (%)	SKV (%)	RQD (%)	FF
0-3	30.6	2.6	-	1.6
3-6	48.3	10.0	3.6	4.6
6-9	47.6	15.3	-	6.0
9-12	96.6	32.6	1.6	6.3
12-15	60.6	13.6	8.3	4.6
15-18	93.3	36.6	23.6	7.0
18-21	96.3	35.6	12.6	9.0
21-24	71.6	36.6	10.0	9.0
24-27	49.0	22.3	14.0	3.3
27-30	93.3	55.3	38.0	6.6
30-33	95.6	33.0	16.3	8.3
33-36	95.0	41.3	24.6	6.0
36-39	97.3	66.0	39.6	9.6
39-42	92.0	65.0	23.0	10.6
42-45	62.3	36.3	24.0	5.3
45-48	91.6	58.0	37.6	6.3
48-51	95.6	48.3	49.0	5.6
51-54	97.6	33.0	42.0	2.3
54-57	66.3	43.0	31.0	3.0
57-60	96.6	82.3	75.3	3.3

Tablo 5.4. SK-3 sondajından TKV, SKV, RQD, FF değerleri.

SK 1 (m)	TKV (%)	SKV (%)	RQD (%)	FF
3-6	59.6	4.6	-	4.6
6-9	28.6	1.0	-	0.6
9-12	56.0	9.3	4.6	4.6
12-15	35.0	8.3	5.6	2.6
15-18	62.3	26.0	-	6.6
18-21	66.6	10.6	-	5.0
21-24	41.6	4.0	-	5.3
24-27	41.6	14.3	3.3	3.3
27-30	42.6	5.0	-	5.0
30-33	73.6	17.6	8.0	6.3
33-36	20.0	-	-	-
36-39	31.6	20.6	3.6	5.0
39-42	89.0	24.0	17.0	5.6
42-45	50.3	13.3	3.6	6.0
45-48	60.3	27.0	5.0	6.0
48-51	91.0	31.0	14.6	10.0
51-54	69.0	25.0	11.0	7.0
54-57	76.3	21.6	-	7.0
57-60	87.0	31.0	15.0	3.6

5.1.2. Presiyometre Deneyi

Presiyometre deneyi menard tipi yapılmış olup, yapılan deneyler sonucunda zeminin yük-deformasyon parametrelerinden elastisite modülü ve limit basınç değerleri elde edilmiştir (Tablo 5.6, Tablo 5.7, Tablo 5.8). Deney sırasında 1 dakikalık okumalarla çizilen Presiyometre eğrisi, düzeltilmiş basıncın bir fonksiyonu olarak düzeltilmiş hacimsel genişleme verilerinden elde edilmiştir.

Presiyometre deneyinden elde edilen elastisite modülü ortalama değeri 1561.68 kPa olarak belirlenmiş ve şev analizlerinde girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Elastisite modülü ve limit basınç değerlerinin kayaç türleri ile ilişkisi aşağıdaki verilmiştir (Tablo 5.5).

Tablo 5.5. Limit basınç (P_L) ve Elastisite Modülü (E_m) değerleri [65].

Kayaç Türü	E_m (P_L)	PL (kPa)
Çamur, turba	200-1500	20-150
Yumuşak kil	500-3000	50-300
Orta kil	3000-8000	300-800
Sert kil	8000-40000	600-2000
Marn	5000-60000	600-4000
Gevşek siltli kum	500-2000	100-500
Silt	2000-10000	200-1500
Kum ve Çakıl	8000-40000	1200-5000
Sedimanter kumlar	7500-40000	1000-5000
Kireçtaşı	80000-20000000	3000-10000
Yeni dolgu	500-5000	50-300
Eski dolgu	4000-15000	400-1000

Tablo 5.6. SK-1 sondajı 10.50-11.00m arası presiyometre deney sonuçlarına bir örnek.

Müteri Adı Client Name							
Proje Adı Project Name							
Presiyometre Türü Type of Pressuremeter	menard	Sonda Çapı(mm) Diameter of Probe	74	Sıfır Vol. Okumasındaki Hacim (cm ³) Zero Volumeter Reading Corresponds to V ₀	790		
Manometre Yüksekliği(m) Height of Manometer	0.60	Kuyu No Borehole No	sk-2	Deney Tarihi Date of Test	19.01.2017		
Proje No Project Number		Deney Derinliği(m) Test Depth	10.50-11.00	Rapor Tarihi Date of Test Result	20.01.2017		
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Kademeye Artış Increment	Deney Basıncı Volumeter Pressure kg/cm ²	Hacim Ölçer Okuması 1 min. volumeter reading cm ³	Hidrostatik Basıncı Hydrostatic Pressure kg/cm ²	Hacim Düzeltmesi Volume Correction cm ³	Düzeltilmiş Hacim Corrected Volume cm ³	Membran Düzeltmesi Membrane Correction kg/cm ²	Düzeltilmiş Basıncı Corrected Pressure kg/cm ²
0	0.00	10	0.06	0.00	10	0.00	0.06
1	0.50	105	0.56	0.87	104.13	0.38	0.18
2	1.00	195	1.06	2.98	192.02	0.49	0.57
3	2.00	236	2.06	1.98	234	1.02	1.04
4	6.00	239	6.06	10.79	228	1.02	5.04
5	10.00	242	10.06	14.00	228	1.03	9.03
6	14.00	245	14.06	15.60	229	1.03	13.03
7	18.00	248	18.06	16.90	231	1.04	17.02
8	22.00	251	22.06	18.10	233	1.04	21.02
9	26.00	253	26.06	19.10	233.9002075	1.04	25.02
10	30.00	255	30.06	19.50	235.5005493	1.04	29.02
11	35.00	257	35.06	20.00	237	1.05	34.01
12	40.00	259	40.06	20.45	239	1.05	39.01
13	45.00	261	45.06	20.98	240	1.05	44.01
14	50.00	263	50.06	21.30	242	1.05	49.01
13	55.00	266	55.06	21.78	244	1.06	54.00
14	60.00	268	60.06	22.01	246	1.06	59.00
Belirlenen Değerler Assessed Values	Net Limit Basıncı Net Limit Pressure P _L (MPa)	5.7	Limit Basıncı Limit Pressure P _L (MPa)	5.8	Elastisite Modülü Elastic Modulus E _s (MPa)		862.67

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / Corrected Pressuremeter Curve							
P _L (kg/cm ²)	1.04	V _L (cm ³)	228	ΔP (kg/cm ²)	58.0	E _w (n, kg/cm ²)	149.09
P _L (kg/cm ²)	59.00	V _L (cm ³)	246	ΔV (cm ³)	18.0		
E _s (kg/cm ²)	8796.5	Net Limit Basıncı(kg/c)	≥59.00				

Tablo 5.7. SK-2 sondajı 54,00-54,50m arası presiometre deney sonuçlarına bir örnek.

Müşteri Adı Client Name							
Proje Adı Project Name							
Presiyometre Türü Type of Pressurometer	menard	Sonda Çapı(mm) Diameter of Probe	74	Sıfır Vol. Okumasındaki Hacim (cm ³) Zero Volumeter Reading Corresponds to V ₀	790		
Manometre Yüksekliği(m) Height of Manometer	0.60	Kuyu No Borehole No	sk-1	Deney Tarihi Date of Test	19.01.2017		
Proje No Project Number		Deney Derinliği(m) Test Depth	54.00-54.50	Rapor Tarihi Date of Test Result	20.01.2017		
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Kademeye Artış Increment	Deney Basıncı Volumeter Pressure kg/cm ²	Hacim Ölçer Okuması 1 min. volumeter reading cm ³	Hidrostatik Basıncı Hydrostatic Pressure kg/cm ²	Hacim Düzeltmesi Volume Correction cm ³	Düzeltilmiş Hacim Corrected Volume cm ³	Membran Düzeltmesi Membrane Correction kg/cm ²	Düzeltilmiş Basıncı Corrected Pressure kg/cm ²
0	0.00	0	0.06	0.00	0	0.00	0.06
1	0.50	95	0.56	0.00	95	0.38	0.18
2	1.00	214	1.06	0.00	214	0.49	0.57
3	3.00	218	3.06	5.99	212	1.00	2.06
4	6.00	220	6.06	10.79	209	1.00	5.06
5	10.00	222	10.06	14.00	208	1.00	9.06
6	14.00	224	14.06	15.60	208	1.00	13.06
7	18.00	226	18.06	16.90	209	1.01	17.05
8	22.00	228	22.06	18.10	210	1.01	21.05
9	26.00	230	26.06	19.10	210.9002075	1.01	25.05
10	30.00	231	30.06	19.50	211.5005493	1.01	29.05
11	35.00	233	35.06	20.00	213	1.02	34.04
12	40.00	235	40.06	20.45	215	1.02	39.04
13	45.00	236	45.06	20.98	215	1.02	44.04
14	50.00	238	50.06	21.30	217	1.02	49.04
13	55.00	240	55.06	21.78	218	1.03	54.03
14	60.00	242	60.06	22.01	220	1.03	59.03
Belirlenen Değerler Assessed Values	Net Limit Basıncı Net Limit Pressure P _L (MPa)	5.7	Limit Basıncı Limit Pressure P _L (MPa)	5.8	Elastisite Modülü Elastic Modulus E _s (Mpa)		2559.06

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / Corrected Pressuremeter Curve							
P _i (kg/cm ²)	0.58	V _i (cm ³)	214	ΔP (kg/cm ²)	58.5	E _s (P _i , kg/cm ²)	442.05
P _f (kg/cm ²)	59.03	V _f (cm ³)	220	ΔV (cm ³)	6.0		
E _s (kg/cm ²)	26094.2	Net Limit Basıncı(kg/c)	≥59.04				

Tablo 5.8. SK-1, SK-2, SK-3 sondajlarının presiyometre deneyi sonuçları.

	DERİNLİK	NET LİMİT BASINÇ	ELASTİSİTE MODÜLÜ
SK-1	5.00-5.50	2.1	37.37
	10.50-11.00	5.8	682.67
	13.00-13.50	5.7	549.52
	16.50-17.00	5.7	945.77
	29.00-29.50	5.7	1119.06
	43.00-43.50	5.7	394.66
	47.00-47.50	5.7	1094.03
	50.00-50.50	7.2	3226.94
	53.00-53.50	7.2	6385.13
	SK-2	6.00-6.50	5.7
12.00-12.50		6.7	1270.94
15.50-16.00		6.2	3424.98
19.00-19.50		5.7	238.03
34.00-34.50		5.7	601.68
49.00-50.00		5.6	1264.25
54.00-54.50		5.7	2559.06
58.00-58.50		5.7	3049.04
61.50-62.00		5.2	2020.02
SK-3	5.50-6.00	5.3	183.80
	10.50-11.00	5.3	1369.88
	13.50-14.00	5.7	396.28
	17.00-17.50	5.7	1551.29
	30.50-31.00	5.7	2256.09
	48.50-49.00	5.7	522.05
	52.00-52.50	6.2	2711.86
	55.00-55.50	6.2	2375.63

5.1.3. Lugeon Deneyi

Kayaçların geçirimsizliğini belirlemek amacıyla SK-1, SK-2 ve SK-3 kuyularında yapılan Lugeon deneyinde; basınç her metrede, kayacın özelliklerine göre, eşit aralıklarla (1,2,4,6,8,10 kg/cm²) verilerek, dakikada, litre olarak sızan su miktarı ile lugeon geçirimsizlik değerleri elde edilmiştir. SK-1 deney sonuçları kayaçların lugeon geçirimsizlik sınıflaması tablosundan [66] yararlanarak değerlendirilmiştir (Tablo 5.9, Tablo 5.10). Süreksizlikler tarafından denetlenen zayıf ve eklemli kaya kütlelerinde; süreksizliklerin sıklığı, devamlı oluşu ve atmosferik koşullardan etkilenerek şistin bozunması sonucu yüzeyde kayanın geçirimsizliği artmış, bu durum kaymayı tetiklemiştir. Değerlendirmeler sadece SK-1 sondaj kuyusu için yapılmış olup (EK-2), Lugeon geçirimsizlik sınıflaması genel olarak '**Geçirimsiz**' olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.9. Kayaçların Lugeon geçirimsizlik sınıflaması [66].

Lugeon Değeri(1/dak/m)	Geçirimsizlik
<1	Geçirimsiz
1-5	Az geçirimsiz
5-25	Geçirimsiz
>25	Çok geçirimsiz

Tablo 5.10. SK-1 sondajından 0-10 m arası lugeon deney sonuçları.

PROJE ADI		MERSİN-ANAMUR PROJESİ																	
SONDAJ NO		SK 1																	
SONDAJ YERİ		AĞAÇLI TESİSİ KARŞISI						MÜHENDİS											
BAŞLANGIÇ TARİHİ								SONDÖR											
BİTİŞ TARİHİ								VERİYİ HAZIRLAYAN											
KOORDİNAT KOTU	X							KONTROL											
	Y							ONAYLAYAN											
	Z							AÇIKLAMALAR											
DERİNLİĞİ(m)		60 METRE																	
EĞİM/EĞİM YÖNÜ		DİK AÇILI																	
SONDAJ YÖNTEMİ																			
MAKİNA TİPİ																			
YAS DURUMU		DERİNLİĞİ		ÖLÇÜM TARİHİ		SAAT													
DERİNLİK	GÜNLÜK DURUM		MUHAFAZA BORUSU	SONDAJ SUYU	BASINÇSIZ SU TESTİ		BASINÇLI SU TESTİ			SPT			KAYA ÖZELLİKLERİ			JEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA		
	İLERLEME	SU SEVİYESİ			KAYIP (l)	K (cm/sn)	BASINÇ	KAYIP			DARBE SAYISI			KAROT YÜZDESİ	ROD(%)			AYRIŞMA DEREJESİ	ÇATLAK SIKLIĞI
					5 DAKİKADA SU		1. ci 5 DAKİKA	2. ci 5 DAKİKA	TOPLAM(10 DK)	LUGEON	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	SPT N DEĞERİ					
1 m																			
3 m																			
5 m																			
6 m							1	3	2	5									
7 m							2	5	4	9									
							4	9	11	20									
9 m							2	4	3	7									
10 m							1	1	1	2									
GEÇİRİMLİLİK					KAYA KALİTESİ(ROD)					AYRIŞMA DEREJESİ					ÇATLAK SIKLIĞI				
<1 Geçirimsiz					0-25 Çok Zayıf					I Taze Ayrışmamış					<1 Masif				
1-5 Az geçirimli					25-50 Zayıf					II Az Ayrışmış					1-3 Az çatlaklı-kırıkl				
5-10 Orta Geçirimli					50-75 Orta					III Orta Derecede Ayrışmış					3-10 Kırıkl				
10-25 Geçirimli					75-90 İyi					IV Çok Ayrışmış					10-50 Çok çatlaklı-kırıkl				
≥25 Çok geçirimli					90-100 Çok İyi					V Tamamen Ayrışmış					>50 Parçalanmış				

5.1.4. Yoğunluk Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Kayaların fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla farklı metrelerden alınarak yapılan yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçlarına göre şistin birim hacim ağırlığı ortalama değeri 27.11 kN/m³ olarak belirlenmiştir. Yoğunluk ve birim hacim ağırlık deneyi sonuçları aşağıda sunulmuş olup (Tablo 5.11), deney sonuçlarının devamı EK-4' tedir.

Tablo 5.11. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³
N1	7.34-7.49	Kırıldı
N2	9.00-9.09	26.46
N3	9.79-9.91	27.10
N4	11.23-11.33	26.95
N5	11.33-11.43	26.43
N6	11.43-11.56	26.09
N7	12.54-12.65	26.44
N8	13.00-13.16	26.37
N9	15.65-15.77	26.58
N10	17.00-17.07	26.76
N11	18.00-18.44	27.33
N12	19.00-19.11	27.02
N13	21.16-21.31	26.83
N14	21.31-21.79	26.27
N15	22.00-22.13	26.78
N16	22.21-22.36	25.44
N17	22.80-22.95	24.14
N18	23.28-23.40	26.95
N19	23.40-23.57	27.48
N20	26.43-26.51	26.12
N21	26.57-26.68	27.14
N22	27.04-27.12	26.55
N23	30.21-30.31	26.13
N24	31.37-31.46	26.39
N25	32.72-32.84	25.06
N26	34.79-34.92	26.28
N27	35.66-35.76	26.64
N28	35.86-35.95	26.76
N29	36.00-36.11	25.94
N30	36.50-36.63	26.37
N31	36.68-36.80	25.43
N32	36.80-36.92	26.09
N33	37.00-37.13	25.84
N34	37.59-37.70	25.48
N35	37.81-37.93	27.13
N36	40.19-40.29	26.67
N37	40.34-40.45	26.61
N38	41.34-41.47	26.59
N39	41.47-41.56	26.95

Tablo 5.11. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları (devamı).

N40	41.85-41.95	26.94
N41	42.86-43.00	26.48
N42	46.00-46.11	26.32
N43	46.64-46.77	26.50
N44	47.85-47.93	26.23

5.1.5. Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Değerleri

Kayaların fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan ağırlıkça ve hacimce su emme deneyi kayaların ağırlıklarına ve hacimlerine oranla boşluklarının alabileceği su miktarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Ağırlıkça ve hacimce su emme deneyi sonuçları aşağıda sunulmuş olup (Tablo 5.12), deney sonuçlarının devamı EK-5 'tedir.

Tablo 5.12. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı	Ağırlıkça Su Emme Oranı	Hacimce Su Emme Oranı	Hacimce Su Emme Oranı
		Aw (%) 24 Saat	Aw (%) 48 Saat	Hw (%) 24 Saat	Hw (%) 48 Saat
N1	7.34-7.49	0.54	1.02	1.45	2.75
N2	9.00-9.09	0.48	1.06	1.31	2.92
N3	9.79-9.91	0.19	0.85	0.52	2.35
N4	11.23-11.33	0.34	0.68	0.91	1.82
N5	11.33-11.43	0.25	0.55	0.67	1.47
N6	11.43-11.56	0.32	0.58	0.86	1.57
N7	12.54-12.65	0.19	0.33	0.51	0.90
N8	13.00-13.16	0.35	0.80	0.96	2.16
N9	15.65-15.77	0.33	0.67	0.91	1.82
N10	17.00-17.07	0.76	1.18	2.13	3.29
N11	18.00-18.44	0.19	0.54	0.53	1.48
N12	19.00-19.11	0.21	0.55	0.58	1.50
N13	21.16-21.31	0.27	0.68	0.73	1.83
N14	21.31-21.79	0.24	0.53	0.66	1.46
N15	22.00-22.13	0.16	0.45	0.42	1.16
N16	22.21-22.36	0.23	0.79	0.57	1.95
N17	22.80-22.95	0.27	0.89	0.73	2.43
N18	23.28-23.40	0.21	0.46	0.59	1.28
N19	23.40-23.57	0.53	1.05	1.40	2.80
N20	26.43-26.51	0.24	0.83	0.65	2.29
N21	26.57-26.68	0.21	0.53	0.58	1.44
N22	27.04-27.12	0.36	1.09	0.97	2.90
N23	30.21-30.31	0.26	0.73	0.69	1.96
N24	31.37-31.46	0.26	0.51	0.65	1.31
N25	32.72-32.84	0.04	0.25	0.11	0.67
N26	34.79-34.92	0.08	0.16	0.21	0.43

Tablo 5.12. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri (devamı).

N27	35.66-35.76	0.15	0.30	0.41	0.82
N28	35.86-35.95	0.37	0.74	0.98	1.96
N29	36.00-36.11	0.28	0.61	0.75	1.63
N30	36.50-36.63	0.50	1.16	1.31	3.01
N35	37.81-37.93	0.26	0.45	0.71	1.21
N36	40.19-40.29	0.16	0.28	0.43	0.76
N37	40.34-40.45	0.17	0.42	0.46	1.15
N38	41.34-41.47	0.12	0.28	0.33	0.77
N39	41.47-41.56	0.14	0.19	0.39	0.51
N40	41.85-41.95	0.17	0.34	0.46	0.93
N41	42.86-43.00	0.25	0.55	0.67	1.47
N42	46.00-46.11	0.09	0.43	0.23	1.17
N43	46.64-46.77	0.09	0.30	0.23	0.80
N44	47.85-47.93	0.14	0.21	0.38	0.58

5.1.6. Nokta Yükü Dayanım İndeksi Deneyi

ISRM, standartlarına [47] uygun olarak yapılan nokta yükü dayanım indeksi deneyi, tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi için uygun boyutlarda örnek alınamayan noktalarda kayacın dayanımını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Zayıflık düzlemine paralel (çapsal, d//) ve zayıflık düzlemine dik (eksenel, a₁) olarak yapılan deney sonuçları Bieniawski' nin hazırlamış olduğu, kayaların nokta yük dayanım indeksi sınıflandırılmasına [67] (Tablo 5.13) göre değerlendirilmiş olup, '**Düşük Dirençli Kaya Sınıfı**' nda yer aldığı belirlenmiştir. Nokta yükü dayanım indeksi deneyi sonuçları aşağıda sunulmuş olup (Tablo 5.14), deney sonuçlarının devamı EK-6'dadır.

Tablo 5.13. Kayaların nokta yük dayanım indeksine göre sınıflandırılması [67].

Kaya Sınıfı	Nokta Yük Dayanımı (MPa)
Çok düşük dirençli	<1
Düşük dirençli	1-2
Orta dirençli	2-4
Yüksek dirençli	4-8
Çok yüksek dirençli	>8

Tablo 5.14. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Deney Türü	$I_{s(50)}$ (MPa)
N6	11.43-11.56	d//	0.61
N12	19.00-19.11	a⊥	0.47
N16	22.21-22.36	a⊥	0.70
N22	27.04-27.12	d//	1.00
N25	32.72-32.84	a⊥	0.44
N28	35.86-35.95	a⊥	0.86
N29	36.00-36.11	a⊥	0.45
N34	37.59-37.70	d//	1.36
N36	40.19-40.29	a⊥	0.41
N40	41.85-41.95	a⊥	0.73
N41	42.86-43.00	a⊥	0.29
N43	46.64-46.77	d//	3.10
N45	49.08-49.20	a⊥	2.00

5.1.7. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi

Zayıf ve eklemlili şistler üzerinde ISRM standartlarına [46] uygun olarak yapılan deney sonuçları, Deere ve Miller'in yapmış olduğu, kayaların tek eksenli basınç dayanımı sınıflandırılmasına (Tablo 5.15) göre değerlendirilmiştir [68]. Bu değerlendirmede kaya sınıfı 'Düşük Dirençli' olarak belirlenmiştir. Tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları aşağıda sunulmuş olup (Tablo 5.16), deney sonuçlarının devamı EK-7'dedir.

Tablo 5.15 Kayaların tek eksenli basınç dayanımına göre sınıflandırılması [68].

KAYA SINIFI	TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENÇİ
Çok düşük dirençli	<25
Düşük dirençli	25-50
Orta dirençli	50-100
Yüksek dirençli	100-200
Çok yüksek dirençli	>200

5.1.8. Üç Eksenli Sıkışma Deneyi

Üç eksenli sıkışma deneyleri sonucunda kırılmaların ani bir şekilde gerçekleştiği ve kırılma şekillerinin genellikle eksenel olduğu tespit edilmiştir. Üç eksenli sıkışma deney sonuçlarından σ_1 (**Eksenel Gerilim**) ve σ_3 (**Yanal Basınç**) kullanılarak Mohr daireleri çizilmiş ve kayanın makaslama dayanım parametreleri olan kohezyon ve içsel sürtünme açısı belirlenmiştir (Şekil 5.1, EK-9).

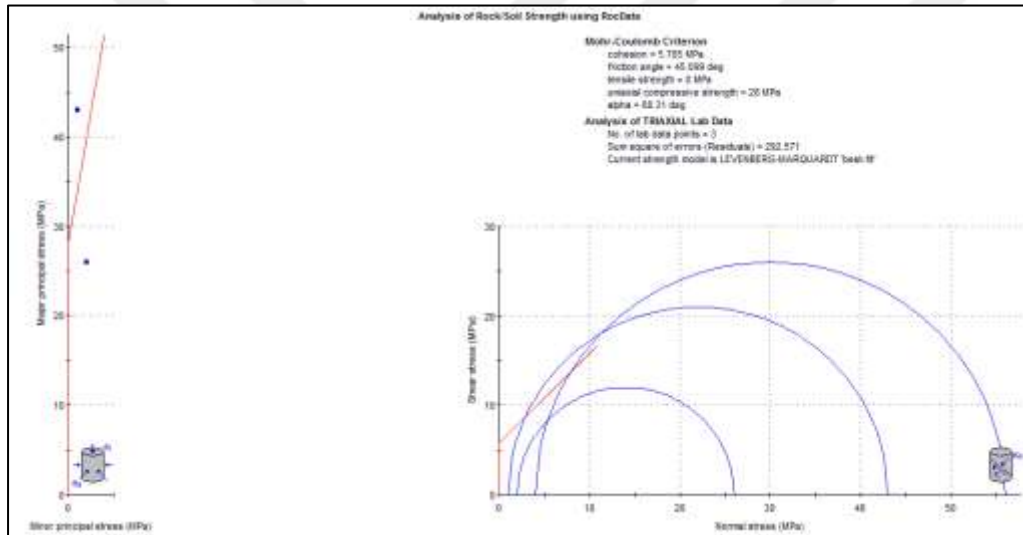
Üç eksenli sıkışma deneyi sonuçları aşağıda sunulmuş olup (Tablo 5.17), açılan 3 sondajdan alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) sonuçları Tablo 5.18’de yer almaktadır. Deney sonuçlarının devamı EK-8’ dedir.

Tablo 5.16. SK-1 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı σ_c (MPa)
T1	25.67-25.78	26.85
T2	31.46-31.58	24.86
T3	34.47-34.73	3.35
T5	35.51-35.66	33.76
T6	36.16-36.34	31.62
T8	37.32-37.49	16.91
T10	38.17-38.29	35.77
T11	38.39-38.64	34.11
T12	39.26-39.39	7.82
T14	40.00-40.19	21.40
T16	41.00-41.13	25.88
T20	42.51-42.71	45.17
T22	43.38-43.62	32.66
T23	44.00-44.23	72.99
T26	45.22-45.51	9.97
T27	45.51-46.23	38.15
T28	46.23-46.45	12.66
T29	46.45-46.64	63.64
T31	47.40-47.53	69.60
T33	48.12-48.22	25.89

Tablo 5.17. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin üç eksenli sıkışma deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Yanal Basınç σ_3 (MPa)	Eksenel Gerilim σ_1 (MPa)
Ü2	14.43-14.54	1	43.87
Ü3	16.74-17.08	2	26.02
Ü6	22.80-22.95	4	56.37
Ü19	40.45-40.53	1	20.20
Ü20	41.60-41.85	2	34.58
Ü21	42.71-42.81	4	103.86
Ü26	46.15-46.23	1	64.39
Ü27	47.53-47.63	2	64.52
Ü28	48.43-48.58	4	78.23
Ü30	48.77-48.87	1	72.00
Ü31	49.20-49.30	2	65.01
Ü32	49.30-49.40	4	90.64



Şekil 5.1. SK-1 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.

Tablo 5.18. SK-1, SK-2 ve SK-3 sondajları için üç eksenli deneylerden elde edilen kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri.

SK-1		SK-2		SK-3	
c (MPa)	ϕ (°)	c (MPa)	ϕ (°)	c (MPa)	ϕ (°)
0.1	68	0.1	60	4.3	66
5.8	45	1.6	51	7.4	51
11.3	48	4.4	56		
13.0	42	8.4	46		
		14.3	36		

5.1.9. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deneyi

Genellikle kayalar üzerinde meydana gelen fiziksel değişimleri ortaya koymak üzere yapılan bu deneyde; kayaların yağış, sıcaklık gibi atmosferik koşullardan ne derece etkilendiği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu koşullar altında zayıf kayalarda aşınma, dağılma, ayrışma, çözünme gibi durumlarla karşılaşmaktadır. Deney esnasında örneklerin birbirine çarparak mekanik parçalanmaların meydana gelmesini önlemek amacıyla örneklerin köşeleri yuvarlaklaştırılmıştır. Deneyler için alınan örnekler belli metrelerden seçilmiş olup, suda dağılmaya karşı duraylılık indeks değerleri; Gamble'ın suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi sınıflamasına [69] (Tablo 5.19) göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucu, yüzeyden derinlere doğru gidildikçe kayaç dayanımının arttığı görülmektedir.

Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deney sonuçları aşağıda sunulmuş olup (Tablo 5.20), deney sonuçlarının devamı EK-9' dadır.

Tablo 5.19. Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi sınıflandırılması [69].

I_{d2} (%)	Dağılma Dayanım Sınıflaması
0-30	Çok düşük
30-60	Düşük
60-85	Orta
85-95	Orta derecede yüksek
95-98	Yüksek
98-100	Çok yüksek

Tablo 5.20. SK-1 sondajından hazırlanan örneklerle suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deney sonuçları.

Örnek No	Örnek Derinliği	I_{d1}	I_{d2}	I_{d3}	I_{d4}
1	0.00-3.00	97.21	95.82	94.75	93.97
2	6.00-8.00	97.32	95.99	95.18	94.84
3	15.65-18.00	98.95	98.26	97.55	96.94
4	27.00-30.00	98.86	98.22	97.55	97.01
5	44.00-46.00	99.41	99.04	98.73	98.51

5.2 Duraylılık Analizleri

Şistlerin zayıf kaya özelliği, bozunma durumu ve bölgenin tektonik geçmişi dikkate alındığında, özellikle yüzeye yakın kesimlerde süreksizlik özellikleri, kinematik analizlerin gerçekleştirilebilmesi için yeterli verinin sağlanmasını engellemektedir. Oldukça kırıklı çatlaklı ve ileri derecede bozunmuş olan şistlerin oluşturduğu şev yüzeyinde süreksizliklere ait yönelimlerin belirlenmesi mümkün olmadığı için, nispeten zayıf-orta kaya niteliğindeki ve söz konusu şeve yakın civardaki kısımlarından süreksizlik yönelimleri (eğim/eğim yönü) ölçülmüş ve kontur diyagramları oluşturulmuştur (Tablo 5.21) ve (Şekil 5.2). Kontur diyagramların oluşturulmasında yönlü alınan karot örnekler üzerinde yapılan eğim/eğim yönü ölçümleri ile arazide ölçülen değerler birlikte kullanılmıştır. Bu şekilde oldukça yoğun bozunma ve sık aralıklı, devamlılığı düşük olan süreksizliklere sahip kaya kütlelerinde rutin kinematik analizler ile belirlenen düzlemsel kayma, kama türü kayma ve devrilme türü duraysızlıkların belirlenmesi mümkün olamamaktadır. Bu tür kaya kütlelerinde meydana gelen yenilmeler kütsel yenilme türünden olup, dairesel yenilme analizleri ile belirlenmektedir. Çalışma alanı için oluşturulan kontur diyagramlar kinematik analizlerde kullanılmak amacıyla oluşturulmamış olup, sadece bölgenin hakim gerilme yönlerini ve ana süreksizlik setlerini yönelimlerini belirlemek amaçlanmıştır.

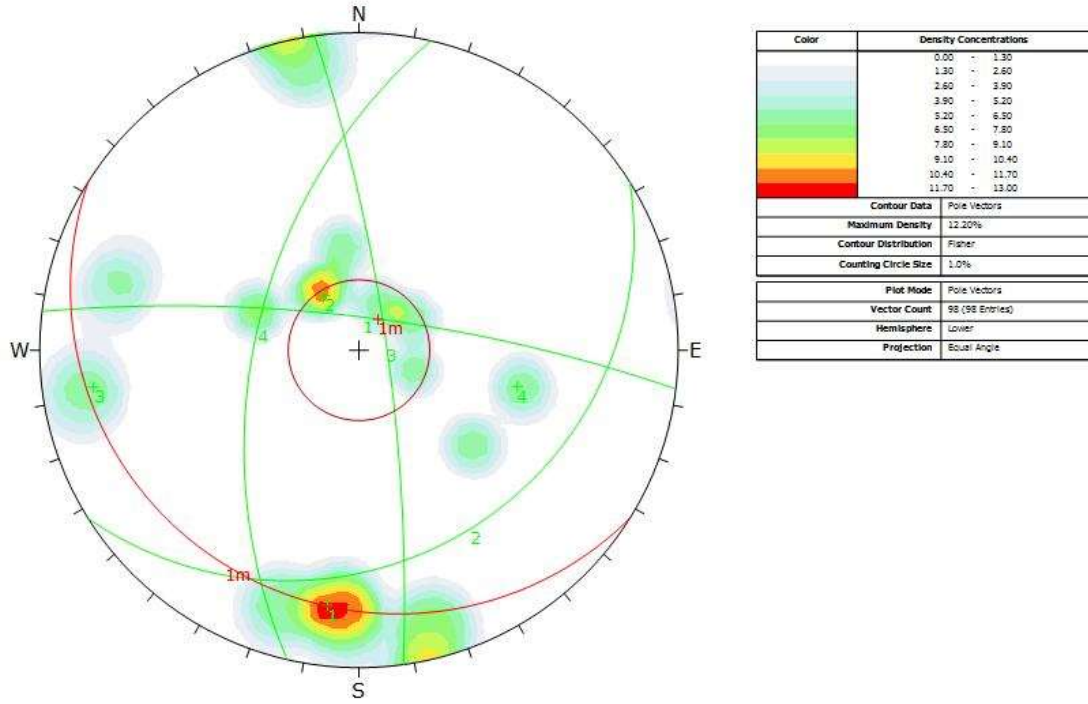


Şekil 5.2. Çalışma alanındaki şevde gözlenen bozunma ve dökülmeler.

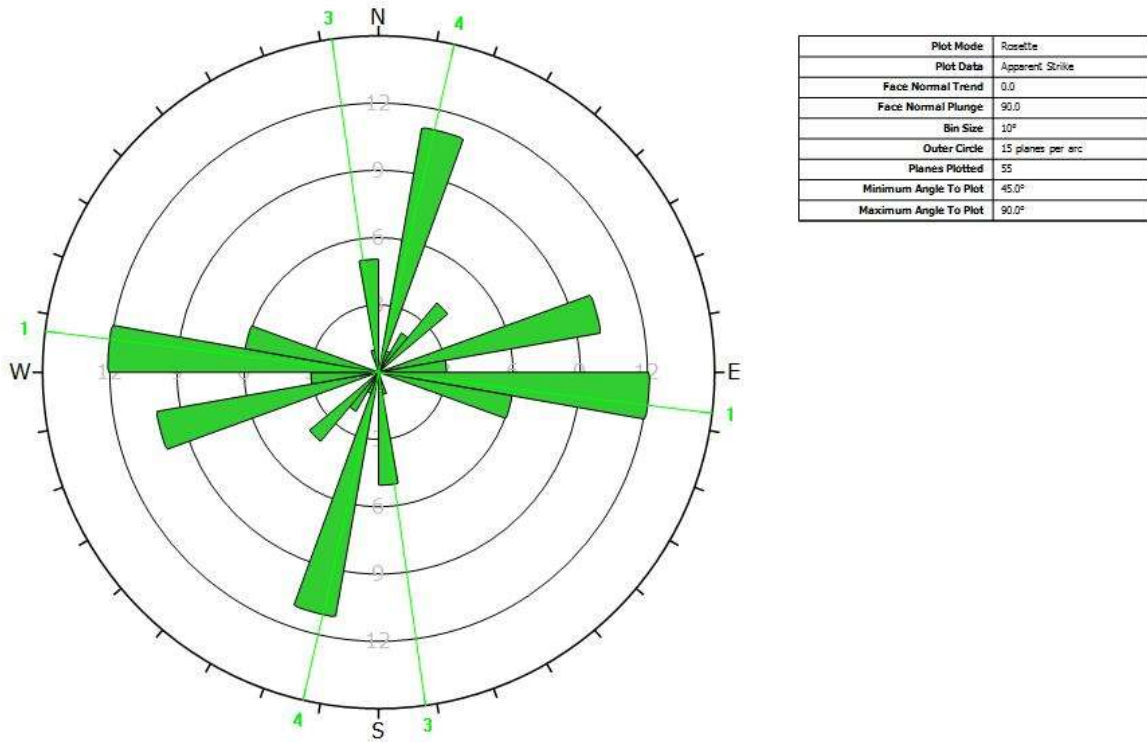
Tablo 5.21. Çalışma alanındaki süreksizliklerin eğim/eğim yönü ölçümleri.

Eğim	Eğim Yönü	Eğim	Eğim Yönü	Eğim	Eğim Yönü
18	205	84	344	82	344
85	170	86	346	81	345
80	17	83	347	50	310
25	140	79	83	51	309
82	78	83	80	49	312
22	240	21	242	52	311
80	3	20	238	47	308
75	112	23	239	55	284
25	155	22	240	56	284
36	171	24	241	57	287
20	290	81	3	54	282
85	345	82	2	55	280
50	310	79	4	76	4
55	282	83	3	75	3
76	4	80	2	78	5
38	110	74	104	75	6
17	204	76	105	76	2
18	203	75	108	38	111
19	202	77	102	37	112
17	206	78	101	35	108
16	207	24	152	39	109
85	171	26	155	40	110
84	168	25	154	38	114
86	169	24	153	81	85
83	172	23	156	82	80
87	167	36	172	83	82
81	15	35	170	23	290
80	16	37	171	19	288
79	18	34	173	22	292
78	17	38	169	85	345
82	19	20	291	24	142
26	141	21	289	25	140
26	141	27	138		

Yapılan süreksizlik yönelim (eğim/eğim yönü) ölçümleri sonucunda, dört ana süreksizlik setinin bulunduğu belirlenmiştir. RocScience, DIPS 7.0 ile değerlendirilen süreksizlik yönelimleri ile süreksizlik setlerinin eğim/eğim yönü değerleri; 78/007, 23/148, 80/082 ve 54/283'dir (Şekil 5.3). Kontur diyagramlarının oluşturulmasında eş alan stereoneti kullanılmış olup, süreksizliklere ait büyük daireler ile şev yönelimleri arasındaki ilişkiler kinematik analizlerin yapılamaması nedeniyle değerlendirmeye alınmamıştır. Araziden elde edilen süreksizlik ölçümleri ile oluşturulan kontur diyagramı ve gül diyagramından anlaşılacağı üzere, ana kuvvet yönleri, KB - GD ve KD - GB doğrultularında gelişmekte ve bu yönlerde yoğunluk sergilemektedir (Şekil 5.4).



Şekil 5.3. Süreksizlik ölçümlerine ait kontur diyagramı.



Şekil 5.4. Süreksizlik ölçümleri ile elde edilen gerilme yönlerini gösteren gül diyagramı.

Mersin-Anamur karayolundaki otoyol şevlerinin büyük bir bölümü şist türü birimler içerisinde yer almaktadır. Bu çalışma söz konusu şevlerden en tipik olanı model şev olarak seçilmiş ve jeoteknik amaçlı sondaj çalışmaları ile parametre tayinlerine yönelik arazi ve laboratuvar deneyleri bu şev üzerinde gerçekleştirilmiştir. Model şev olarak seçilen şev, halihazırda palyelendirilmiş olup 2 / 3 (h/V) kazı şevi oranında, yaklaşık 65.00 metre yüksekliğinde ve 5.00 metre genişliğindeki palyelerden oluşmaktadır. Sipahili Formasyonu içerisinde yer alan ve Yanışlı bölgesinde gözlenen şistler genellikle koyu renkli, üst kısımları kolayca ufalanabilir, sıklıkla az sert -orta sert, zayıf - çok zayıf, ayrışmış - tümüyle ayrışmıştır. Birim içerisindeki süreksizlik yüzeylerinde MnO sıvamaları gözlenmektedir. Söz konusu şev yüzeyinde meydana gelen bozunma ve şist türü kayaçların jeomekanik özelliklerine bağlı olarak oluşan duraysızlıklar, özellikle şev yüzeyi ve yaklaşık 4-5 m'lik bir derinliğe kadar oldukça yoğun bir şekilde gözlenmektedir.

5.2.1. Parametre Seçimi

Sağlam kaya kütlelerinden, ileri derecede eklemli kaya kütlelerine kadar olan çeşitli tipteki kaya geçişlerinde, kaya kütlelerinin davranışları süreksizliklerle birlikte değerlendirilmektedir. Ancak kaya malzemesi ve süreksizliklerin birlikte değerlendirilmesi gereken tasarım projelerinde, özellikle sık eklemli ve süreksizliklerle bölünmüş kaya kütlelerinden, kayacın dayanım özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılması gereken laboratuvar deneyleri için standart örnekleme yapılmasında güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bu amaçla özellikle zayıf ve sık eklemli kaya kütleleri için Hoek-Brown tarafından geliştirilen yenilme ölçütü ile kayaçların dayanım parametreleri belirlenebilmektedir. Hoek-Brown yenilme ölçütünde üç eksenli sıkışma dayanımı deneyinden elde edilen en büyük asal gerilim (σ_1) ve en küçük asal gerilim (σ_3) değerleri kullanılarak kayaca ait sabitler olan m_i (kaya malzemesi sabiti), s (kaya malzemesi sabiti), m_b (kaya malzemesinin m parametresi) ve a üssel ifadesi gibi parametreler elde edilmektedir. Analizlerde bu parametreler girdi parametresi olarak kullanılmaktadır. Kaya kütleleri sabitleri olan m ve s parametreleri, kaya kütleleri sınıf puanı RMR'a bağlı olarak belirlenmesi amacıyla önerilen eşitliklerin, RMR>25 olan kaya kütleleri için geçerli olması, ancak RMR<25 olan zayıf kaya kütleleri için önerilen eşitliğin sonuca gidememesi nedeniyle Hoek vd. tarafından jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) adı verilen bir kavram önerilmiştir [70-71]. GSI günümüzde bir sınıflama sistemi olarak yerini almış ve 85'ten (kaya malzemesi), 10'a (çok düşük kaliteli kaya kütleleri) kadar değişen değerler almaktadır.

Çalışma alanında yüzeylenen şist türü kaya kütlelerinin zayıf kaya özelliği sergilemesi ve çok sık ve küçük aralıklı süreksizliklerle bölünmüş olmasından dolayı, Hoek-Brown yenilme ölçütü dikkate alınarak yapılan analizlerden elde edilen parametreler daha sonraki şev duraylılık analizlerinde girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Bu nedenle, yüzeyden 4 m'lik yoğun bozunma zonuna ait olan bölge ile daha derinlerde yer alan ve nispeten daha iyi kaya kütleleri özelliği sergileyen bölge ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yapılan analizlerde, 4. Bölümde verilen jeoteknik amaçlı sondajlardan elde edilen karot örnekler üzerinde yürütülen deney sonuçları girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Analizler RocScience; Rocdata 5.0 ve Slide 7.0 bilgisayar programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

5.2.1.1. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)

Çalışma alanında yer alan şevin kaya kütleleri özellikleri ve jeoteknik amaçlı yapılan sondaj verileri birlikte değerlendirildiğinde, şevin yaklaşık 5 m. derinliğe kadar olan kısmının oldukça yoğun bozunmaya uğramış olduğu ve şev yüzeyinde dökülme ve yenilmeler şeklinde gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu kısım bozunma zonu olarak tanımlanmıştır. Sipahili formasyonuna ait şist birimlerinin yaklaşık 5 m'lik derinliğe kadar olan kısmı çok bozunmuş kaya kütleleri özelliği gösteren, zayıf süreksizlik yüzeylerine sahip iken, 5 m derinliğin altında kalan kısım ise yer yer kalsit dolgululu ve zayıf-orta kaya kütleleri özelliklerine sahiptir. Bu nedenle yapılacak şev analizlerinde, şevin yaklaşık 5m'lik kısmı ile göreceli olarak daha iyi kaya kütle özelliklerine sahip bölümü ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Tablo 5.22).

Sönmez ve Ulusay tarafından geliştirilen GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) abağına göre [51];

Bozunma zonu için;

Yapısal özellik Puanı (SR)=15

Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR) =5

GSI= 22

Bozunma zonunun altı için;

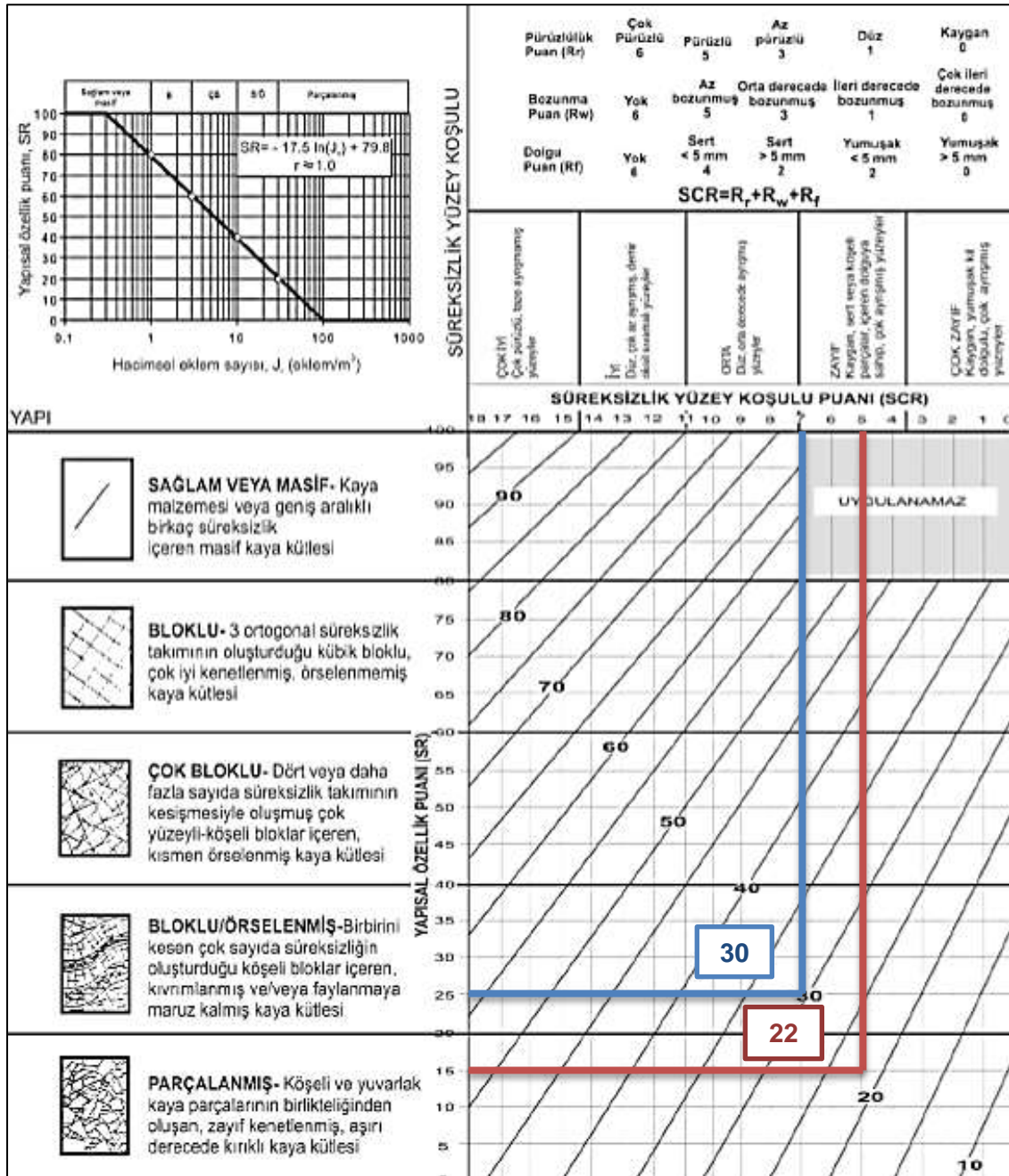
Yapısal özellik Puanı (SR)=25

Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR) = 8

GSI= 30

olarak belirlenmiştir (Tablo 8.2)

Tablo 5.22. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) abağı ile parametrelerin belirlenmesi [51].



*Bozunma zonu kırmızı çizgi ile, bozunma zonundan sonraki kısım mavi çizgi ile gösterilmiştir

5.2.1.2. Kaya Malzeme Sabiti (m_i)

Kaya malzeme sabiti (m_i), kaya malzemesinin üç eksenli sıkışma deneyleri ile belirlenen ve kaya kütlesi içerisindeki blokların kenetlenme ve dayanım derecelerinin göstergesi olan bir kaya sabitidir [72-73]. Laboratuvarda yürütülen üç eksenli deney sonuçları ve Hoek [56] tarafından önerilen tablo (Tablo 4.5) dikkate alınarak; şist birimleri için analizlerde girdi parametresi olarak kullanılan m_i sabiti bozunma zonu için 11 ve bozunma zonunun altı için ise 12 olarak alınmıştır (Tablo 5.23).

Tablo 5.23. Hoek tarafından oluşturulan m_i sabiti çizelgesinde şistler için önerilen değer [56].

METAMORFİK	Foliasyonsuz	Mermer 9±3	Hornfels (19±4)	Kuvarsit 20±3	
			Metakumtaşı (19±3)		
	Düşük Foliasyonlu	Migmatit (29±3)	Amfibol 26±6		
	Foliasyonlu*	Gnays 28±5	Şistler 12±3	Fillitler (7±3)	Sleytler 7±4




5.2.1.3. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (σ_c)

Kaya malzemesinin mevcut gerilim altında kırıldığı/yenildiği gerilim değeri olan tek eksenli sıkışma dayanımı değeri, şev analizlerinde kullanılacak olan normal gerilme-makaslama dayanım grafiği için doğrudan girdi parametresidir. Tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri, standart örnek alınmasının mümkün olmadığı ve bu nedenle laboratuvarda tek eksenli sıkışma dayanımı deneylerinin yapılamadığı yerlerde, yani daha çok şevin üst seviyelerindeki bozunma zonu için nokta yükü dayanım indeksi ($I_{(s50)}$) deneyleri ile belirlenmiştir. Tek eksenli sıkışma dayanım değeri, yüzeyden bozunma zonu için 15 MPa ve bozunma zonunun altı için 30 MPa olarak alınmış ve analizler bu değere göre yapılmıştır.

5.2.1.4. Örselenme Faktörü (D)

Örselenme faktörü, kaya kütlelerinin patlatma yada kazı sırasında meydana gelen gerilmelere maruz kalma durumunu temsil eden bir faktördür. Şev analizleri aşamasında Hoek vd. tarafından önerilmiş olan tablo (Tablo 4.4) kullanılmıştır [50]. Patlatma ve kazı aşamasında beklenen gerilim değişimleri için örselenme faktörü $D=0.7$ olarak alınmıştır (Tablo 5.24).

Tablo 5.24. Şev analizlerinde kullanılan örselenme faktörünün belirlenmesinde kullanılan tablo [50].

Kaya Kütlelerinin Görünümü	Kaya Kütlelerini Tanımı	Önerilen D Değeri
	Çok kötü kaliteli patlatma sert kaya tünellerinde çevre kayasının 2-3 m içine nüfuz edecek şekilde şiddetli yerel hasara neden olur.	$D=0,8$
	İnşaat mühendisliğiyle ilgili şev kazılarında küçük ölçekli patlatma kaya kütlelerinde orta derecede hasara neden olur; özellikle denetimli patlatma yapılırsa kaya kütlelerinin görünümü soldaki fotoğraftaki gibidir. Bununla birlikte, gerilme boşalımı da bir miktar örselenme yaratır.	$D=0,7$ İyi patlatma $D=1,0$ Kötü (zayıf) patlatma
	Çok uzun açık işletme şevleri, üretim amaçlı aşırı patlatmadan ve örtü kazısı nedeniyle oluşan gerilmenin azalmasından dolayı önemli düzeyde örselenmeye maruz kalırlar. Daha yumuşak bazı kayalarda kazı işlemi ripperleme ve dozer ile yapılabilir ve bu durumda şevin maruz kalacağı örselenmenin derecesi daha düşük olur.	$D=1,0$ Üretim patlatması $D=0,7$ Mekanik kazı

5.2.1.5. Birim Hacim Ağırlık (γ)

Laboratuvarda karot örnekler üzerinde yürütülen deneyler ile belirlenen birim hacim ağırlık değerleri 21.4 kN/m^3 ile 27.5 kN/m^3 arasında değişmektedir. Yapılan şev analizlerinde, birim hacim ağırlık değeri bu sonuçlar dikkate alınarak seçilmiştir.

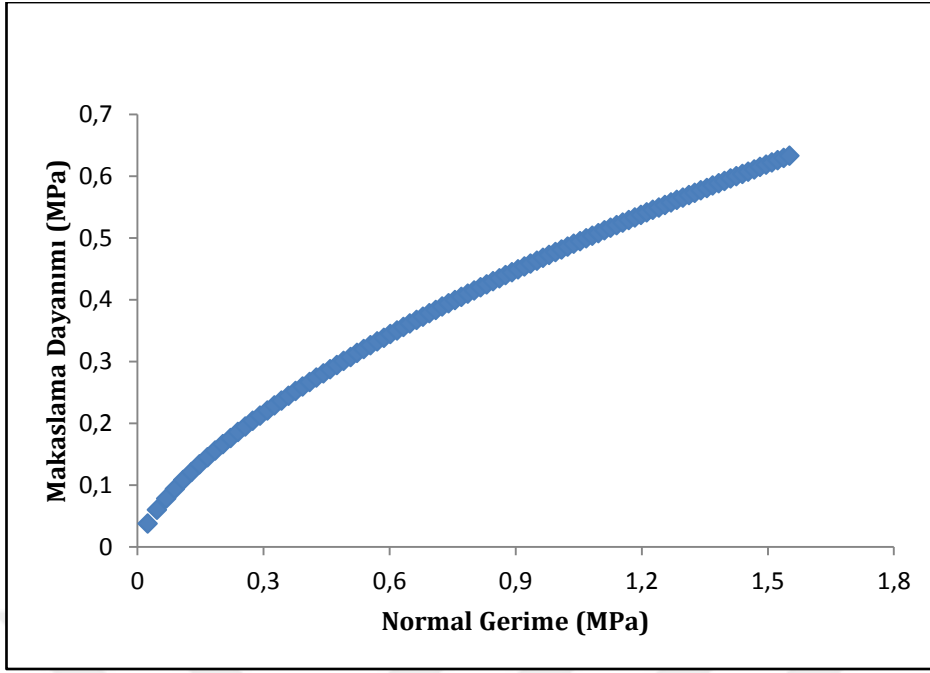
5.2.1.6. Elastisite Modülü (E_m)

Şev analizleri için önemli girdi parametrelerinden biri de kaya kütlelerinin elastisite modülü değeridir. Jeoteknik amaçlı yapılan sondajlarda, sondaj kuyusu içerisinde yapılan presiyometre deneyleri ile belirlenen elastisite modülü değerleri, deneylerin yapıldığı derinliklere göre değişim göstermektedir ve yapılan analizlerde bozunmaya uğramış kısım için ve göreceli olarak daha sağlam kaya kütle özelliklerine sahip kısım için elde edilen değerler ayrı ayrı kullanılmıştır.

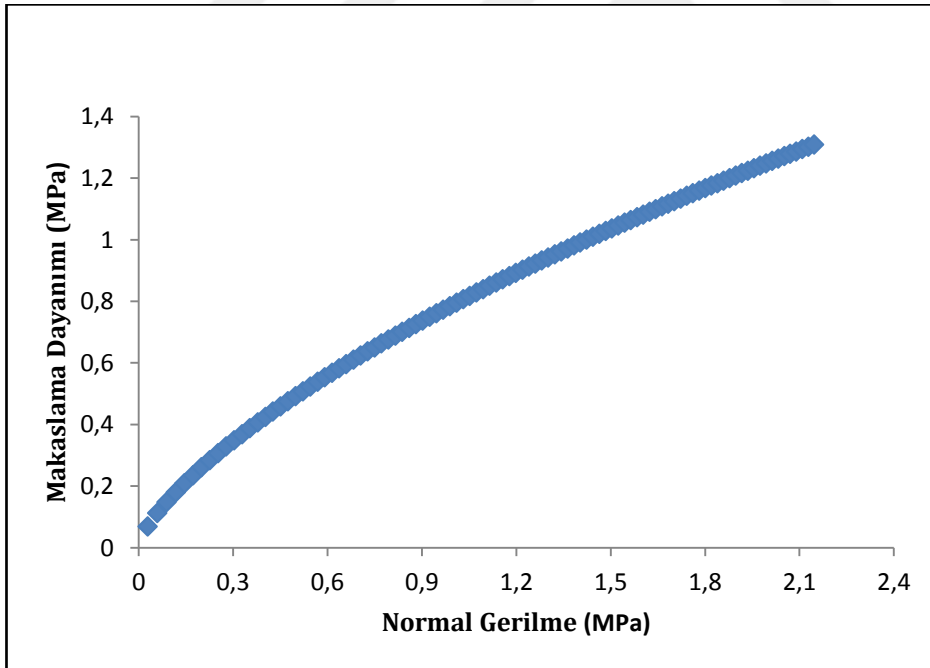
5.2.2. Şev Analizleri

Şev analizleri için limit denge koşullarının belirlenebilmesi için ferahlama zonu ve bunun altında kalan bölge için ayrı ayrı normal gerilme-makaslama dayanım grafikleri oluşturulmuştur. Söz konusu grafiklerin oluşturulmasında RocScience, Rocdata 5.0 bilgisayar programı kullanılmış olup, aşağıda verilmiş olan girdi parametreleri dikkate alınmıştır (Şekil 5.5, Şekil 5.6). Şev analizlerinde normal gerilme-makaslama dayanım grafiklerinden elde edilen parametreler kullanılmıştır.

<u>Bozunma zonu için</u>	<u>Bozunma zonundan sonraki kısım için</u>
GSI = 22	GSI = 30
$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$
$\sigma_c = 15 \text{ MPa}$	$\sigma_c = 30 \text{ MPa}$
$E_m = 820 \text{ MPa}$	$E_m = 2670 \text{ MPa}$
$m_i = 11$	$m_i = 12$
$D = 0.7$	$D = 0.7$



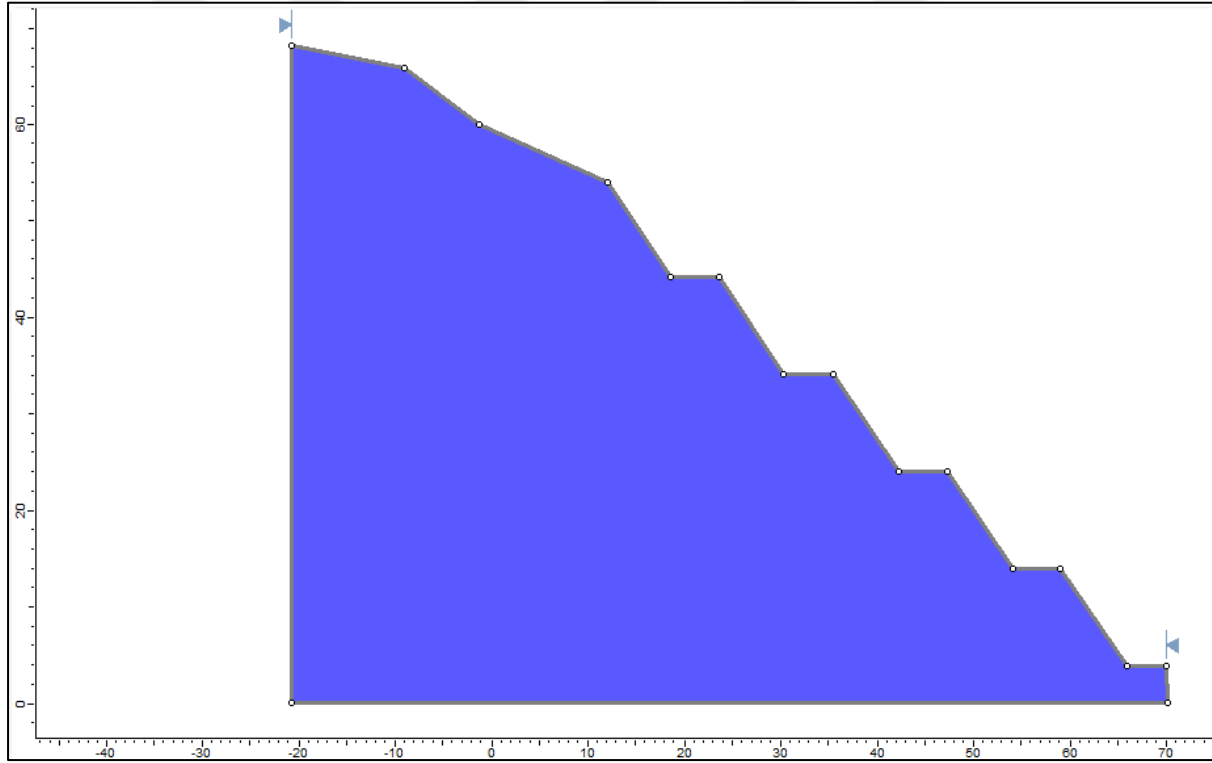
Şekil 5.5. Bozunma zonu için normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği.



Şekil 5.6. Bozunma zonundan sonraki kısım için normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği.

5.2.2.1. Geriye Dönük Analizler

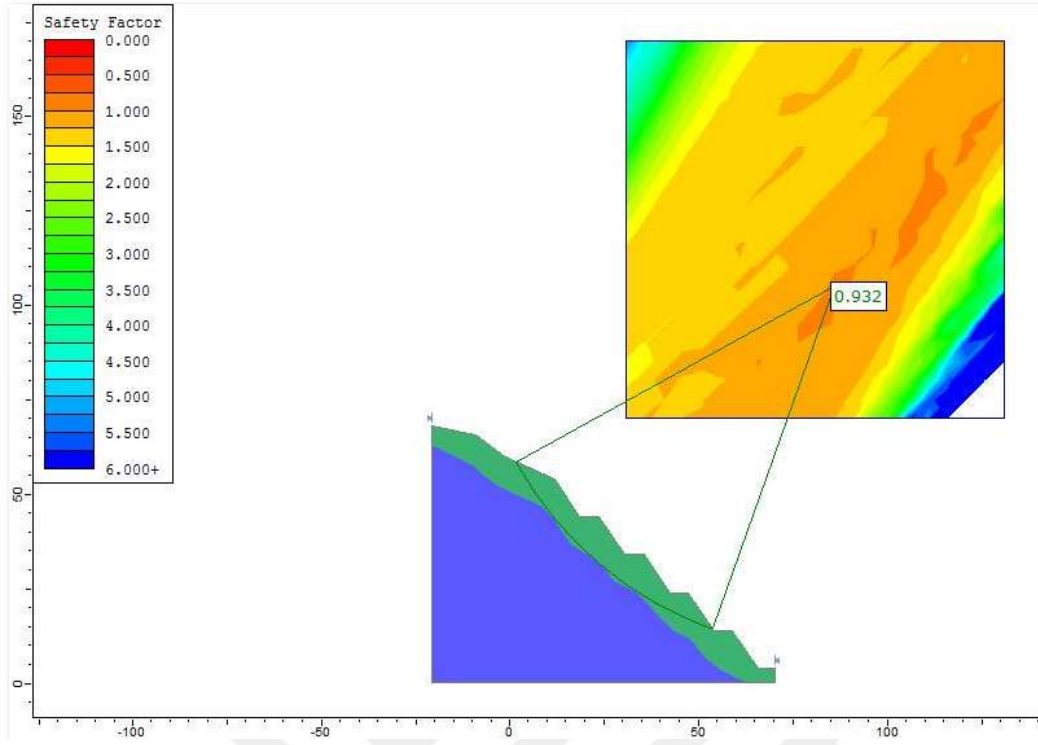
Şev duraylılık analizlerinde güvenlik katsayısı (F) değeri, şevin duraylı ya da duraysız olma koşullarının bir fonksiyonudur. Güvenlik katsayısı değerinin 1'e eşit olması (F=1) durumu, şevin limit denge koşulunda olduğunu göstermektedir [72-73]. Çalışma alanındaki şevin geometrisi (Şekil 5.7) ve yaklaşık kayma düzlemi saha çalışmaları sırasında belirlenmiş olup, söz konusu şev için gerçekleştirilen geriye dönük analizlerde güvenlik katsayısı, F=1 limit denge durumu için analizler yapılmıştır (Şekil 5.8, Şekil 5.19). Geriye dönük analizlerde, limit denge koşulunu sağlayan kohezyon (c) değerleri seçildikten sonra, kayma geometrisine uygun ve F=1 koşulunu sağlayan içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri elde edilmiştir (Tablo 5.25). Geri analizler sonucu elde edilen kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri grafik haline getirilmiştir (Şekil 5.20).



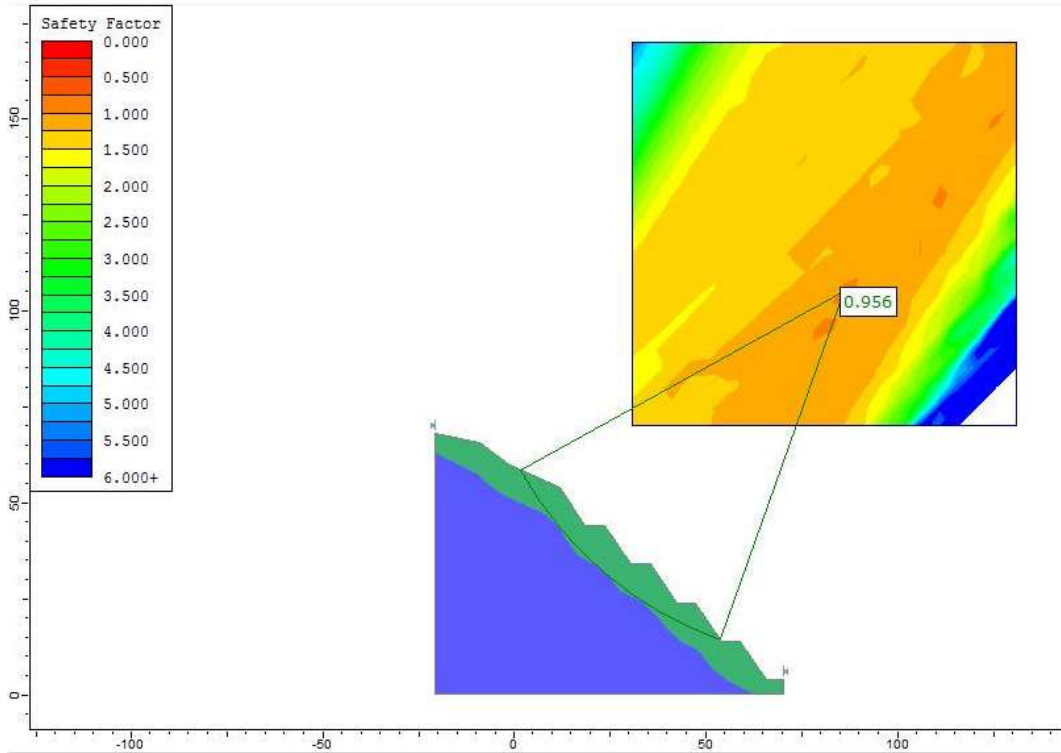
Şekil 5.7. Çalışma alanındaki mevcut şevin geometrisi.

Tablo 5.25. Geriye dönük analizlerde, limit denge koşulunu sağlayan kohezyon (c), içsel sürtünme açısı (ϕ) ve güvenlik katsayısı (F) değerleri.

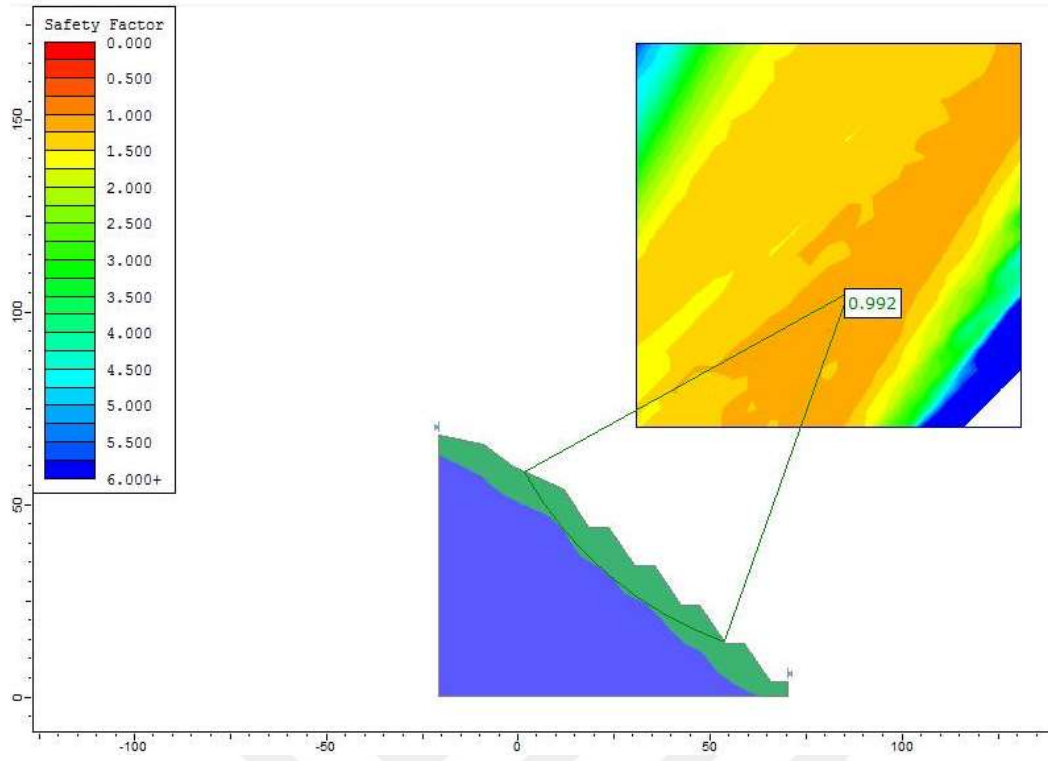
Kohezyon (C)	İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	Güvenlik Katsayısı (F)
25	12	0.5
50	12	0.87
75	12	1.172
75	20	1.367
55	12	0.932
57	12	0.956
60	12	0.992
61	12	1.003
62	12	1.015
50	16	0.963
52	16	0.992
53	16	1.003
70	10	1.065
72	10	1.089
68	10	1.041
65	10	1.005



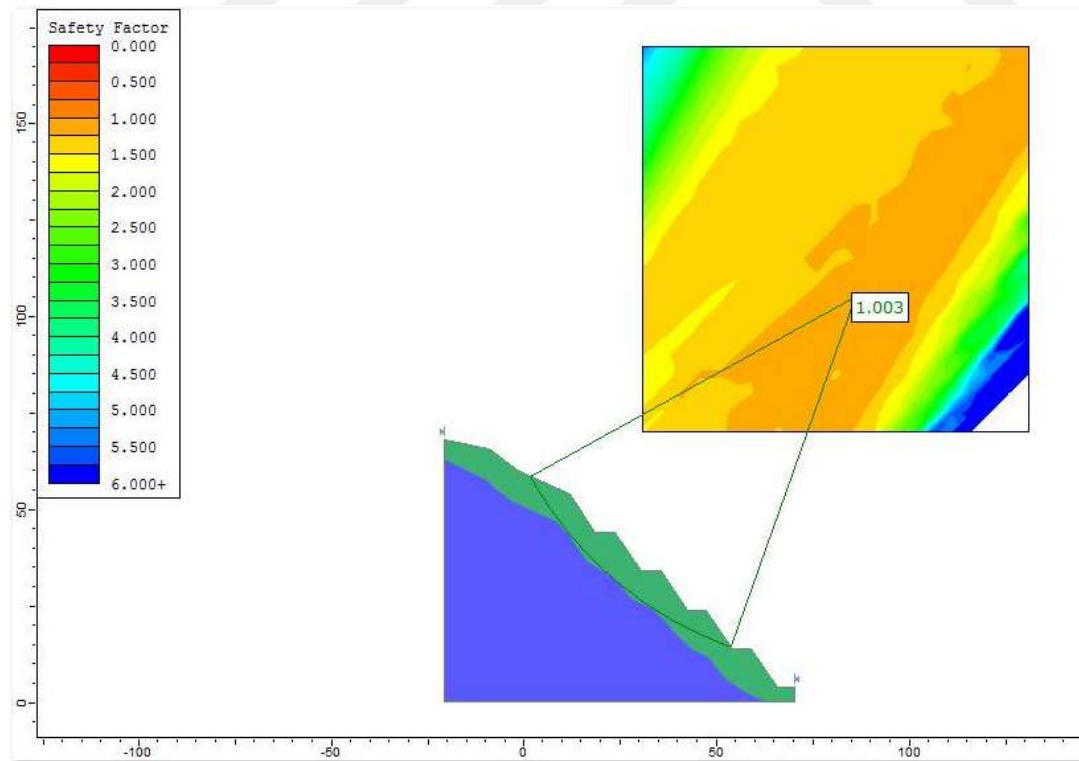
Şekil 5.8. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=0.932).



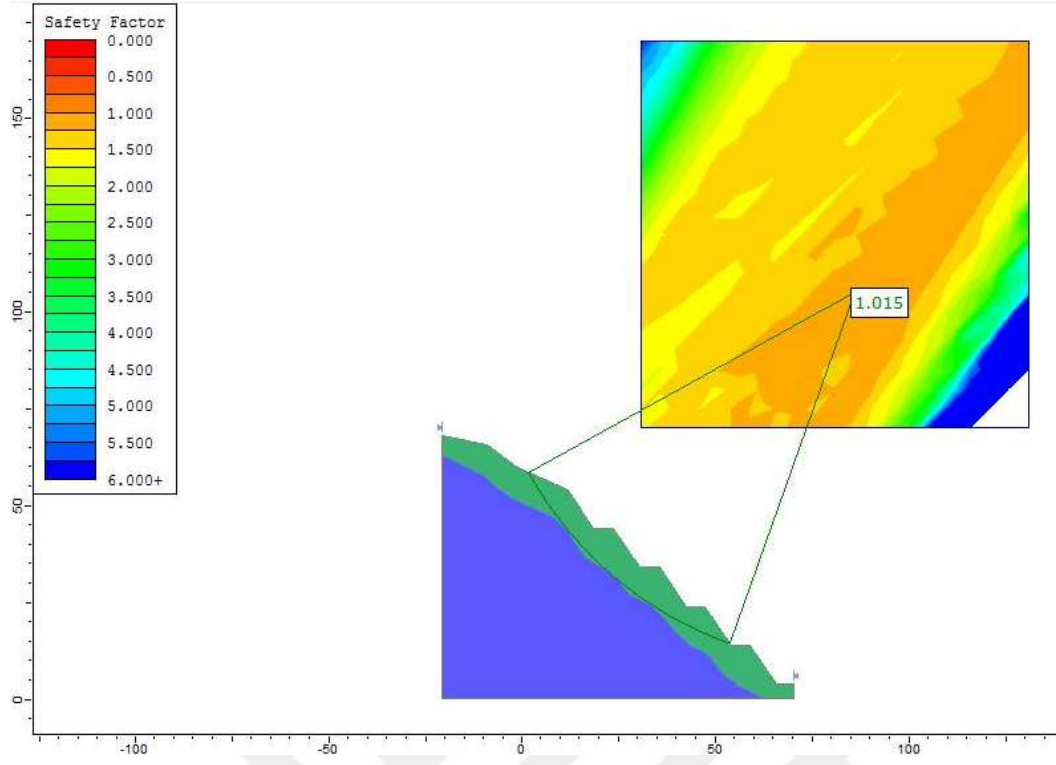
Şekil 5.9. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=0.956).



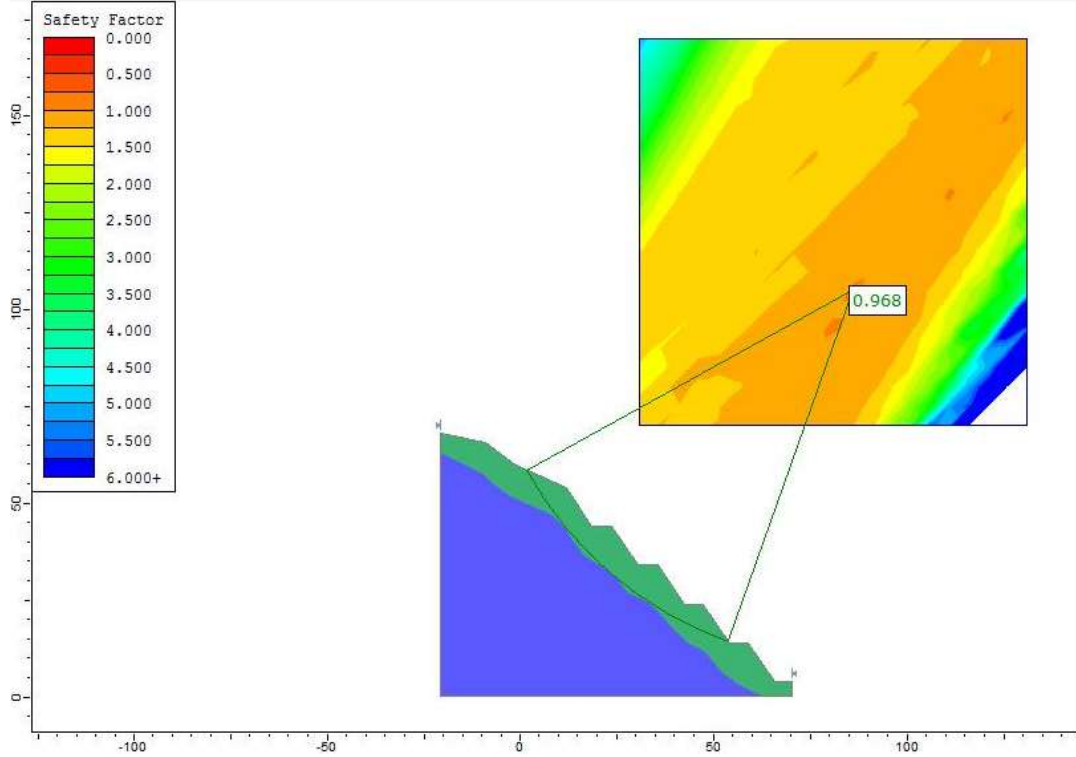
Şekil 5.10. Şev için $F=1$ limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek ($F=0.992$).



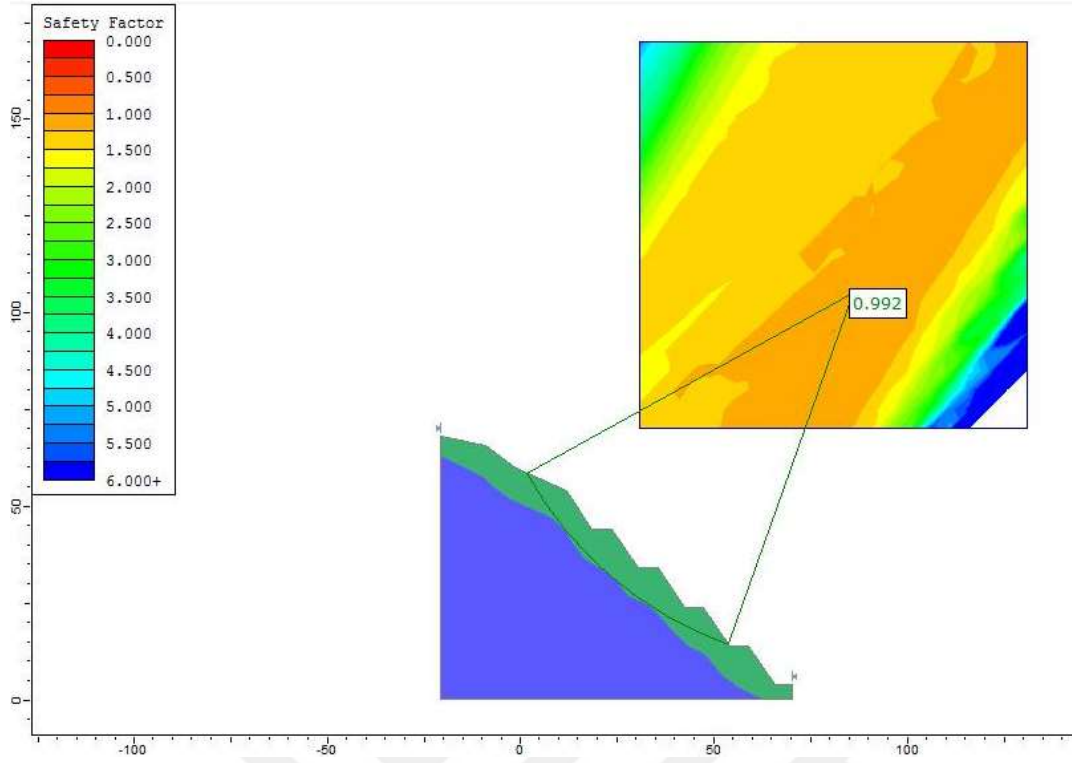
Şekil 5.11. Şev için $F=1$ limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek ($F=1.003$).



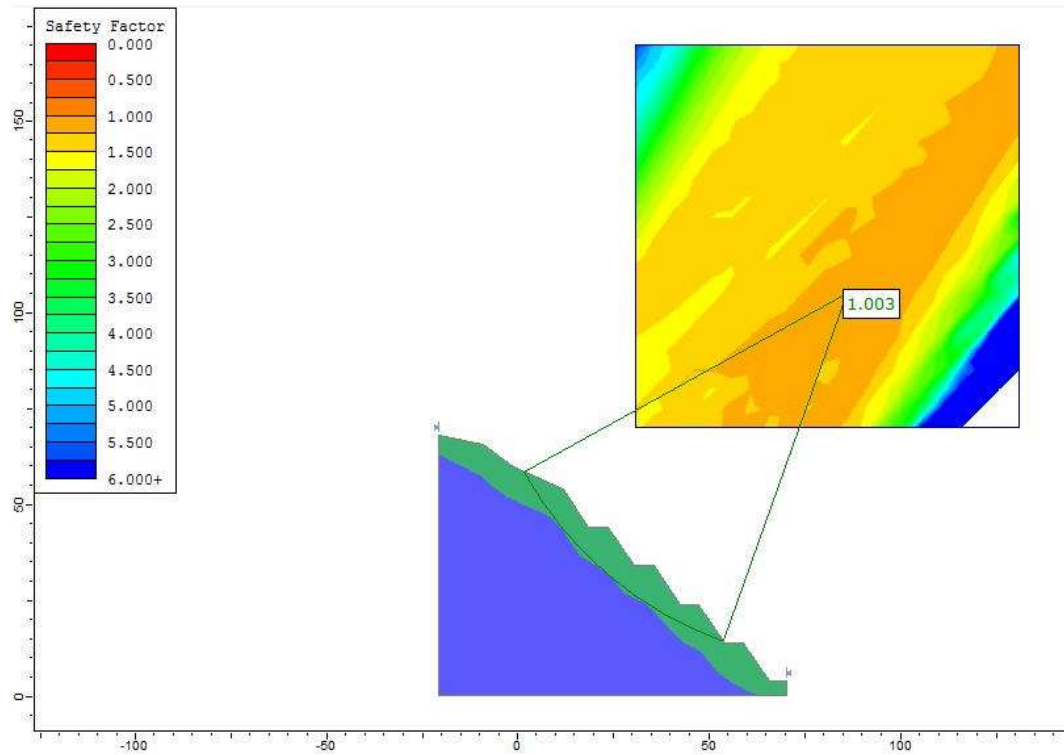
Şekil 5.12. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.015).



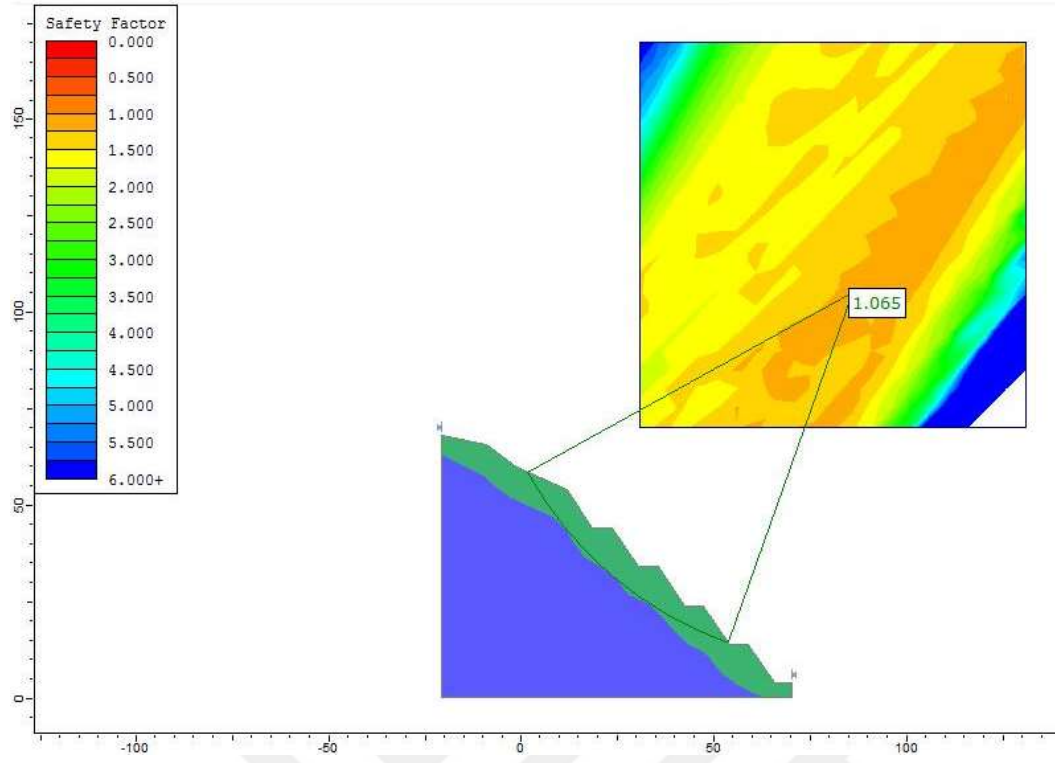
Şekil 5.13. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=0.968).



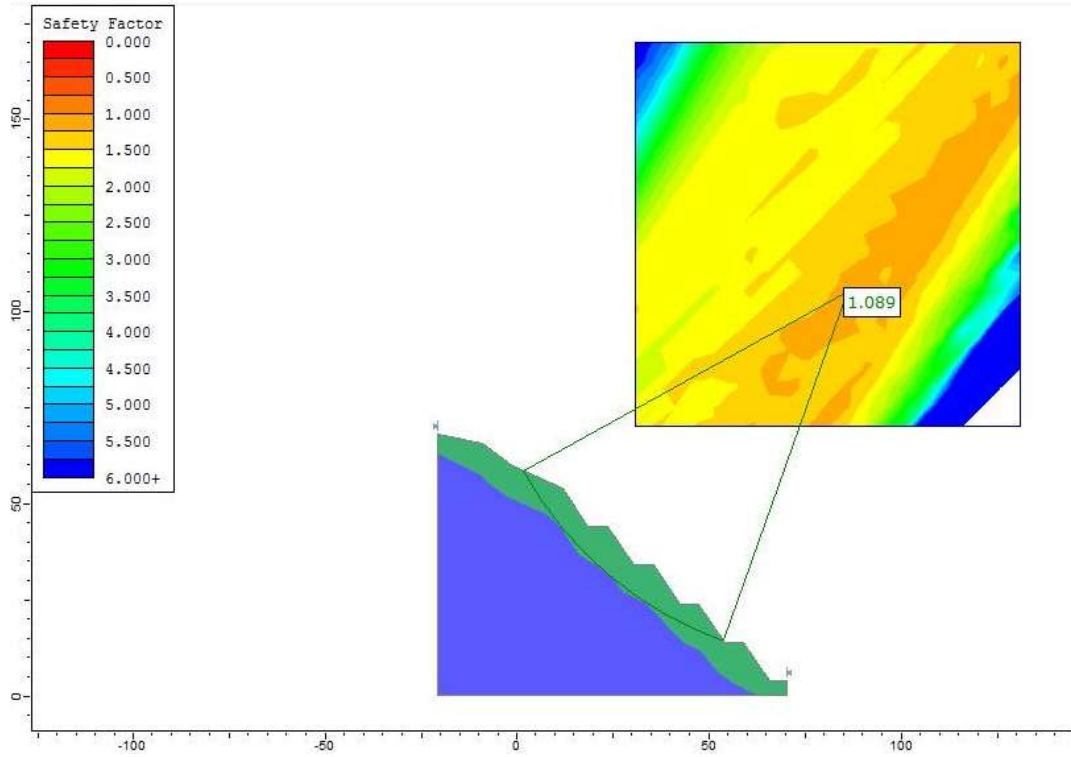
Şekil 5.14. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=0.992).



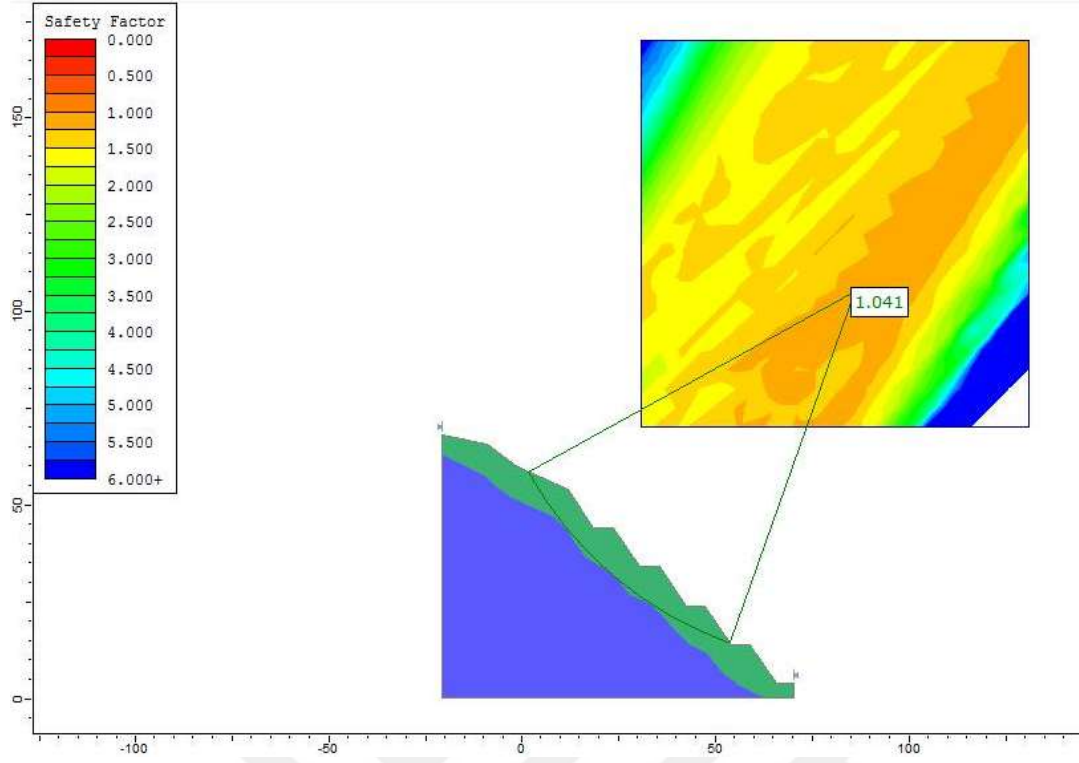
Şekil 5.15. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.003).



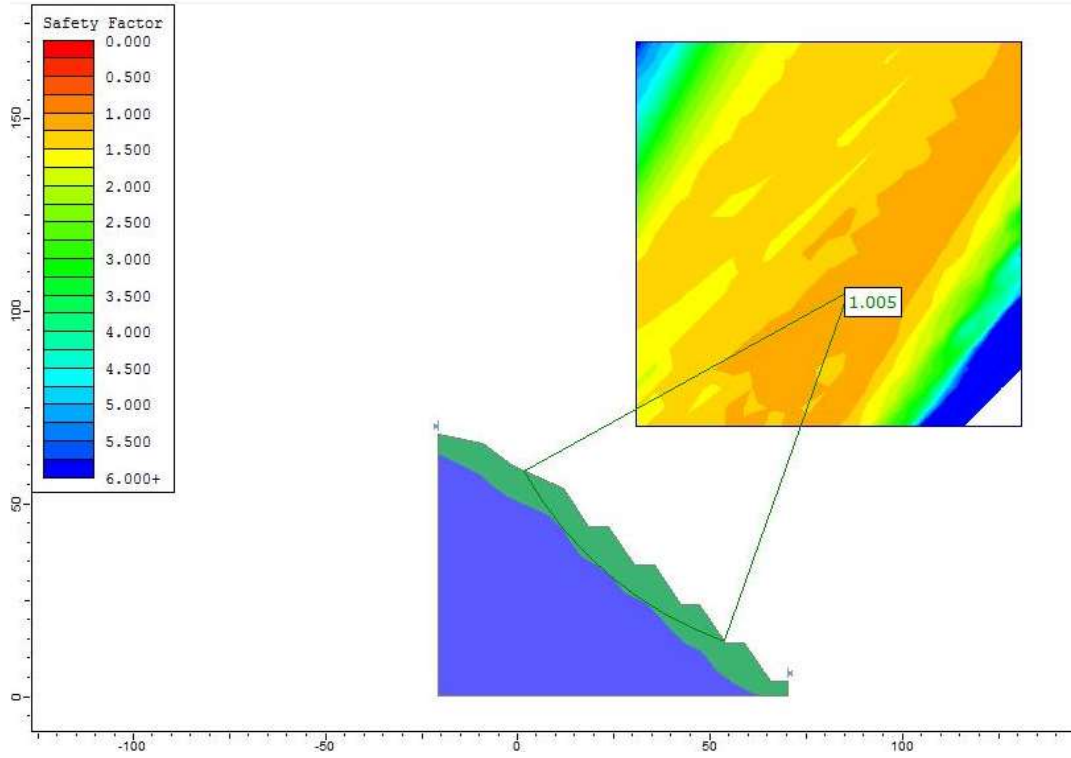
Şekil 5.16. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.065).



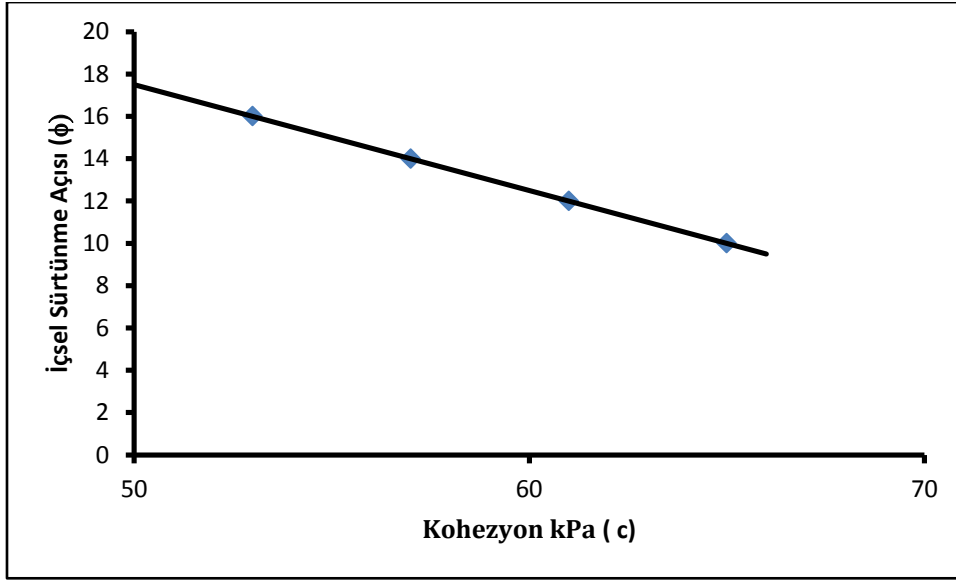
Şekil 5.17. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.089).



Şekil 5.18. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.041).

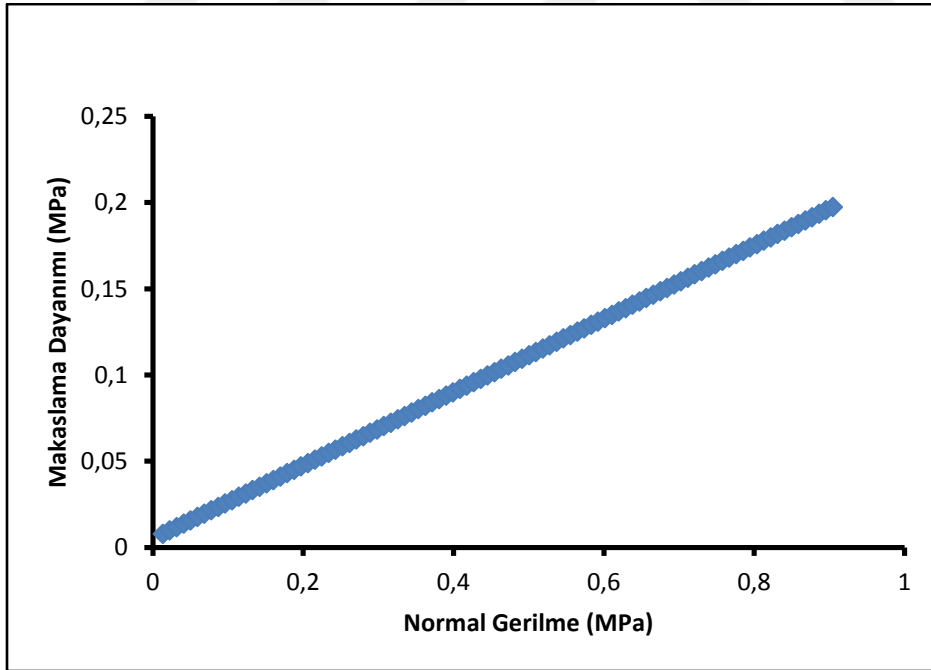


Şekil 5.19. Şev için limit denge koşulunu sağlayan geriye dönük analiz sonucuna bir örnek (F=1.005).



Şekil 5.20. Geriye dönük analiz sonuçları ile elde edilen $F = 1$ koşulunu sağlayan içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri.

Limit denge koşulu $F=1$ 'i sağlayan geri analiz sonuçlarına göre elde edilen normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 5.21).



Şekil 5.21. Geriye dönük analiz sonuçlarından elde edilen normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği.

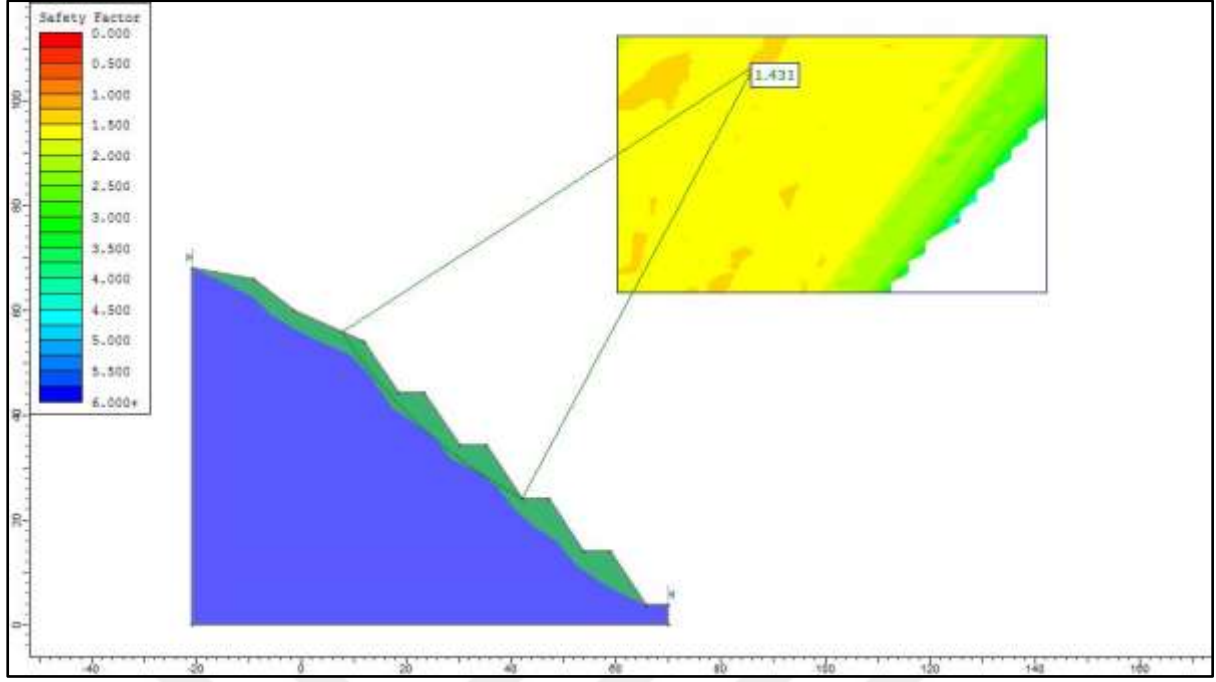
5.2.3.1. Mevcut Şevdeki Duraylılık Analizleri

Şev duraylılık analizleri gerçekleştirilen ve çok zayıf-zayıf kaya niteliğindeki şistler içerisinde açılan çalışma kapsamındaki şevde imalatından sonra duraysızlık problemleri yaşanmıştır. Söz konusu şev yaklaşık 65 m yüksekliğinde olup $2/3$ (h/V)şev açısı ile 4 palye olarak imal edilmiştir. Analizlerde kullanılan jeoteknik parametreler, şev zerinde açılmış olan 60 m'lik dik ve 69 m'lik iki adet sondajdan alınan karot örnekler üzerinde gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilmiştir. Gerçekleştirilen analizlerde, güvenlik katsayısının en düşük olduğu yenilme dairesi esas alınmıştır. Analizler sırasında, bölgeye ait en büyük yer ivmesi değeri, tehlikeli deprem bölgesi dışında kaldığı için dikkate alınmamıştır.

Karayolu şevlerinde en düşük güvenlik katsayısının $F > 1.5$ olarak tasarlandığı dikkate alınarak, şevin duraylılığı için yapılan öngörü de bu güvenlik katsayısına göre yorumlanmıştır.

Şev analizleri dairesel kayma modelinin yanı sıra birleşik kayma modeli de kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, en kritik kayma dairesi ile belirlenen güvenlik katsayısı değeri dikkate alınmıştır.

Mevcut şevde yapılan duraylılık analizleri sonucu elde edilen en kritik yenilme dairesi için güvenlik katsayısı $F = 1.43$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.22). Bu değer karayolu şevleri için öngörülen değerin altında kalmaktadır ve şevin kritik bir konumda olduğunu göstermektedir. Yaklaşık 5 m'lik derinlikte belirlenen bozunma zonunun varlığı zayıf kaya niteliğindeki şistlerin jeomekanik özelliklerini değiştirmiş ve özellikle bu kısımda kayanın makaslama dayanımına etki eden parametreleri üzerinde olumsuz bir etkide bulunmuştur. Bu da şev üzerinde kopmalara ve tüm şev yüzeyinde olmasa bile belli bir bölümünde kütleli yenilmelere neden olmuştur. Yenilme dairesi bozunma zonu içerisinde kalan çok zayıf kaya niteliğindeki ve bozunmanın en yoğun gözlemlendiği kısım içerisinde kalmaktadır. Yapılan şev analizlerinde, kritik yenilme dairesinin, bozunma zonu altında kalan derinliklerde yer alan ve göreceli olarak daha iyi kaya olarak nitelendirilebilecek şist içerisine ulaşmadığı, bu kısımda güncel olarak herhangi bir duraysızlık probleminin yaşanmadığı belirlenmiştir.



Şekil 5.22. Duraylılık analizleri sonunda elde edilen en kritik yenilme dairesi ve güvenlik katsayısı.

Bu tez kapsamında duraysızlık problemi yaşanan mevcut şev için iyileştirme çalışmaları yer almamakla birlikte, bu problemlerin ulaşım ağı kalitesini düşürdüğü ve insan hayatını tehlikeye soktuğu oldukça açıktır. Bu durum iyileştirme çalışmalarının yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu amaçla; şev geometrisine uygun yeni bir şev tasarımı yapılabilir. Buna ek olarak, maliyetler de göz önünde bulundurularak uygun destek sistemleri ile iyileştirmeler yapılabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mersin-Anamur D400 karayolu 143+000-143+260 kilometreleri arasındaki yol yarmasında meydana gelen şev duraysızlık problemlerinin araştırıldığı bu Yüksek Lisans tez çalışmasında aşağıda yer alan sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışma kapsamında, bölgenin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini belirlemek ve şev tasarımına yönelik girdi parametrelerini elde etmek amacıyla şev üzerinde üç adet sondaj yapılmıştır. Açılan sondaj kuyularında presiyometre ve lugeon deneyleri yapılmış ve deneylerin yapılacağı seviyeler, dik sondaj kuyusundan elde edilen karotlar üzerinden belirlenmiştir. Presiyometre deneyinden elde edilen elastisite modülü ortalama değeri 1561.68 kPa olarak belirlenmiş ve şev analizlerinde girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Sondajlardan elde edilen karotlar üzerinde kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Deneyler ISRM (1981) standartlarına uygun olarak yapılmış olup, deneylerin özellikle litolojinin ve yapısal değişimlerin olduğu yerlerde yapılmasına dikkat edilmiştir.

Deney sonuçları arazi gözlemleri ile birlikte değerlendirildiğinde mevcut şevin Sipahili formasyonuna ait şist ve klorit-şist birimlerinden oluştuğu yer yer kalsit dolguların görüldüğü ve genel olarak düşük dirençli kaya sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Yüzeğe yakın kısımlarda yağış, sıcaklık gibi atmosferik koşulların; aşınma, dağılma, ayrışma, çözünme gibi değişimlere neden olduğu ve şev duraysızlığını tetiklediği tespit edilmiştir.

Laboratuvar deney sonuçları için ortalama değerler;

Yoğunluk-birim hacim ağırlık deneyi ortalama değeri, 27.11 kN/m³,

Ağırlıkça ve hacimce su emme deneyi ortalama değerleri sırasıyla, Aw % (24 sa), 0.43 ve Hw % (24sa), 0.73,

Nokta Yükü Dayanım İndeksi Deneyi, Is(50) ortalama değeri, 2.18 MPa,

Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi, σ_c ortalama değeri, 27.07 MPa,

Üç Eksenli Sıkışma Deneyi, F ortalama değeri, 77.00 kN,

Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deneyi, Id2 ortalama değeri, 96.25

olarak belirlenmiştir.

Kaya kütlelerinin dayanım deformasyon özellikleri Hoek Brown yenilme ölçütü ile belirlenmiştir. Zayıf ve eklemlili kayalarda dayanım deformasyon parametrelerini belirlemede diğer kaya kütleli sınıflama sistemlerinin yetersiz oluşundan dolayı GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) kullanılmıştır. GSI yardımıyla kaya kütlelerinin dayanım sabitleri, çizelgeler ve görgül ilişkilerle belirlenmiştir. Şevin yaklaşık 5 m derinliğe kadar olan kısmının oldukça yoğun bozunmaya uğramış olduğu ve şev yüzeyinde dökülme ve yenilmeler şeklinde gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu kısım bozunma zonu olarak tanımlanmıştır. Şev analizlerinde bozunma zonu için, GSI = 22, $\gamma = 24$ kN/m³, $\sigma_c = 15$ MPa, Em = 820 MPa, mi = 11, D = 0.7 parametreleri elde edilmiştir.

5 m derinliğin altında kalan kısım ise yer yer kalsit dolgulu ve zayıf-orta kaya kütle özelliklerine sahiptir. Bu nedenle yapılacak şev analizlerinde, şevin yaklaşık 5 m'lik kısmı ile göreceli olarak daha iyi kaya kütle özelliklerine sahip bölümü ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Şev analizlerinde bozunma zonunun altında kalan kısım için, $GSI = 30$, $\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$, $\sigma_c = 30 \text{ MPa}$, $E_m = 2670 \text{ MPa}$, $m_i = 12$, $D = 0.7$ parametreleri elde edilmiştir.

Elde edilen parametreler kullanılarak Slide 7.0 programında geri analiz yapılmış ve mevcut şevde limit denge koşulunu sağlayan kohezyon (c) değerleri seçildikten sonra, kayma geometrisine uygun ve $F=1$ koşulunu sağlayan içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri elde edilmiştir.

Yaklaşık 65 m yüksekliğinde, $2/3$ (h/V)şev açısı ile 4 palyeden oluşan şevde yapılan duraylılık analizleri sonucu kritik yenilme dairesi için elde edilen güvenlik katsayısı $F = 1.43$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer karayolu şevleri için en düşük güvenlik katsayısının $F > 1.5$ olarak tasarlandığı dikkate alındığında, öngörülen değer altıda kalmaktadır ve şevin kritik bir konumda olduğunu göstermektedir.

Bu tez çalışması kapsamında duraysızlık problemi yaşanan şev için iyileştirme çalışmaları yer almamakla birlikte, bu problemlerin ulaşım ağı kalitesini düşürdüğü ve insan hayatını tehlikeye soktuğu oldukça açıktır. Bu durum, iyileştirme çalışmalarının yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu amaçla; şev geometrisine uygun yeni bir şev tasarımı yapılabilir. Buna ek olarak, maliyetler de göz önünde bulundurularak uygun destek sistemleri ile iyileştirmeler yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1]. KGM-ARGE/2016-1, Şistlerdeki Bozunma Derecelerinin Yol Yarma Tasarımlarına Olan Etkilerinin Jeolojik-Jeoteknik Açından Değerlendirilerek Tasarım Abaklarının Oluşturulması, 2. Ara Rapor, 2017, p.168 (yayımlanmamış).
- [2]. Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü, Çalışma Alanı ve Yakın Çevresi 1/25.000 Ölçekli Paftası (MTA), Mersin, (05.08.2017) [Görüşme].
- [3]. <https://www.google.com.tr/maps/@39.0876459,35.1777724,6z>, Google Haritalar, Yanışlı Mevki, Çalışma Alanı, 3D Uydu Görüntüsü.
- [4]. http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Mersin_icdr2013.pdf, Mersin İli 2013 Yılı Çevre Durum Raporu.
- [5]. TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Son Yılların Sıcaklık ve Yağış Ortalamaları Verileri, Mersin, (05.08.2017) [Görüşme].
- [6]. http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Mersin_icdr2012.pdf, Mersin İli 2012 Yılı Çevre Durum Raporu.
- [7]. <https://www.google.com.tr/maps/@36.1634125,33.4860525,4908m>, Google Haritalar, Yanışlı Mevki, Çalışma Alanının Morfolojik Görünümü.
- [8]. Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü, Çalışma Alanı ve Yakın Çevresi Karayolu Haritası, Mersin, (05.08.2017) [Görüşme].
- [9]. Gedik, A.; Birgili, S.; Yılmaz, H.; Yoldaş, R., Mut-Ermenek-Silifke Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni **1979**, (22), 7-26.
- [10]. Özgül, N., Toroslar'ın Temel Jeolojik Özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni **1976**, (19), 65-78.
- [11]. Demirtaşlı, E., Stratigraphy and Tectonics of the Area Between Silifke and Anamur, Central Taurus Mountains, Geology of the Taurus Belt Symposium, Ankara, 26-29 September 1983, pp. 101-118.
- [12]. Uğuz, M. F., Silifke-Ovacık-Gülнар (İçel İli) Arasının Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1989.
- [13]. İpek, M., Ovacık-Işıkli (Silifke-Mersin) Bölgesinin Tektono-Stratigrafisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1997.
- [14]. Özalp, S., Orta Toroslar'da Büyükeceli (Gülнар)-Yeşilovacık (Silifke) Dolayının Tektono-Stratigrafik Birimleri ve Bölgenin Yapısal Evrimi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1999.
- [15]. Koç, H., Aydıncık (Mersin) Yöresinin Tektono-Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2003.
- [16]. İnan, S., İnan, N., Silifke'den Anamur'a Jeolojik Bir Rota, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, 2-6 Nisan 2012, pp. 332-333.
- [17]. Kennedy, B.A., Niermeyer, K.E., Slope Monitoring Systems Used in the Prediction of a Major Slope Failure at the Chuqucamata Mine, Chile, Proceedings of the Symposium on Planning Open Pit Mines, Johannesburg, 29 Aug.-4 Sept. 1970, pp. 215,225.
- [18]. Hoek, E. and Bray, J., Rock Slope Engineering (2nd ed.), The Institution of Mining and Metallurgy, London, 1977, p. 358.
- [19]. Tuncay, E.; Ulusay, R., Süreksizlik Denetimli Şev Duraysızlıklarının Değerlendirilmesinde Olasılığa Dayalı Kinematik Analiz Yaklaşımı ve Bir Uygulama. Yerbilimleri **2000**, (22), 205-222.
- [20]. Ulusay, R., Geotechnical Evaluations and Deterministic Design Considerations for Pitwall Slopes at Eskihisar (Yatağan-Muğla) Strip Coal Mine, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1991.
- [21]. Sönmez, H., Ulusay, R. and Gökçeoğlu, C., A Practical Procedure For The Back-Analysis Of Slope Failures In Closely Jointed Rock Masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science **1998**, 35 (2), 219-233.
- [22]. Ulusay, R., Ekmekçi, M., Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Tuncay, E. ve Erdoğan, S., TKİ Himmetoğlu (Göynük-Bolu) Linyit Açık İşletmesi Şev Duraylılığı Projesi (1. Aşama: A Panosu Şevlerinin Duraylılığı). Hacetepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara, 1998, Proje No. 600.020.0056, 245s.

- [23]. Ulusay, R.; Yücel, Z., Zayıf Kayalarda Açılan Şevlerin Duraylılığına Bir Örnek: Başkoyak Barit İşletmesi. *Yerbilimleri* **1989**, 15, 15-27.
- [24]. Ulusay, R., Özkan, İ. and Ünal, E., Characterization of Weak, Stratified and Clay Bearing Rock Masses for Engineering Applications. *Fractured and Jointed Rock Masses Conference*, June 3-5, 1992, L.R. Mayer, N.W. Cook, R.E. Goodman And C.F. Tsang (Eds.), Lake Tahoe, California, A.A. Balkema, 1995a, pp. 233-240.
- [25]. Ulusay, R., Yoleri, M.F., Çağlan, D., Arıkan, F., Design Evaluations for Spoil Piles at a Strip Coal Mine Considering Safety of the Haul Road. *International Journal Of Surface Mining, Reclamation and Environment* **1995b**, 9, 133-140.
- [26]. Zvelebil, J.; Moser, M., Monitoring Based Time-Prediction of Rock Falls: Three Case Histories. *Physics and Chemistry of the Earth* **2001**, (26), 2, 159-167.
- [27]. Zorlu, K., Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Wosowski, J., Delgaudio, V., Tunusoğlu, M.C., Taga, H., Ceryan, N., Trabzon-Gümüşhane Karayolu Şevlerinde Gözlenen Kaya Düşme Tehlikesi: Bir Ön Değerlendirme, 61. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, 24-28 Mart 2008, Pp.284-285.
- [28]. Akbulut, İ.; Çam, İ.; Aksoy, T.; Çağlan, D.; Ölmez, T., Açık Ocaklarda Şev Duraysızlığı ve Geriye Dönük Analizlere Bir Örnek: Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür Ocağı. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* **2013**, (147), 115-126.
- [29]. Karakul, H., Pasa Yığınları İçin Statik Koşullarda Şev Duraylılığının Araştırılmasının Önemi: Yeniköy Linyitleri İşletmesi Yaylıktepe Sahası Örneği. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* **2014**, (38), 19-37.
- [30]. Tokgözoğlu, K., Anamur-Kaledran Devlet Karayolu İnşaatında Açılan Derin Yarmaların Şev Stabilitesi Açısından Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2014.
- [31]. Alemdağ, S.; Gürocak, Z.; Oktay, Özkirişçi, C., Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) Karayolundaki Kaya Şevlerinin Kinematik ve Limit Denge Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi* **2015**, c. 1, (1-2), 1-10.
- [32]. Blumenthal, M.M., Toroslar'da Yüksek Aladağ Silsilesinin Coğrafyası, Stratigrafisi ve Tektoniği Hakkında Yeni Etüdlere, Ankara, 1952, MTA Raporu, No:6.
- [33]. Demirtaşlı, E., Toros Kuşağının Petrol Potansiyeli, Türkiye 3. Petrol Kongresi, Ankara, pp.55-63.
- [34]. Gökten, E., Silifke Yöresinin Temel Kaya Birimleri ve Miyosen Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* **1976**, 19, 117-126.
- [35]. Ulu Ü., Sugözü - Gazipaşa (Antalya) Alanının Jeoloji İncelemesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* **1983**, 16, 3-7.
- [36]. Önder, F., Some Concepts on the Stratigraphical and Environmental Investigation on the Triassic Rock of Central Taurus Mountains, *Geology of the Taurus Belt Symposium*, Ankara, 26-29 September 1983, pp.91-99.
- [37]. Helvacı, S., Aydıncık (İçel) Doğusunun Stratigrafisi ve Jeoteknik Yorumu, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 1996.
- [38]. Özgül, N., Orta Torosların Kuzey Kesiminin Yapısal Gelişiminde Blok Hareketlerin Önemi: *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* **1971**, 14, 75-87.
- [39]. Demirtaşlı, E., Correlation of Paleozoic Stratigraphy of Turkey, Iran and Pakistan In: İbrahim Shah, S.M. Quennell., A.M. (cus). *Stratigraphic Correlation of Turkey, and Pakistan* : Vol. 1, Overseas Development Administration, London, 1980.
- [40]. Demirtaşlı, E., Carboniferous of the Area Between Pınarbaşı and Sarız. In: *Guide Book of Field Excursions on the Carboniferous Stratigraphy of Turkey*, Ankara, 1978, MTA Raporu, 25-29.
- [41]. Demirtaşlı, E., Stratigraphic Correlation of the Lower Paleozoic Rocks of Iran, Pakistan and Turkey, *Congress of Earth Sciences 50 th year of the Turkish Republic*, Alpan S. (editor), Ankara, 1975, pp.204-222.
- [42]. <http://www.deprem.gov.tr/tr/kategori/deprem-bolgeleri-haritasi-28841>, TC. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD), Deprem Bölgeleri Haritası.

- [43]. <http://www.deprem.gov.tr/tr/depremkatalogu>, TC. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD), Deprem Katalogu.
- [44]. TS EN ISO 22476-4, Jeoteknik Etüt ve Deneyle, Arazi Deneyle, Bölüm 4: Menard Presiyometre Deneyle, 2012.
- [45]. TS EN ISO 22282-3, Jeoteknik Etüt ve Deneyle, Hidrojeolojik Deneyle, Bölüm 3: Kayaçlarda Basıncılı Su Deneyle, 2012.
- [46]. ISRM, Rock Characterization, Testing and Monitoring (Editor: E.T. Brown, ISRM Suggested Metotds): Pergamon Press, Oxford, England, 1981, 211 p.
- [47]. Kayabaşı, A., Taşıma Gücü ve Oturma İncelemelerinde Menard Presiyometre Deneyle Uygulanması: Kuloğlu Hes Regülatörü Yerinde Bir Örnek Çalışma (Kars, Türkiye). Jeoloji Mühendisliği Dergisi **2014**, (38), 73-102.
- [48]. Günay, K., Zemin Sondajlarının Basıncılı Su Deneylelerinde Dikkat Edilecek Noktalar ve Lugeon Deneyle, Sondaj Sempozyumu, İzmir, ISBN 975-395-178-7.
- [49]. Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Binal, A., Kaya mekaniği Laboratuvar Deneyle, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: Ankara, 2011, No. 58, 3. Baskı, p. 167 s.
- [50]. Hoek, E., Carranza-Torres, C. T., Corkum, B., Hoek Brown Failure Criterion-2002 Edition, 5. Kuzey Amerika Kaya Mekaniği Sempozyumu, Toronto, Canada, 2002, 1, pp. 267-273.
- [51]. Sönmez, H.; Ulusay, R., A Discussion on the Hoek-Brown Failure Criterion and Suggested Modifications to the Criterion Verified by Slope Stability Case Studies. *Yerbilimleri* **2002**, 26, 77-9.
- [52]. Palmstrom A., The volumetric joint count - A useful and simple measure of the degree of rock mass jointing. IAEG Congress, New Delhi, 1982, pp. 221-228.
- [53]. Palmström, A., Application of the volumetric joint count as a measure of rock mass jointing, Proc. Int. Symp. on Fundamentals of Rock Joints, Sweden, 1985, pp.103-110.
- [54]. Palmström A., The weighted joint density method leads to improved characterization of jointing, Proc. Conference on Recent Advances in Tunnelling Technology, New Delhi, 1996, pp.6.
- [55]. Sönmez, H.; Ulusay, R., Modifications To The Geological Strength Index (GSI) and Their Applicability to Stability of Slopes. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science* **1999**, 36 (6), 743-760.
- [56]. Hoek E., Marinos P., Marinos V., Geological Strength Index (GSI). A Characterization Tool For Assessing Engineering Properties for Rock Masses. Published In: *Underground Works Under Special Conditions*, Eds. Romana, Perucho & Olalla, 2007, 13-21. Lisbon: Taylor And Francis.
- [57]. Ulusay, R.; Gökçeoğlu C.; Sülükçü, S., Draft ISRM Suggested Method for Determining Block Punch Strength Index(BPI). *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* **2001**, 24, (1), 1113-1119.
- [58]. Varnes, D. J, Landslides: Analysis and Control, 1978, Special Report 176, pp20-47, (R. L. Scuster and R. J. Krizek, Ed.), Transportation Reseach Board, Highway Research Council.
- [59]. Hoek, E. and Bray, J., *Rock Slope Engineering*, The Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd., Hertford, 1977, p.402.
- [60]. TS 8853, Yamaç ve Sevlerin Dengesi ve Hesap Metotları, TSE,1991.
- [61]. Keskin, İ., Zemin Mekaniği Ders Notları, Karabük Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karabük, 2007.
- [62]. Yıldız, L., Donatıyla Güçlendirilmiş Şevli Zemine Oturan Yüzeysel Temel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2005.
- [63]. Keskin, M., Çukurova Yöresi Kuvarsit İşletmelerinde Bilgisayar Destekli Şev Dizaynı ve Şev Stabilitate Analizleri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2008.
- [64]. Deere, Tecnical Description of Rock Cores for Engineering Purposes. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 1964, 1, p 17-22.
- [65]. Gambin, M.P., Rousseau, J., The Menard Pressuremeter Interpretation and Application of Pressuremeter Test Results to Foundation Design, United Kingdom, 1998, ISSMFE, 50 P.
- [66]. Lugeon, M., Barrages et Geologie, Méthodes de Recherches, Terrassement et İmpermeabilisation, Edition : Lausanne (Suisse), Impr. la Concorde; Rouge et Cie, Paris, Dunod, 1933, p. 1171.

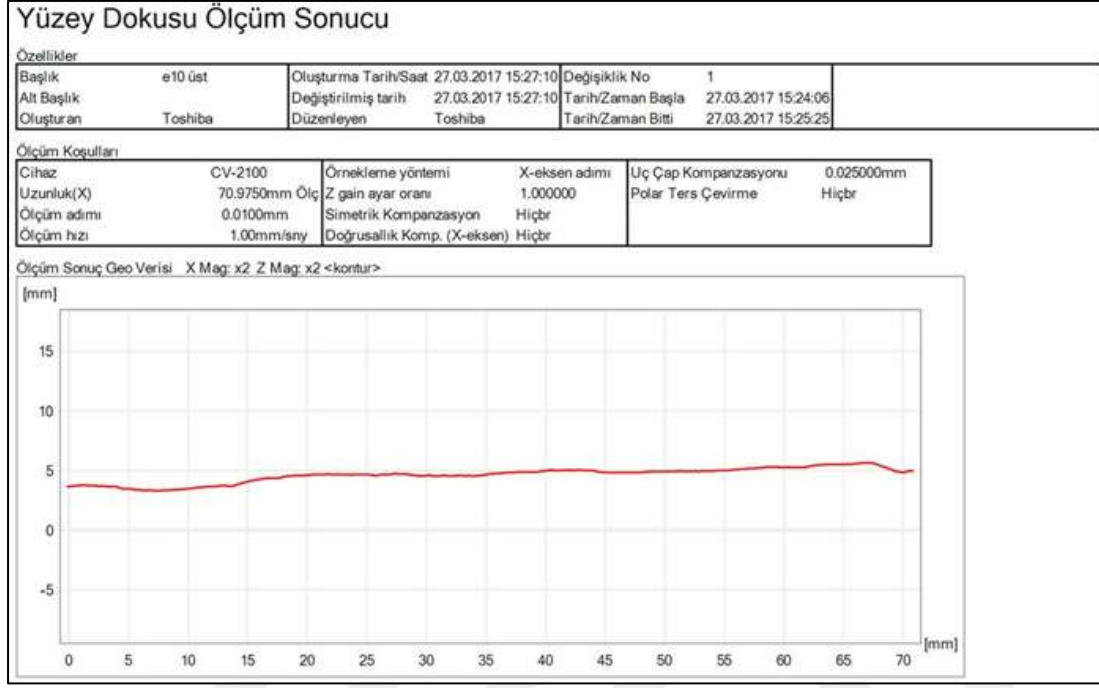
- [67]. Bieniawski, Z.T., The Point-Load Test in Geotechnical Practice. Engineering Geology **1975**, 9, M, Ipp.
- [68]. Deere, D. U. ; Miller, R. P., Engineering Classification And Index Properties For Intact Rock, Air Force Base, New Mexico, 1966, Tech. Rept. No AFWL 65-116.
- [69]. Gamble, J. C., Durability-Plasticity Classification of Shales, Doktora Tezi, Illinois Üniversitesi, Urbana,1971.
- [70]. Hoek, E., Strength of Rock and Rock Masses. ISRM News Journal 1995a, 2, (2), 4-16.
- [71]. Hoek, E., The Challenge of Input Data for Rock Engineering. ISRM News Journal 1995b, 2, (2), 23-4.
- [72]. Ulusay, R.; Sönmez, H., Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: Ankara, 2007, 60, (2), p 243.
- [73]. Ulusay, R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: Ankara, 2010, 38, (5), p 458.



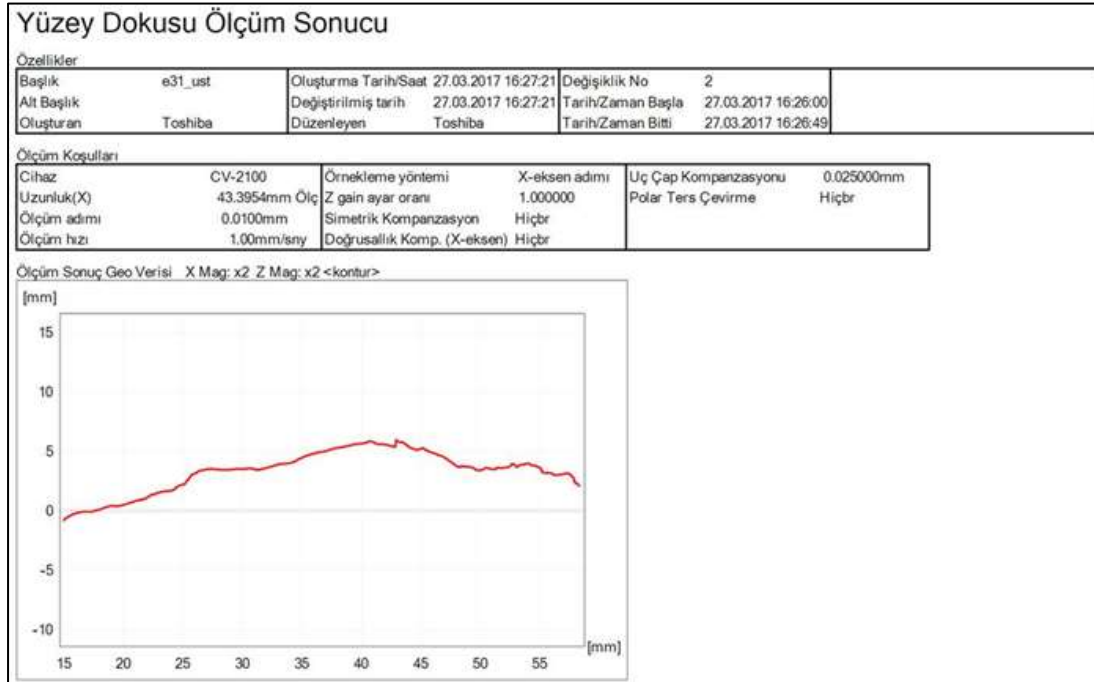
EKLER

EK-1 PÜRÜZLÜLÜK ÖLÇÜMLERİ

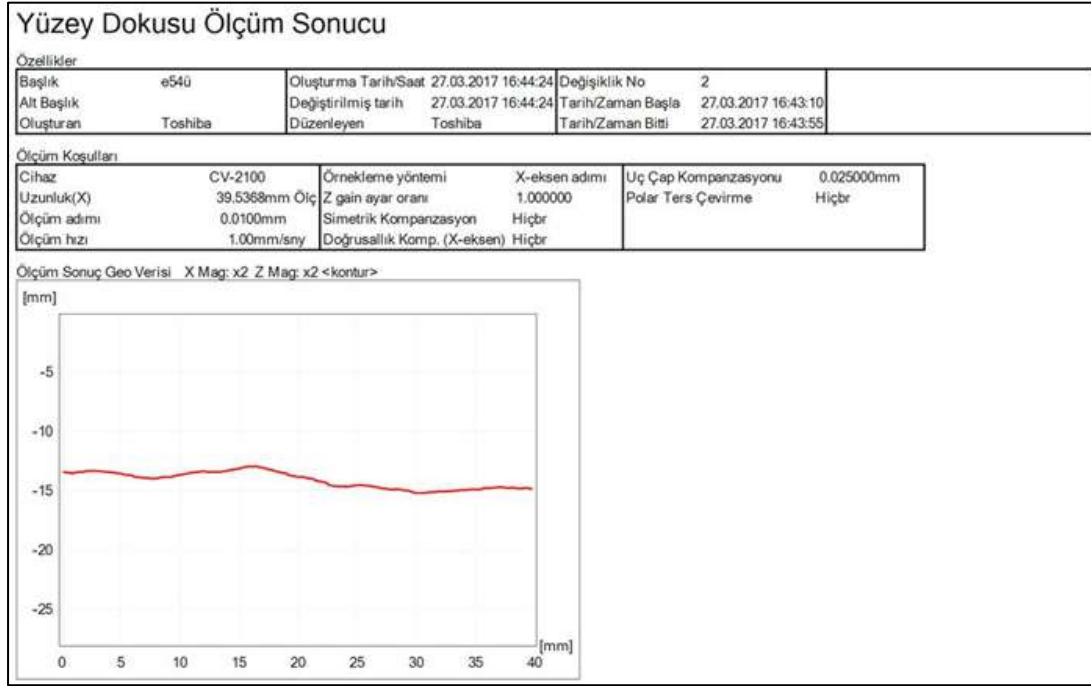
Ek 1.1. E10 Üst yüzey dokusu ölçüm grafiği.



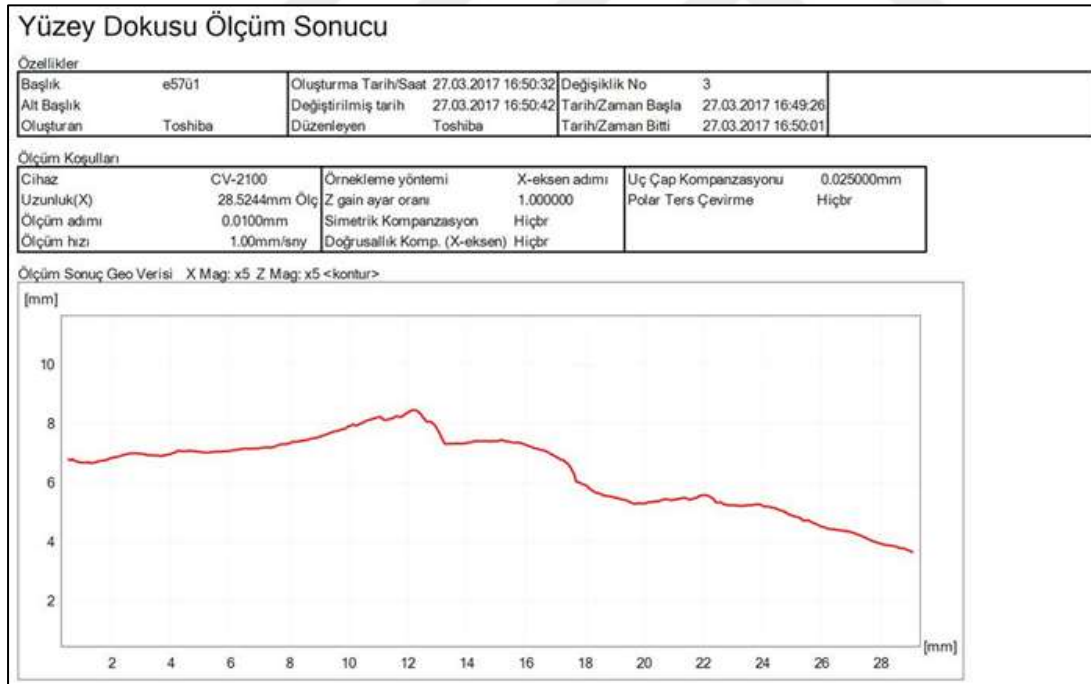
Ek 1.2. E31 Üst yüzey dokusu ölçüm grafiği.



Ek 1.3. E54 Üst yüzey dokusu ölçüm grafiği.



Ek 1.4. E57 Üst yüzey dokusu ölçüm grafiği.



EK-2 LUGEON DENEYİ

Ek 2.1. SK-1 sondajı 0-10m arası lugeon deney sonuçları.

PROJE ADI		MERSİN-ANAMUR PROJESİ																		
SONDAJ NO		SK 1				MÜHENDİS														
SONDAJ YERİ		AĞAÇLI TESİSİ KARŞISI				MÜHENDİS														
BAŞLANGIÇ TARİHİ						SONDÖR														
BİTİŞ TARİHİ						VERİYİ HAZIRLAYAN														
KOORDİNAT KOTU	X					KONTROL														
	Y					ONAYLAYAN														
	Z																			
DERİNLİĞİ(m)		60 METRE				KONTROL														
EĞİM/EĞİM YÖNÜ		DİK AÇILI				KONTROL														
SONDAJ YÖNTEMİ						ONAYLAYAN														
MAKİNA TİPİ						ONAYLAYAN														
YAS DURUMU		DERİNLİĞİ		ÖLÇÜM TARİHİ		SAAT		AÇIKLAMALAR												
DERİNLİK	GÜNLÜK DURUM			SONDAJ SUYU	BASINÇSIZ SU TESTİ			BASINÇLI SU TESTİ			SPT			KAYA ÖZELLİKLERİ			JEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA		
	İLERLEME	SU SEVİYESİ	KUYU ÇAPİ		5 DAKİKADA SU KAYBI(lit)	K (cm/sn)	BASINÇ	KAYIP			DARBE SAYISI			KAROT YÜZDESİ	RQD(%)	AYRIŞMA DEREJESİ			ÇATLAK SIKLIĞI	
								1. ci 5 DAKİKA	2. ci 5 DAKİKA	TOPLAM(10 DK)	LUGEON	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN							1.15 CM İÇİN
1 m																				
3 m																				
5 m																				
6 m							1	3	2	5										
7 m							2	5	4	9										
9 m							4	9	11	20										
10 m							2	4	3	7										
					1.00															
A YRIŞMIŞ-ŞİST (0.00-3.18 m. arası ayrışmış,3.18-4.00 m. arası şist,4.00-6.35 m arası şist, 6.35-6.40 m. şist,6.40-7.08 m. ayrışmış,7.08-7.24 m.şist,7.24- 7.34 m ayrışmış,,7.34-7.49 m.şist,7.49-7.56 ayrışmış,7.56- 7.80 m.şist,7.80-8.25 m. ayrışmış,8.25-8.39 m. şist,8.39- 9.00 m. ayrışmış,9.00-9.09 m.şist,9.09-9.79 ayrışmış,9.79- 9.91 m.şist																				
GEÇİRİMLİLİK					KAYA KALİTESİ(ROD)					AYRIŞMA DEREJESİ					ÇATLAK SIKLIĞI					
<1 Geçirimsiz					0-25 Çok Zayıf					I Taze Ayrışmamış					<1 Masif					
1-5 Az geçirimli					25-50 Zayıf					II Az Ayrışmış					1-3 Az çatlaklı-kırıklı					
5-10 Orta Geçirimli					50-75 Orta					III Orta Derecede Ayrışmış					3-10 Kırıklı					
10-25 Geçirimli					75-90 İyi					IV Çok Ayrışmış					10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı					
>25 Çok geçirimli					90-100 Çok İyi					V Tamamen Ayrışmış					>50 Parçalanmış					

Ek 2.3. SK-1 sondajı 20-30m arası lugeon deney sonuçları.

PROJE ADI		MERSİN-ANAMUR PROJESİ																		
SONDAJ NO		SK1																		
SONDAJ YERİ		AĞAÇLI TESİSİ KARŞISI										MÜHENDİS								
BAŞLANGIÇ TARİHİ												SONDÖR								
BİTİŞ TARİHİ												VERİYİ HAZIRLAYAN								
KOORDİNAT KOTU	X											KONTROL								
	Y											ONAYLAYAN								
	Z																			
DERİNLİĞİ(m)		60 METRE																		
EĞİM/EĞİM YÖNÜ		DİK AÇILI																		
SONDAJ YÖNTEMİ																				
MAKİNA TİPİ																				
YAS DURUMU		DERİNLİĞİ		ÖLÇÜM TARİHİ		SAAT		AÇIKLAMALAR												
DERİNLİK	GÜNLÜK DURUM		MUHAFAZA BORUSU	SONDAJ SUYU	BASINÇSIZ SU TESTİ			BASINÇLI SU TESTİ			SPT			KAYA ÖZELLİKLERİ			JEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA		
	İLERLEME	SU SEVİYESİ			KUYU ÇAP	5 DAKİKADA SU KAYBI(l)	K (cm/sn)	BASINÇ	KA YIP			DARBE SAYISI			KAROT YÜZDESİ	ROD(%)			AYRIŞMA DEREJESİ	ÇATLAK SIKLIĞI
			76 mm.				1. ci 5 DAKİKA	2. ci 5 DAKİKA	TOPLAM(10 DK)	LUGEON	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	SPT N DEĞERİ						
20 m																				
21 m																				AYRIŞMIŞ-ŞİST (19.00-19.11 m şist,19.11-19.30 m. ayrılmış,19.30-19.53 m. şist,19.53-21.00 m. ayrılmış,21.00-21.79 m şist,21.79-21.83 m.ayrışmış,21.83-21.93 m. şist,21.93-22.00 m.ayrışmış,22.00-22.54 m şist,22.54-22.72 m. ayrılmış,22.72-23.20 m şist,23.20-23.28 m.ayrışmış,23.28 -23.57m.şist,23.57-24.59 m. ayrılmış,24.59-24.86 m şist,24.86-25.00 m.ayrışmış,25.00-25.14 m. şist,25.14-25.26 m.ayrışmış,25.26-25.78 m. şist,25.78-26.15 m. ayrılmış,26.15-26.85 m şist,26.85-27.00 m. ayrılmış,27.00-27.25 m şist,27.25 m.30.21 m. ayrılmış)
22 m																				
23 m																				
24 m																				
25 m																				
26 m							2	4	5	9										
27 m							4	9	9	18										
							6	14	13	27										
							8	20	21	41										
							6	15	13	28										
							4	7	7	14										
							2	5	3	8										
30 m																				
GEÇİRİMLİLİK				KAYA KALİTESİ(ROD)				AYRIŞMA DEREJESİ				ÇATLAK SIKLIĞI								
<1 Geçirimsiz				0-25 Çok Zayıf				I Taze Ayrışmamış				<1 Masif								
1-5 Az geçirimli				25-50 Zayıf				II Az Ayrışmış				1-3 Az çatlaklı-kırıklı								
5-10 Orta Geçirimli				50-75 Orta				III Orta Derecede Ayrışmış				3-10 Kırıklı								
10-25 Geçirimli				75-90 İyi				IV Çok Ayrışmış				10-50 Çok çatlaklı-kırıklı								
>25 Çok geçirimli				90-100 Çok İyi				V Tamamen Ayrışmış				>50 Parçalanmış								

Ek 2.4. SK-1 sondajı 30-40m arası lugeon deney sonuçları.

PROJE ADI		MERSİN-ANAMUR PROJESİ																		
SONDAJ NO		SK1																		
SONDAJ YERİ		AĞAÇLI TESİSİ KARŞISI										MÜHENDİS								
BAŞLANGIÇ TARİHİ												SONDÖR								
BİTİŞ TARİHİ												VERİYİ HAZIRLAYAN								
KOORDİNAT KOTU	X											KONTROL								
	Y											ONAYLAYAN								
	Z																			
DERİNLİĞİ(m)		60 METRE																		
EĞİM/EĞİM YÖNÜ		DİK AÇILI																		
SONDAJ YÖNTEMİ																				
MAKİNA TİPİ																				
YAS DURUMU		DERİNLİĞİ		ÖLÇÜM TARİHİ		SAAT		AÇIKLAMALAR												
DERİNLİK	GÜNLÜK DURUM		MUHAFAZA BORUSU	SONDAJ SUYU	BASINÇSIZ SU TESTİ			BASINÇLI SU TESTİ			SPT			KAYA ÖZELLİKLERİ			JEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA		
	İLERLEME	SU SEVİYESİ			KUYU ÇAP	5 DAKİKADA SU KAYBI(l)	K(em/sn)	BASINÇ	KA YIP		DARBE SAYISI			KAROT YÜZDESİ	ROD(%)	AYRIŞMA DEREJESİ			ÇATLAK SIKLIĞI	
			76 mm.				1. ci 5 DAKİKA	2. ci 5 DAKİKA	TOPLAM(10 DK)	LUGEON	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	SPT N DEĞERİ						
30 m																				
31 m																				
32 m																				
33 m																				
34 m																				
35 m							2	1	2	3										
36 m							4	3	2	5										
							6	7	5	12										
							8	10	11	21										
							10	13	12	25										
38 m							8	7	6	13										
							6	3	2	5										
							4	1	0	1										
40 m							2	0	0	0										
GEÇİRİMLİLİK				KAYA KALİTESİ(ROD)				AYRIŞMA DEREJESİ				ÇATLAK SIKLIĞI								
<1 Geçirimsiz				0-25 Çok Zayıf				I Taze Ayrışmamış				<1 Masif								
1-5 Az geçirimli				25-50 Zayıf				II Az Ayrışmış				1-3 Az çatlaklı-kırıkl								
5-10 Orta geçirimli				50-75 Orta				III Orta Derecede Ayrışmış				3-10 Kırıkl								
10-25 Geçirimli				75-90 İyi				IV Çok Ayrışmış				10-50 Çok çatlaklı-Kırıkl								
>25 Çok geçirimli				90-100 Çok İyi				V Tamamen Ayrışmış				>50 Parçalanmış								

Ek 2.5. SK-1 sondajı 40-50m arası lugeon deney sonuçları.

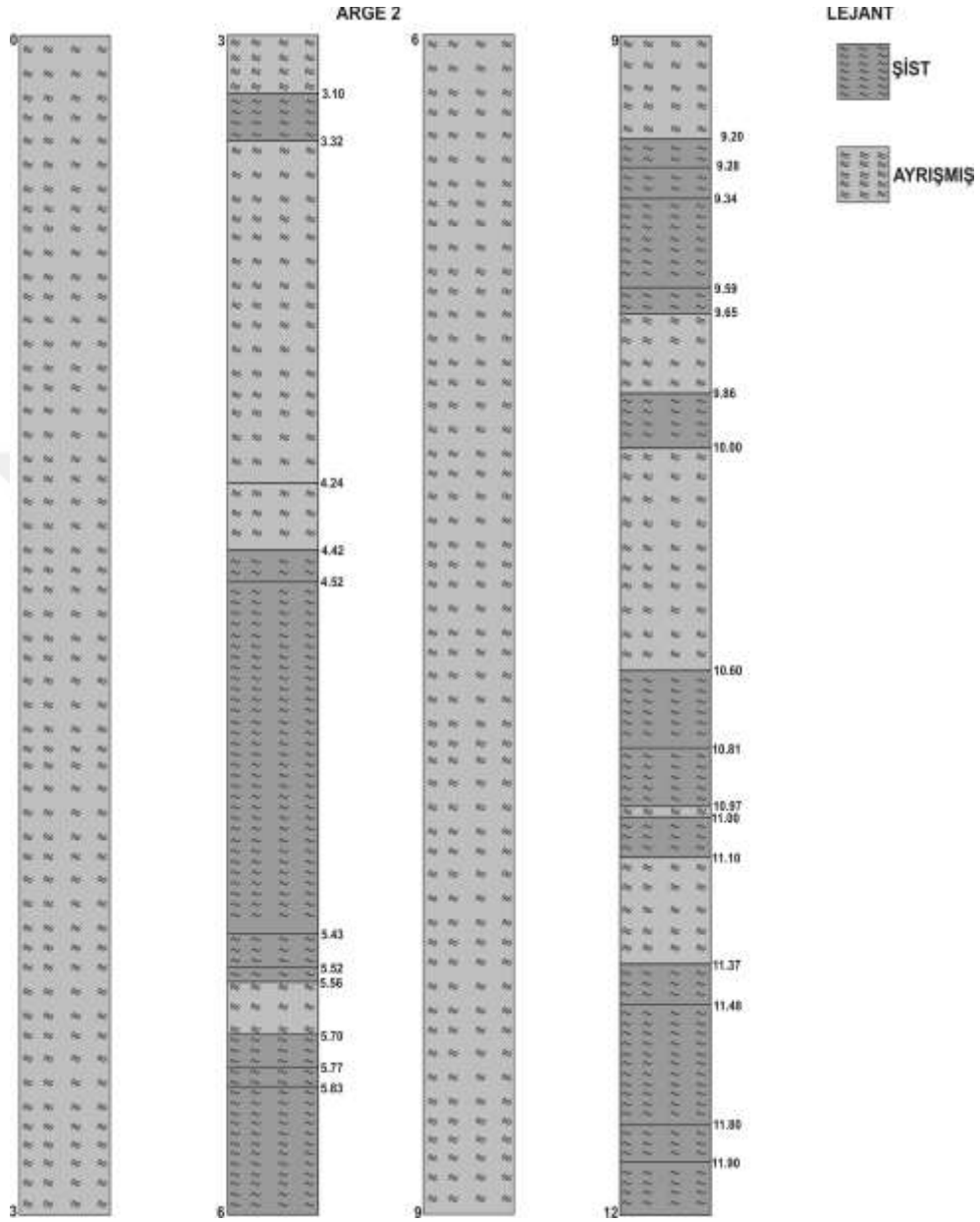
PROJE ADI		MERSİN-ANAMUR PROJESİ																		
SONDAJ NO		SK1																		
SONDAJ YERİ		AĞAÇLI TESİSİ KARŞISI						MÜHENDİS												
BAŞLANGIÇ TARİHİ								SONDÖR												
BİTİŞ TARİHİ								VERİYİ HAZIRLAYAN												
KOORDİNAT KOTU	X							ONAYLAYAN												
	Y							SAAT												
	Z							AÇIKLAMALAR												
DERİNLİĞİ(m)		60 METRE						KONTROL												
EĞİM/EĞİM YÖNÜ		DİK AÇILI																		
SONDAJ YÖNTEMİ																				
MAKİNA TİPİ																				
YAS DURUMU		DERİNLİĞİ		ÖLÇÜM TARİHİ		SAAT		AÇIKLAMALAR												
DERİNLİK	GÜNLÜK DURUM		MUHAFAZA BORUSU	SONDAJ SUYU	BASINÇSIZ SU TESTİ			BASINÇLI SU TESTİ			SPT			KAYA ÖZELLİKLERİ			JEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA		
	İLERLEME	SU SEVİYESİ			KUYU ÇAP	5 DAKİKADA SU KAYBI(l)	K (cm/sn)	BASINÇ	KAYIP			DARBE SAYISI			KAROT YÜZDESİ	ROD(%)			AYRIŞMA DEREJESİ	ÇATLAK SIKLIĞI
							1. ci 5 DAKİKA	2. ci 5 DAKİKA	TOPLAM(10 DK)	LUGEON	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	SPT N DEĞERİ						
40 m			76 mm.																	
41 m																				
44 m																				
45 m																				
47 m																				
50 m																				
A YRIŞMIŞ-ŞİST		(39.00-39.90 m. şist,39.90-40.00 m. ayrışmış,40.00-40.91 m. şist,40.91-41.00 m. ayrışmış,41.00-41.56 m. şist,41.56-41.60 m. ayrışmış,41.60-44.93 m. şist,44.93-45.00 m. ayrışmış,45.00-45.86 m. şist,45.86-46.00 m. ayrışmış,46.00-46.91 m. şist,46.91-47.00 m. ayrışmış,47.00-49.92 m. şist)																		
GEÇİRİMLİLİK		KAYA KALİTESİ(ROD)				AYRIŞMA DEREJESİ				ÇATLAK SIKLIĞI										
<1	Geçirimsiz	0-25		Çok Zayıf			I	Taze Ayrışmamış			<1	Masif								
1-5	Az geçirimli	25-50		Zayıf			II	Az Ayrışmış			1-3	Az çatlaklı-kırıkl								
5-10	Orta Geçirimli	50-75	Orta			III	Orta Derecede Ayrışmış			3-10	Kırıkl									
10-25	Geçirimli	75-90	İyi			IV	Çok Ayrışmış			10-50	Çok çatlaklı-Kırıkl									
>25	Çok geçirimli	90-100	Çok İyi			V	Tamamen Ayrışmış			>50	Parçalanmış									

Ek 2.6. SK-1 sondajı 50-60m arası lugeon deney sonuçları.

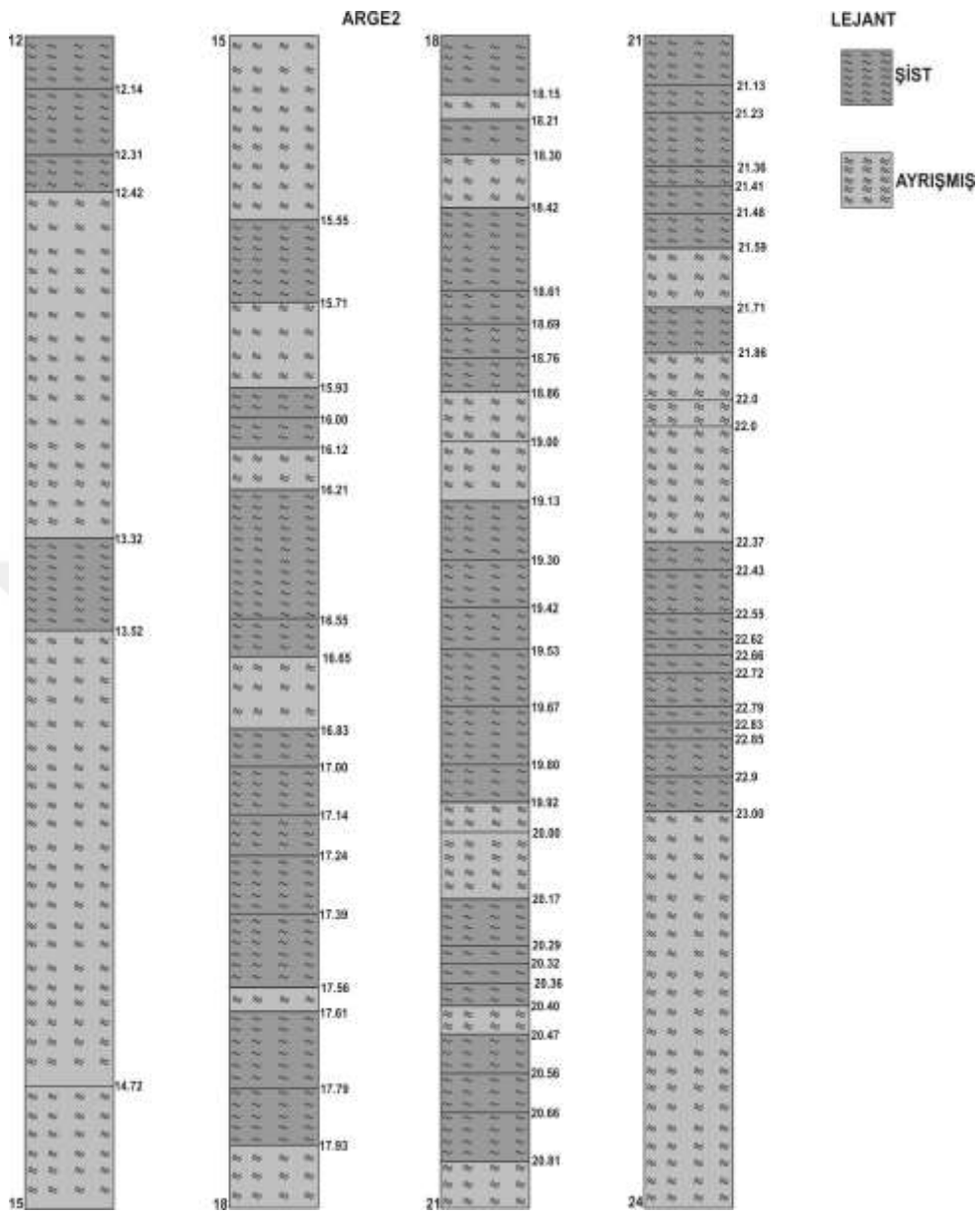
PROJE ADI		MERSİN-ANAMUR PROJESİ																	
SONDAJ NO		SK 1																	
SONDAJ YERİ		AĞAÇLI TESİSİ KARŞISI						MÜHENDİS											
BAŞLANGIÇ TARİHİ								SONDÖR											
BİTİŞ TARİHİ								VERİYİ HAZIRLAYAN											
KOORDİNAT KOTU	X																		
	Y																		
	Z																		
DERİNLİĞİ(m)		60 METRE						KONTROL											
EĞİM/EĞİM YÖNÜ		DİK AÇILI																	
SONDAJ YÖNTEMİ								ONAYLAYAN											
MAKİNA TİPİ																			
YAS DURUMU		DERİNLİĞİ		ÖLÇÜM TARİHİ		SAAT		AÇIKLAMALAR											
DERİNLİK	GÜNLÜK DURUM		MUHAFAZA BORUSU	SONDAJ SUYU	BASINÇSIZ SU TESTİ			BASINÇLI SU TESTİ			SPT			KAYA ÖZELLİKLERİ			JEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA	
	İLERLEME	SU SEVİYESİ			KUYU ÇAP	5 DAKIKADA SU KAYBI(l)	K (cm/sn)	BASINÇ	KAYIP			DARBE SAYISI			KAROT YÜZDESİ	RQD(%)			AYRIŞMA DERECESİ
							1. ci 5 DAKIKA	2. ci 5 DAKIKA	TOPLAM(10 DK)	LUGEON	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	1.15 CM İÇİN	SPT N DEĞERİ					
50 m																			
55 m			76 mm.																
60 m																			
GEC				KA						AY				ÇATL					
<1	Geçirimsiz			0-25	Çok					I	Taz			<1	Masif				
1-5	Az geçirimli			25-50	Zayıf					II	Az			1-3	Az çatlaklı-kırıkl				
5-10	Orta geçirimli			50-75	Orta					III	Orta			3-10	Kırıkl				
10-	Geçirimli			75-90	İyi					IV	Çok			10-50	Çok çatlaklı-Kırıkl				
>25	Çok geçirimli			90-100	Çok					V	Ta			>50	Parçalanmış				

EK-3 SONDAJ LOGLARI

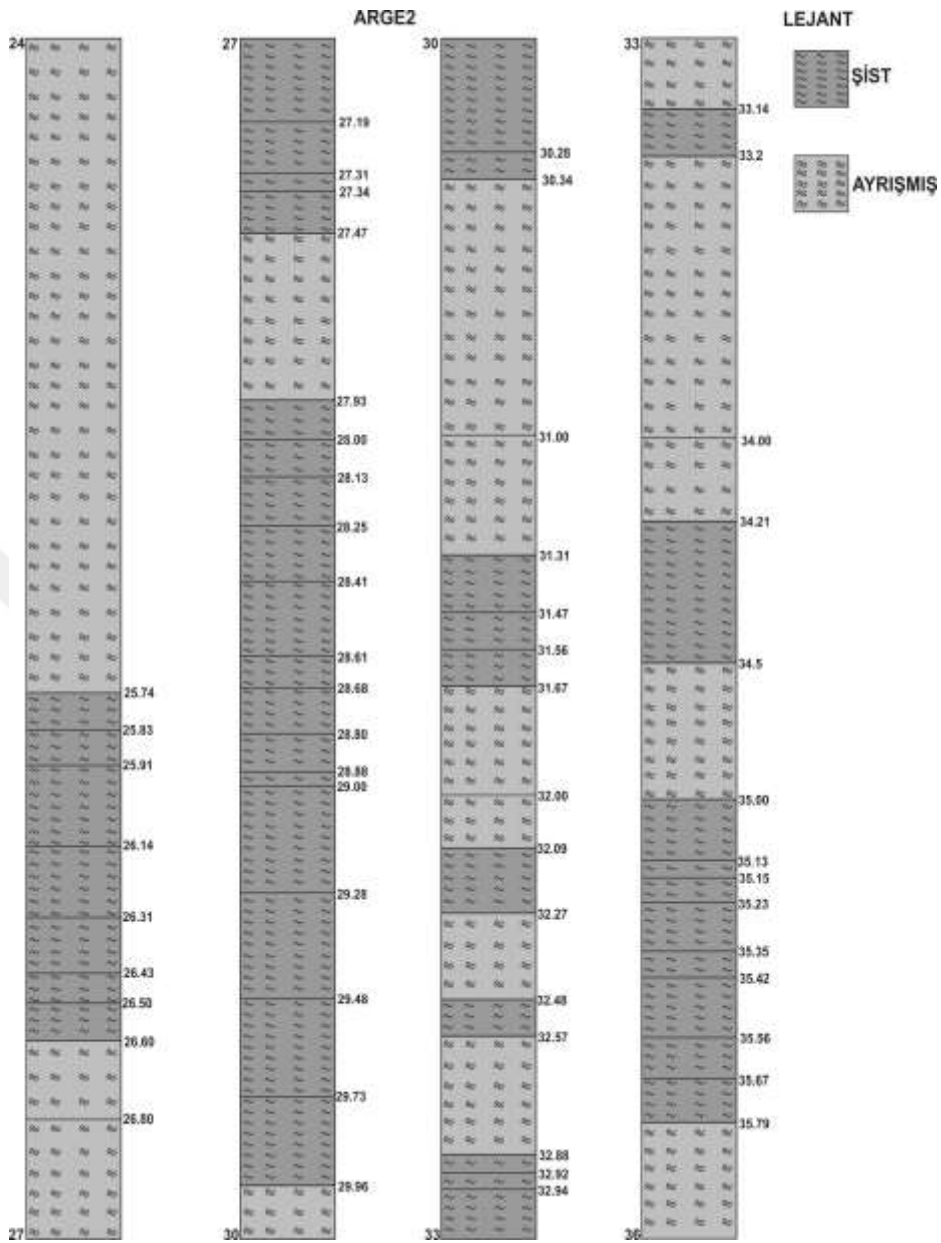
Ek 3.1. SK-2 Sondaj Logu 0.00-12.00m.



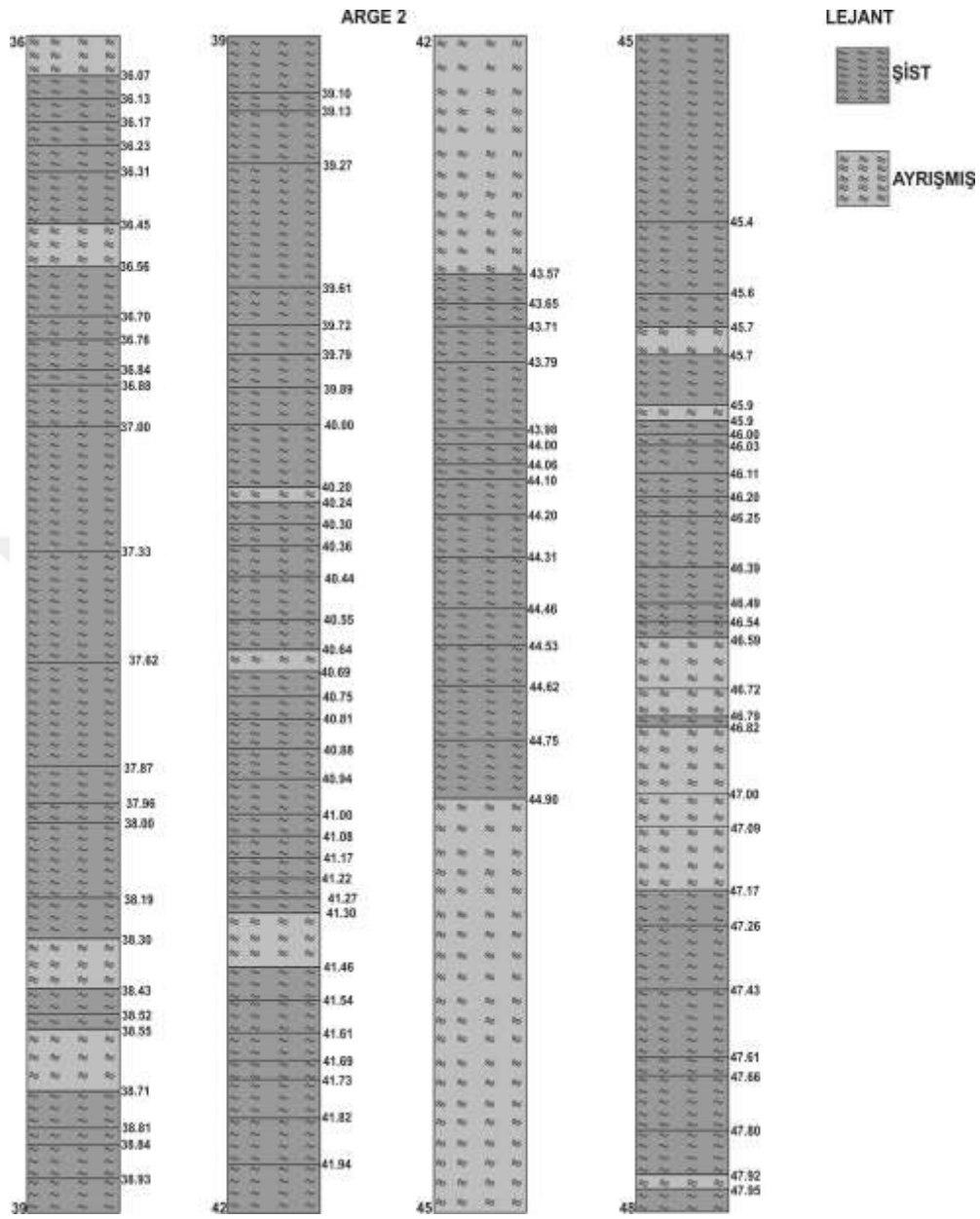
Ek 3.1. SK-2 Sondaj Logu 12.00-24.00m (devamı).



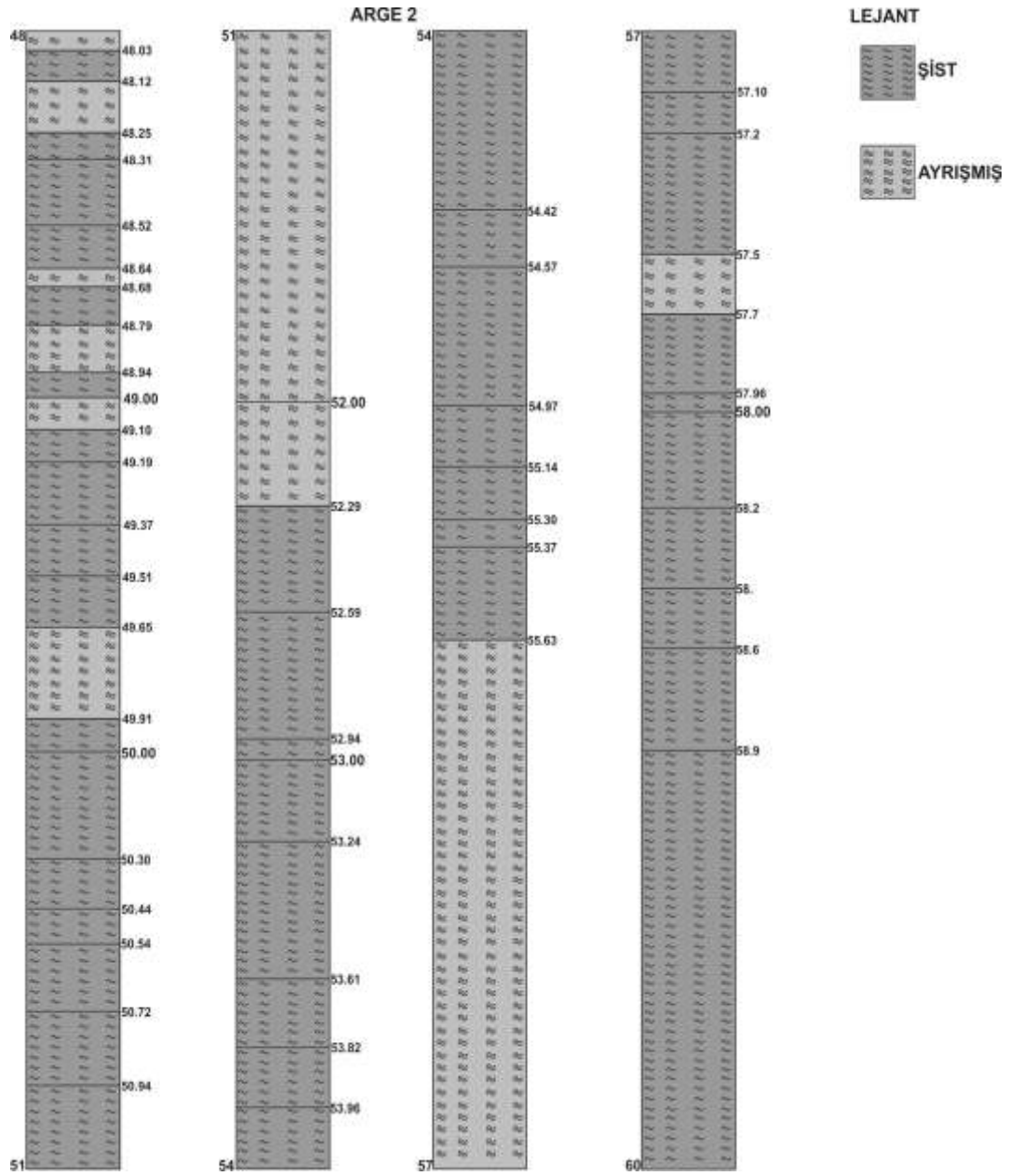
Ek 3.1. SK-2 Sondaj Logu 24.00-36.00m (devamı).



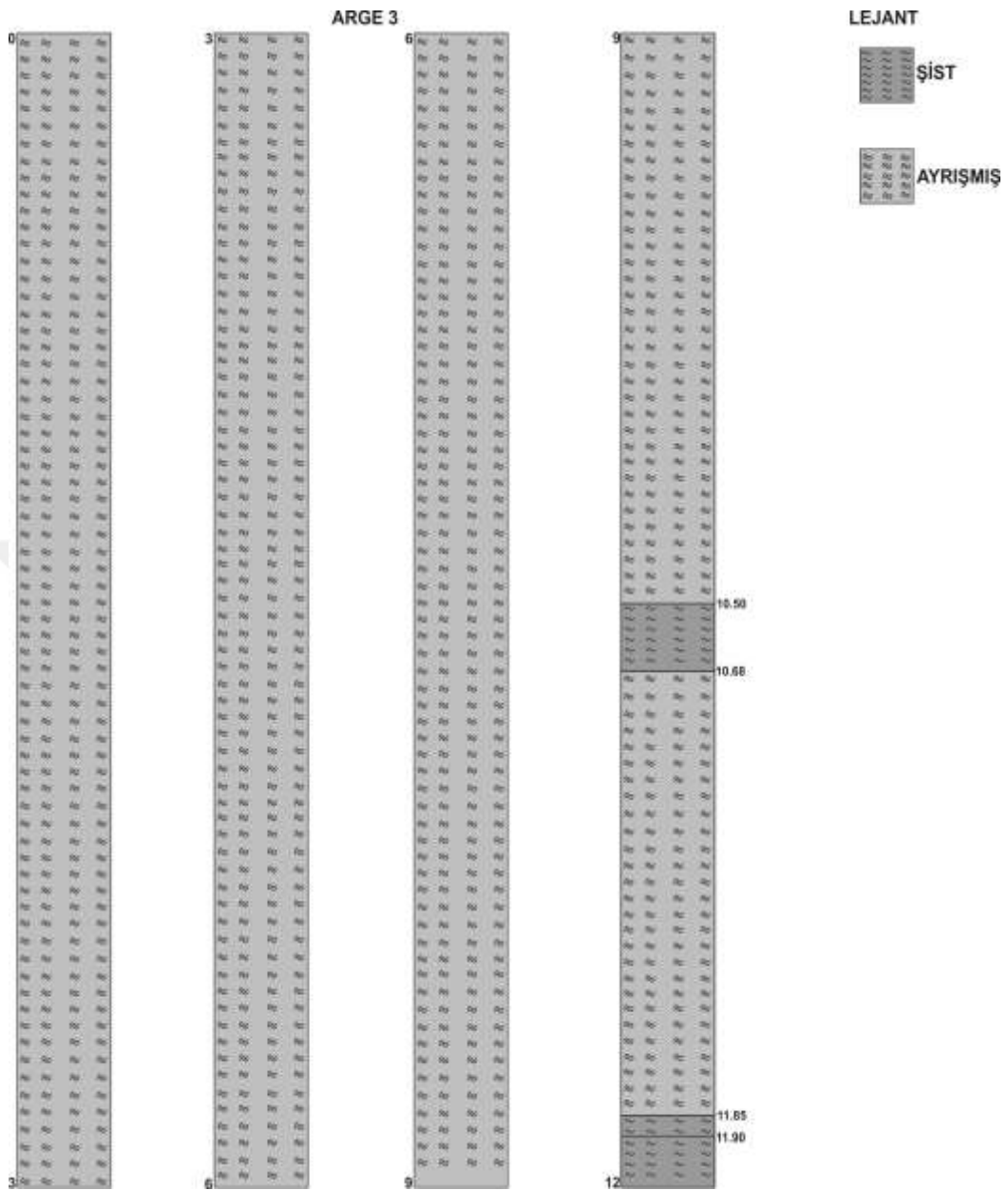
Ek 3.1. SK-2 Sondaj Logu 36.00-48.00m (devamı).



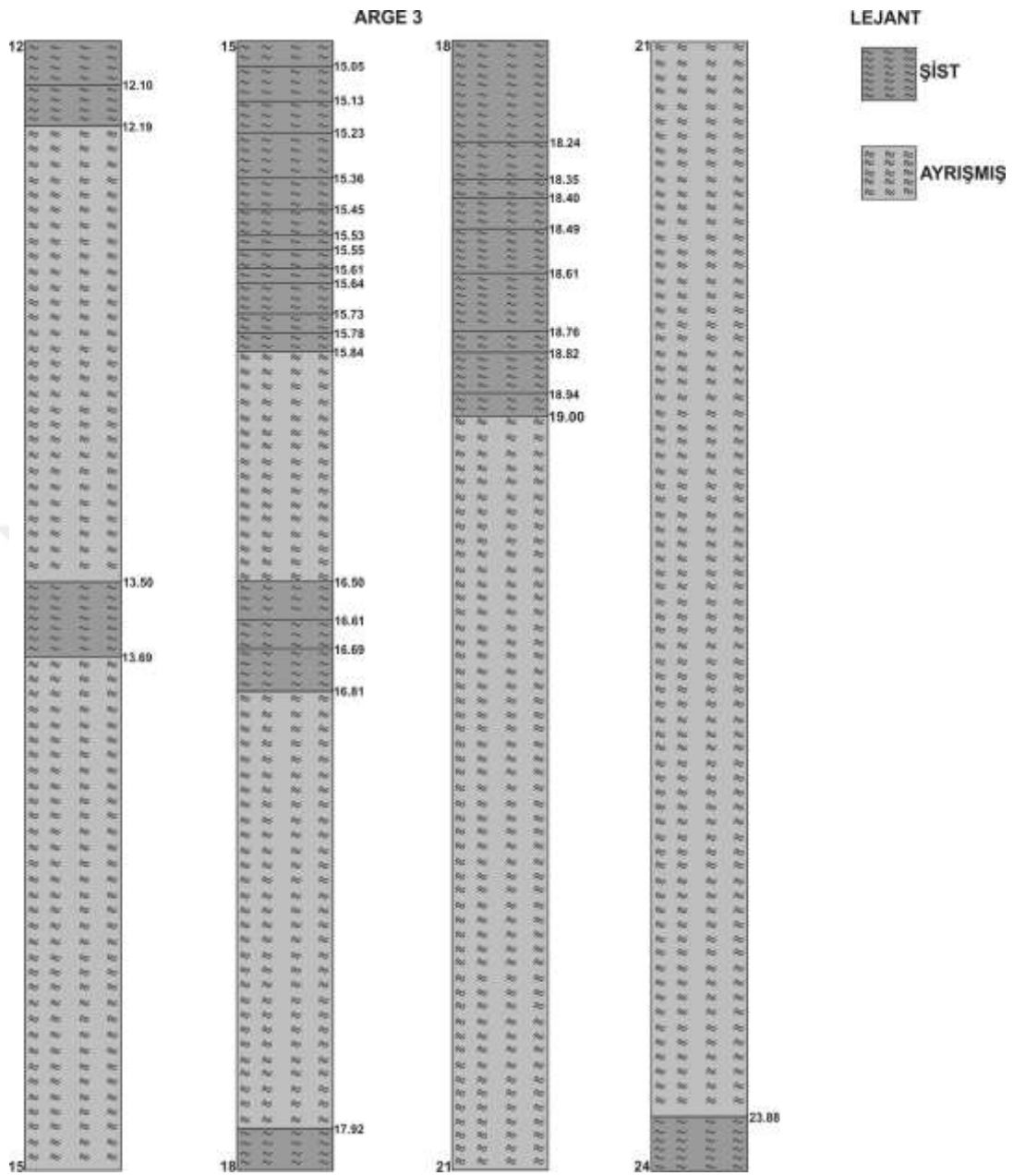
Ek 3.1. SK-2 Sondaj Logu 48.00-60.00m.



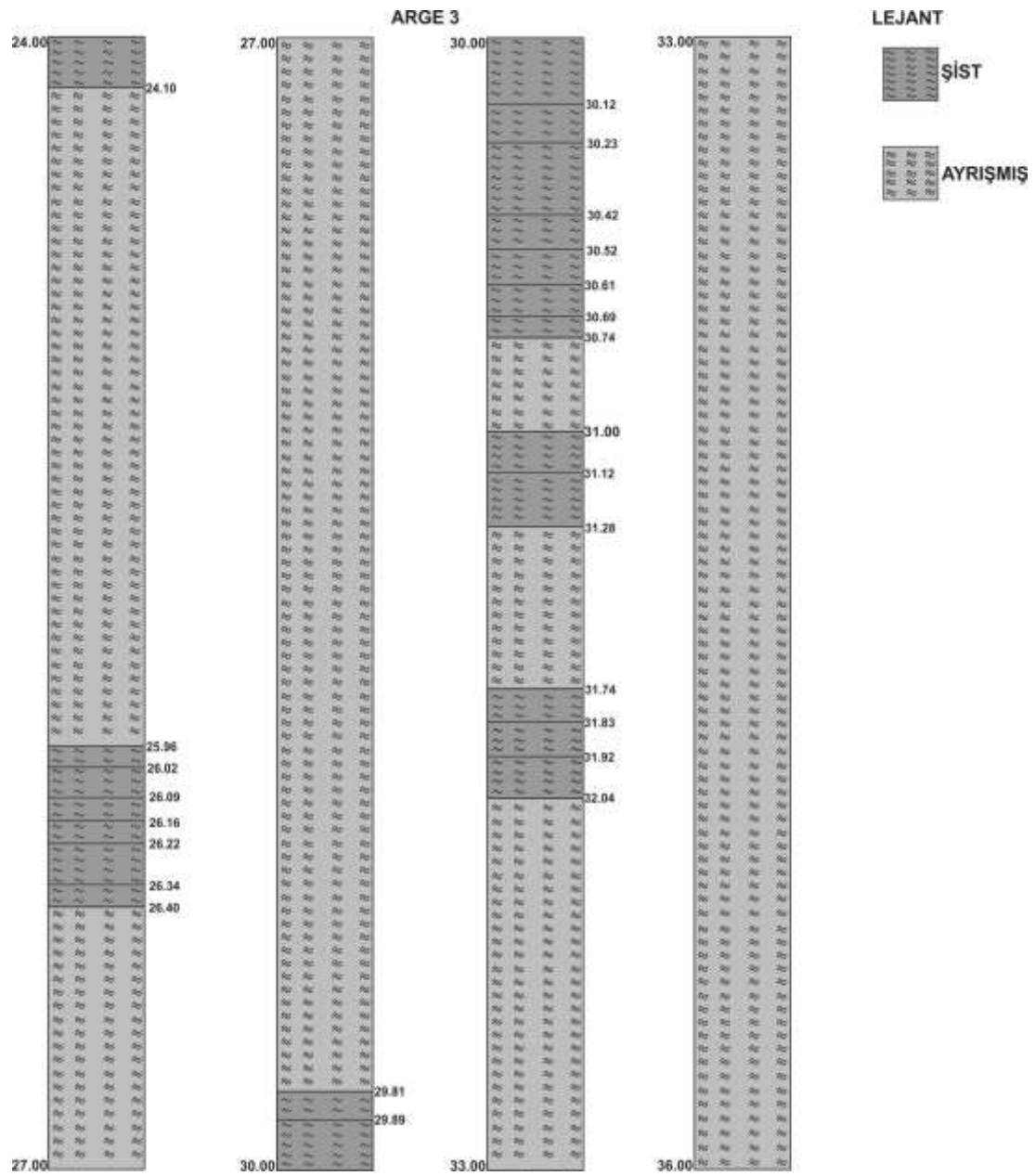
Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 0.00-12.00m.



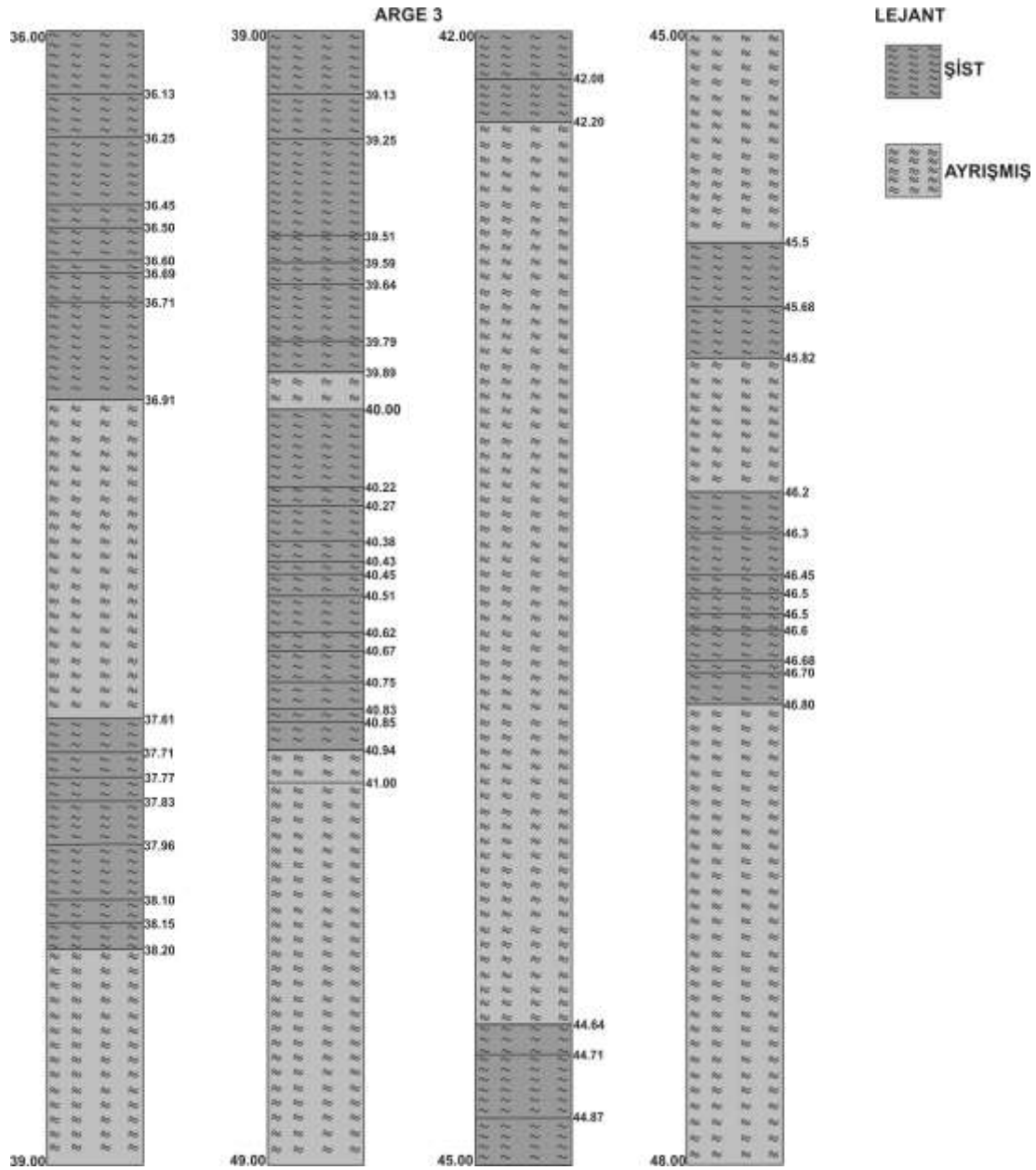
Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 12.00-24.00m (devamı).



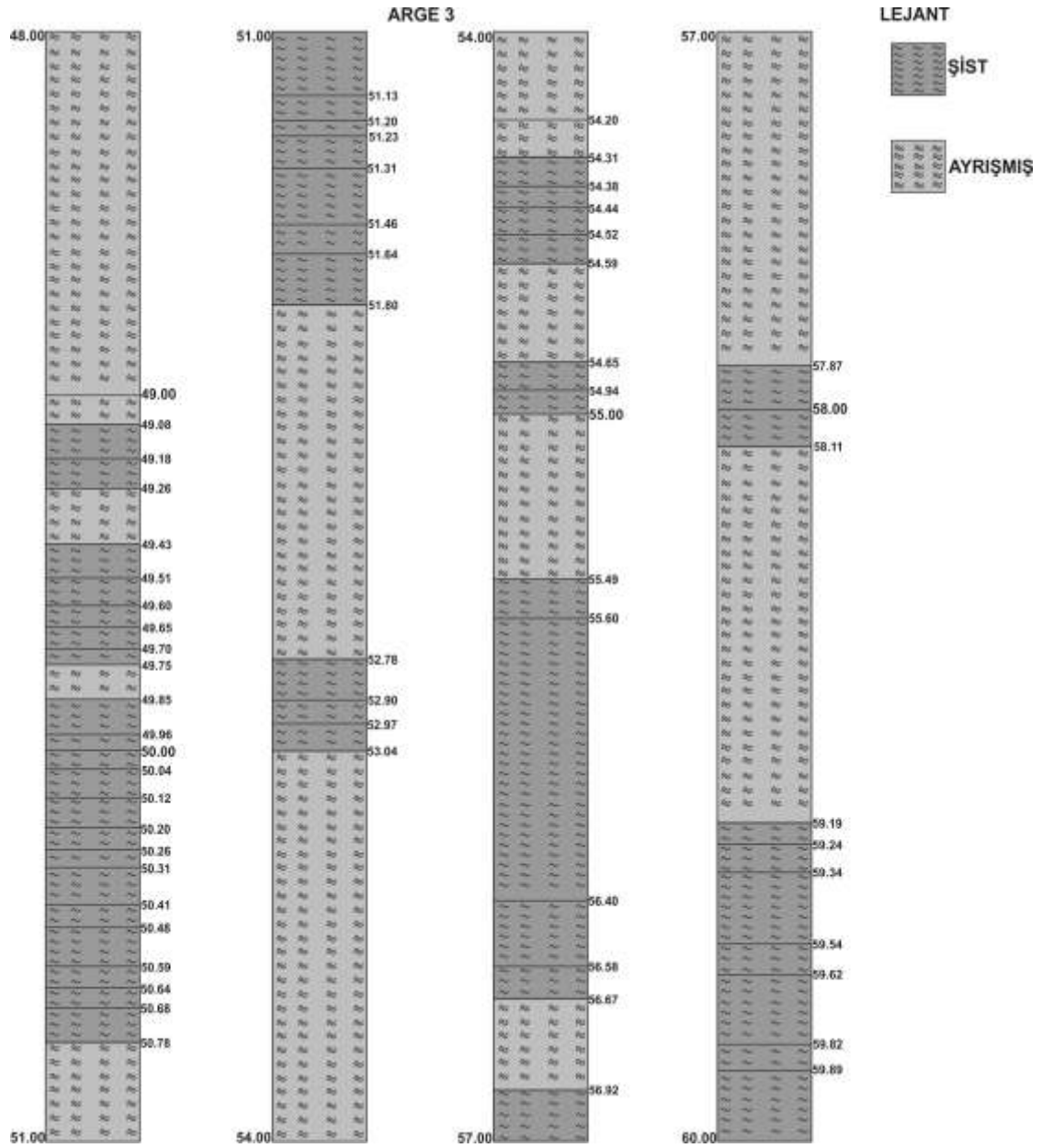
Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 24.00-36.00m (devamı).



Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 36.00-48.00m (devamı).



Ek 3.2. SK-3 Sondaj Logu 48.00-60.00m.



EK-4 YOĞUNLUK-BİRİM HACİM AĞIRLIK DENEYİ

Ek 4.1. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Kuru Örnek Ağırlığı Wd (g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	Kayaç Tanımı
N1	7.34-7.49	-	-	-	-	-	Kırıldı	Şist
N2	9.00-9.09	44.28	44.90	69.11	186.40	2.70	26.46	Şist
N3	9.79-9.91	44.30	44.45	68.48	189.20	2.76	27.10	Şist
N4	11.23-11.33	44.65	48.99	76.67	210.60	2.75	26.95	Şist
N5	11.33-11.43	44.76	48.94	76.97	207.40	2.69	26.43	Şist
N6	11.43-11.56	44.67	47.81	74.89	199.20	2.66	26.09	Şist
N7	12.54-12.65	44.81	44.46	70.08	188.90	2.70	26.44	Şist
N8	13.00-13.16	44.56	49.88	77.75	209.00	2.69	26.37	Şist
N9	15.65-15.77	44.55	53.54	83.41	226.00	2.71	26.58	Şist
N10	17.00-17.07	44.58	49.18	76.73	209.30	2.73	26.76	Şist
N11	18.00-18.44	44.41	66.76	103.36	287.90	2.79	27.33	Şist
N12	19.00-19.11	44.50	60.96	94.76	261.00	2.75	27.02	Şist
N13	21.16-21.31	44.51	55.60	86.47	236.50	2.74	26.83	Şist
N14	21.31-21.79	44.61	52.43	81.91	219.30	2.68	26.27	Şist
N15	22.00-22.13	44.50	48.55	75.47	206.00	2.73	26.78	Şist
N16	22.21-22.36	45.28	58.79	94.62	245.40	2.59	25.44	Şist
N17	22.80-22.95	44.23	56.81	87.24	214.70	2.46	24.14	Şist
N18	23.28-23.40	44.71	52.38	82.19	225.80	2.75	26.95	Şist
N19	23.40-23.57	44.45	65.66	101.84	285.30	2.80	27.48	Şist
N20	26.43-26.51	44.78	45.33	71.35	190.00	2.66	26.12	Şist
N21	26.57-26.68	44.64	58.66	91.76	253.90	2.77	27.14	Şist
N22	27.04-27.12	44.31	45.03	69.40	187.80	2.71	26.55	Şist
N23	30.21-30.31	44.96	45.57	72.31	192.60	2.66	26.13	Şist
N24	31.37-31.46	44.59	55.59	86.76	233.40	2.69	26.39	Şist
N25	32.72-32.84	45.46	56.53	91.71	234.30	2.55	25.06	Şist
N26	34.79-34.92	44.93	56.75	89.93	240.90	2.68	26.28	Şist
N27	35.66-35.76	44.77	59.37	93.41	253.70	2.72	26.64	Şist
N28	35.86-35.95	44.77	46.29	72.83	198.70	2.73	26.76	Şist
N29	36.00-36.11	44.63	39.20	61.29	162.10	2.64	25.94	Şist
N30	36.50-36.63	44.58	51.10	79.72	214.30	2.69	26.37	Şist
N31	36.68-36.80	44.57	49.06	76.50	198.30	2.59	25.43	Şist
N32	36.80-36.92	44.86	54.86	86.67	230.50	2.66	26.09	Şist
N33	37.00-37.13	44.95	53.28	84.51	222.60	2.63	25.84	Şist
N34	37.59-37.70	44.86	56.24	88.85	230.80	2.60	25.48	Şist
N35	37.81-37.93	44.47	44.72	69.42	192.00	2.77	27.13	Şist
N36	40.19-40.29	44.60	63.46	99.09	269.40	2.72	26.67	Şist

Ek 4.1. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları (devamı).

N37	40.34-40.45	44.68	58.95	92.38	250.60	2.71	26.61	Şist
N38	41.34-41.47	44.49	56.20	87.32	236.70	2.71	26.59	Şist
N39	41.47-41.56	44.55	58.54	91.20	250.60	2.75	26.95	Şist
N40	41.85-41.95	44.57	49.87	77.77	213.60	2.75	26.94	Şist
N41	42.86-43.00	44.60	69.18	108.02	291.60	2.70	26.48	Şist
N42	46.00-46.11	44.65	47.97	75.07	201.40	2.68	26.32	Şist
N43	46.64-46.77	44.51	54.91	85.40	230.70	2.70	26.50	Şist
N44	47.85-47.93	44.82	55.48	87.49	233.90	2.67	26.23	Şist
N45	49.08-49.20	44.49	67.02	104.14	285.40	2.74	26.89	Şist



Ek 4.2. SK-1 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Kuru Örnek Ağırlığı Wd (g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	Kayaç Tanımı
T1	25.67-25.78	44.95	90.98	144.30	387.30	2.68	26.33	Şist
T2	31.46-31.58	44.66	86.52	135.46	359.70	2.66	26.05	Şist
T3	34.47-34.73	44.82	92.49	145.85	373.10	2.56	25.09	Şist
T4	35.00-35.21	44.89	90.53	143.21	385.60	2.69	26.41	Şist
T5	35.51-35.66	44.73	92.52	145.31	396.00	2.73	26.73	Şist
T6	36.16-36.34	44.90	91.21	144.35	381.80	2.65	25.95	Şist
T7	36.34-36.50	44.77	93.93	147.79	392.20	2.65	26.03	Şist
T8	37.32-37.49	44.65	91.30	142.88	372.80	2.61	25.60	Şist
T9	38.00-38.17	44.95	94.50	149.89	394.70	2.63	25.83	Şist
T10	38.17-38.29	44.98	92.00	146.12	384.80	2.63	25.83	Şist
T11	38.39-38.64	44.04	91.93	139.97	389.70	2.78	27.31	Şist
T12	39.26-39.39	44.53	88.90	138.38	378.90	2.74	26.86	Şist
T13	39.74-39.90	43.89	93.17	140.89	400.00	2.84	27.85	Şist
T14	40.00-40.19	44.81	90.00	141.86	383.10	2.70	26.49	Şist
T15	40.57-40.71	44.66	93.46	146.33	397.40	2.72	26.64	Şist
T16	41.00-41.13	44.72	91.22	143.21	389.60	2.72	26.69	Şist
T17	41.13-41.27	44.74	93.45	146.84	400.00	2.72	26.72	Şist
T18	42.00-42.30	44.73	91.29	143.38	393.20	2.74	26.90	Şist
T19	42.30-42.51	44.80	92.13	145.15	395.30	2.72	26.72	Şist
T20	42.51-42.71	44.50	92.87	144.37	385.50	2.67	26.20	Şist
T21	43.21-43.38	44.63	90.94	142.19	376.40	2.65	25.97	Şist
T22	43.38-43.62	44.93	92.27	146.22	391.70	2.68	26.28	Şist
T23	44.00-44.23	44.70	92.11	144.47	393.80	2.73	26.74	Şist
T24	44.23-44.48	44.61	93.65	146.30	382.60	2.62	25.66	Şist
T25	44.48-44.78	44.48	90.63	140.76	397.30	2.82	27.69	Şist
T26	45.22-45.51	44.93	91.33	144.73	384.80	2.66	26.08	Şist
T27	45.51-46.23	44.56	92.24	143.77	390.20	2.71	26.62	Şist
T28	46.23-46.45	44.51	91.16	141.77	381.20	2.69	26.38	Şist
T29	46.45-46.64	44.83	96.20	151.77	397.70	2.62	25.71	Şist
T30	46.77-46.91	44.70	93.23	146.23	389.60	2.66	26.14	Şist
T31	47.40-47.53	44.58	92.20	143.84	394.00	2.74	26.87	Şist
T32	47.63-47.85	44.95	93.95	149.01	398.80	2.68	26.25	Şist
T33	48.12-48.22	44.90	90.90	143.86	380.20	2.64	25.93	Şist

Ek 4.3. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Kuru Örnek Ağırlığı Wd (g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	Kayaç Tanımı
Ü1	3.62-3.81	47.40	96.50	170.20	428.20	2.52	24.68	Şist
Ü2	14.43-14.54	44.60	86.20	134.60	368.90	2.74	26.89	Şist
Ü3	16.74-17.08	44.50	92.10	143.17	388.90	2.72	26.65	Şist
Ü4	19.30-19.53	44.68	88.26	138.31	348.60	2.52	24.73	Şist
Ü5	21.16-21.31	45.07	89.61	142.89	381.40	2.67	26.18	Şist
Ü6	22.80-22.95	44.61	88.34	138.00	371.70	2.69	26.42	Şist
Ü7	23.00-23.20	44.52	89.40	139.10	377.80	2.72	26.64	Şist
Ü8	24.59-24.86	45.07	95.53	152.33	405.10	2.66	26.09	Şist
Ü9	30.31-30.50	44.70	95.00	149.01	429.20	2.88	28.26	Şist
Ü10	33.05-33.19	44.65	93.44	146.23	390.40	2.67	26.19	Şist
Ü11	33.19-33.32	44.75	96.52	151.73	494.00	3.26	31.94	Şist
Ü12	33.32-33.60	44.68	101.26	158.68	429.20	2.70	26.53	Şist
Ü13	34.15-34.32	44.87	85.60	135.29	359.50	2.66	26.07	Şist
Ü14	35.76-35.87	44.68	97.55	152.87	413.80	2.71	26.55	Şist
Ü15	36.11-36.16	44.62	98.80	154.41	411.80	2.67	26.16	Şist
Ü16	37.13-37.32	44.64	102.40	160.18	424.60	2.65	26.00	Şist
Ü17	37.77-37.81	44.75	99.20	155.94	412.80	2.65	25.97	Şist
Ü18	39.00-39.26	44.90	92.93	147.07	393.60	2.68	26.25	Şist
Ü19	40.45-40.53	44.61	95.65	149.42	406.60	2.72	26.69	Şist
Ü20	41.60-41.85	44.60	91.15	142.33	388.30	2.73	26.76	Şist
Ü21	42.71-42.81	44.40	97.20	150.42	414.40	2.75	27.03	Şist
Ü22	42.95-43.15	44.82	98.02	154.57	410.80	2.66	26.07	Şist
Ü23	44.04-44.14	44.70	101.87	159.78	434.10	2.72	26.65	Şist
Ü24	44.14-44.48	44.72	101.76	159.75	434.10	2.72	26.66	Şist
Ü25	45.74-45.86	44.85	100.30	158.38	423.50	2.67	26.23	Şist
Ü26	46.15-46.23	44.70	95.60	149.95	405.60	2.70	26.54	Şist
Ü27	47.53-47.63	44.65	96.44	150.93	408.80	2.71	26.57	Şist
Ü28	48.43-48.58	44.67	96.57	151.27	409.20	2.71	26.54	Şist
Ü29	48.58-48.72	44.63	88.09	137.74	374.40	2.72	26.67	Şist
Ü30	48.77-48.87	44.55	93.65	145.91	400.30	2.74	26.91	Şist
Ü31	49.20-49.30	44.56	89.35	139.27	377.80	2.71	26.61	Şist
Ü32	49.30-49.40	44.48	96.72	150.22	409.20	2.72	26.72	Şist
Ü33	49.61-49.73	44.71	94.02	147.54	380.20	2.58	25.28	Şist
Ü34	49.73-49.86	44.64	93.11	145.65	395.10	2.71	26.61	Şist
Ü27	47.53-47.63	44.65	96.44	150.93	408.80	2.71	26.57	Şist

Ek 4.4. SK-2 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Kuru Örnek Ağırlığı Wd (g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	Kayaç Tanımı
N6	17.79-17.93	44.82	50.53	79.68	217.00	2.72	26.72	Şist
N7	18.42-18.61	44.97	64.05	101.68	268.50	2.64	25.90	Şist
N8	20.17-20.29	44.53	58.41	90.92	246.00	2.71	26.54	Şist
N9	21.23-21.36	44.82	47.65	75.14	203.40	2.71	26.55	Şist
N10	22.43-22.55	44.80	56.11	88.40	237.10	2.68	26.31	Şist
N11	22.55-22.62	45.00	55.87	88.81	237.10	2.67	26.19	Şist
N12	26.02-26.14	44.69	60.74	95.23	263.60	2.77	27.15	Şist
N13	26.31-26.43	45.01	56.08	89.19	241.20	2.70	26.53	Şist
N14	27.19-27.31	44.70	50.21	78.75	219.70	2.79	27.37	Şist
N15	28.25-28.41	45.04	62.21	99.07	265.20	2.68	26.26	Şist
N16	31.31-31.47	44.84	51.96	82.01	213.30	2.60	25.51	Şist
N17	35.23-35.35	40.98	60.88	80.26	255.60	3.18	31.24	Şist
N18	35.42-35.56	45.46	63.23	102.58	269.00	2.62	25.73	Şist
N19	37.48-37.54	44.97	49.42	78.45	211.70	2.70	26.47	Şist
N20	37.54-37.62	45.14	61.23	97.94	262.50	2.68	26.29	Şist
N21	37.76-37.83	45.00	68.29	108.56	288.70	2.66	26.09	Şist
N22	37.71-37.81	44.90	57.75	91.39	239.20	2.62	25.68	Şist
N23	39.27-39.61	44.95	62.91	99.78	268.70	2.69	26.42	Şist
N24	41.08-41.17	44.96	59.44	94.32	247.10	2.62	25.70	Şist
N25	41.82-41.97	45.01	57.16	90.90	236.10	2.60	25.48	Şist
N26	44.10-44.20	45.03	54.53	86.80	285.40	3.29	32.26	Şist
N27	44.20-44.31	45.10	66.62	106.37	230.30	2.17	21.24	Şist
N28	44.62-44.75	44.98	62.95	99.98	267.80	2.68	26.28	Şist
N29	46.39-46.49	44.52	48.14	74.90	197.70	2.64	25.89	Şist
N30	47.66-47.80	44.56	53.43	83.28	221.00	2.65	26.03	Şist
N31	47.80-47.92	44.67	50.84	79.64	209.20	2.63	25.77	Şist
N32	48.52-48.64	44.65	52.14	81.60	215.20	2.64	25.87	Şist
N33	50.44-50.54	44.80	63.63	100.25	264.00	2.63	25.83	Şist
N34	57.41-57.55	44.88	45.03	71.20	268.70	3.77	37.02	Şist
N35	59.34-59.47	44.97	66.06	104.87	-	-	Kırıldı	Şist

Ek 4.5. SK-2 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Kuru Örnek Ağırlığı Wd (g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	Kayaç Tanımı
T1	3.10-3.32	44.90	90.86	143.79	359.80	2.50	24.55	Şist
T2	10.81-10.97	44.66	86.52	135.46	367.20	2.71	26.59	Şist
T3	11.48-11.80	44.82	92.49	145.85	364.80	2.50	24.54	Şist
T4	13.32-13.52	44.70	91.85	144.07	394.60	2.74	26.87	Şist
T5	16.55-16.65	45.00	101.30	161.03	434.70	2.70	26.48	Şist
T6	17.39-17.56	44.86	94.79	149.74	399.50	2.67	26.17	Şist
T7	25.91-26.06	44.98	92.57	147.02	400.90	2.73	26.75	Şist
T8	28.41-28.61	44.65	91.30	142.88	378.90	2.65	26.01	Şist
T9	28.48-29.73	44.95	94.50	149.89	387.50	2.59	25.36	Şist
T10	30.14-30.28	44.73	94.25	148.03	399.40	2.70	26.47	Şist
T11	34.21-34.36	44.99	95.41	151.60	395.30	2.61	25.58	Şist
T12	37.00-37.33	44.96	91.59	145.34	395.00	2.72	26.66	Şist
T13	37.62-37.87	45.62	91.69	149.80	386.90	2.58	25.34	Şist
T14	39.27-39.42	45.30	89.91	144.84	384.40	2.65	26.04	Şist
T15	39.42-39.61	45.01	91.47	145.47	389.70	2.68	26.28	Şist
T16	40.00-40.20	45.10	93.09	148.64	382.60	2.57	25.25	Şist
T17	44.75-44.90	44.99	95.09	151.09	400.60	2.65	26.01	Şist
T18	46.25-46.39	44.62	87.28	136.41	360.30	2.64	25.91	Şist
T19	49.10-49.19	44.84	90.45	142.76	376.90	2.64	25.90	Şist
T20	42.48-52.59	44.88	94.00	148.63	395.00	2.66	26.07	Şist
T21	54.73-54.83	44.80	92.12	145.14	369.80	2.55	25.00	Şist
T22	54.83-54.97	44.90	90.75	143.62	376.60	2.62	25.72	Şist
T23	55.37-55.49	44.90	92.75	146.78	380.00	2.59	25.40	Şist
T24	55.49-55.63	44.74	90.75	142.60	387.50	2.72	26.66	Şist
T25	57.21-57.31	44.84	87.77	138.53	-	-	Kırıldı	Şist
T26	57.31-57.41	44.81	88.64	139.72	-	-	Kırıldı	Şist

Ek 4.6. SK-2 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Kuru Örnek Ağırlığı Wd (g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	Kayaç Tanımı
Ü1	25.22-25.45	44.72	117.53	184.51	-	-	Kırıldı	Şist
Ü2	26.14-26.31	44.72	118.92	186.69	505.30	2.71	26.55	Şist
Ü3	26.50-26.60	44.98	121.22	192.52	528.80	2.75	26.94	Şist
Ü4	27.00-27.19	44.75	118.92	186.94	509.10	2.72	26.72	Şist
Ü5	29.28-29.48	44.67	112.63	176.42	479.00	2.72	26.63	Şist
Ü6	29.58-29.70	44.66	114.08	178.61	524.90	2.94	28.83	Şist
Ü7	29.73-29.96	44.65	122.26	191.34	493.20	2.58	25.29	Şist
Ü8	30.00-30.14	44.85	110.78	174.93	473.10	2.70	26.53	Şist
Ü9	37.00-37.15	44.94	118.53	187.92	510.70	2.72	26.66	Şist
Ü10	37.33-37.48	45.33	119.37	192.55	504.60	2.62	25.71	Şist
Ü11	39.13-39.27	44.90	110.06	174.18	465.30	2.67	26.21	Şist
Ü12	43.79-43.98	44.95	120.25	190.73	493.90	2.59	25.40	Şist
Ü13	45.00-45.20	45.31	115.23	185.70	490.40	2.64	25.91	Şist
Ü14	45.20-45.30	45.04	118.16	188.16	474.80	2.52	24.75	Şist
Ü15	45.30-45.44	45.02	110.99	176.59	501.40	2.84	27.85	Şist
Ü16	45.62-45.72	45.08	117.45	187.37	500.30	2.67	26.19	Şist
Ü17	47.43-47.61	45.55	113.12	274.02	474.50	1.73	16.99	Şist
Ü18	47.26-47.43	44.36	120.80	186.60	498.10	2.67	26.19	Şist
Ü19	48.31-48.52	44.54	116.74	181.80	481.20	2.65	25.97	Şist
Ü20	49.37-49.51	45.02	117.01	186.17	483.00	2.59	25.45	Şist
Ü21	50.00-50.30	44.79	116.20	182.99	487.10	2.66	26.11	Şist
Ü22	52.29-52.48	44.71	116.41	182.67	488.30	2.67	26.22	Şist
Ü23	52.59-52.77	44.82	111.88	176.43	472.90	2.68	26.29	Şist
Ü24	54.00-54.21	45.01	115.86	184.26	484.00	2.63	25.77	Şist
Ü25	54.21-54.42	44.86	115.86	183.03	503.00	2.75	26.96	Şist
Ü26	54.57-54.73	44.84	113.55	179.22	468.20	2.61	25.63	Şist
Ü27	57.72-57.96	44.77	117.52	184.91	499.60	2.70	26.51	Şist
Ü28	58.00-58.12	44.87	115.80	183.02	495.10	2.71	26.54	Şist
Ü29	58.12-58.28	44.76	110.07	173.11	462.80	2.67	26.23	Şist
Ü30	58.28-58.51	44.75	120.55	189.51	495.70	2.62	25.66	Şist
Ü31	58.51-58.67	44.69	119.30	187.04	503.00	2.69	26.38	Şist
Ü32	58.67-58.80	44.92	116.41	184.39	489.70	2.66	26.05	Şist
Ü33	58.80-58.97	45.11	119.67	191.16	503.20	2.63	25.82	Şist
Ü34	58.97-59.10	44.82	116.75	184.11	494.30	2.68	26.34	Şist
Ü35	59.10-59.22	44.76	119.51	187.96	483.70	2.57	25.25	Şist
Ü36	59.22-59.32	44.81	114.73	180.84	474.80	2.63	25.76	Şist
Ü37	59.32-59.44	44.98	117.04	185.88	490.70	2.64	25.90	Şist
Ü38	59.44-59.56	44.84	118.96	187.76	-	-	Kırıldı	Şist
Ü39	59.56-59.68	44.75	116.07	182.46	499.60	2.74	26.86	Şist

Ek 4.7. SK-3 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Kuru Örnek Ağırlığı Wd (g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	Kayaç Tanımı
N1	10.50-10.68	44.79	46.65	73.47	197.20	2.68	26.33	Şist
N2	12.00-12.10	44.90	50.80	80.39	229.30	2.85	27.98	Şist
N3	15.05-15.13	45.04	57.56	91.66	-	-	Kırıldı	Şist
N4	15.64-15.73	45.06	52.90	84.32	225.20	2.67	26.20	Şist
N5	16.50-16.61	44.90	51.97	82.25	221.00	2.69	26.36	Şist
N6	24.00-24.10	44.95	46.68	74.04	201.50	2.72	26.70	Şist
N7	26.22-26.34	44.99	54.57	86.71	233.30	2.69	26.40	Şist
N8	30.00-30.12	45.02	44.75	71.20	187.10	2.63	25.78	Şist
N9	30.52-30.61	44.98	58.81	93.40	258.30	2.77	27.13	Şist
N10	36.25-36.45	45.10	63.19	100.90	268.10	2.66	26.07	Şist
N11	37.96-38.10	45.00	47.31	75.21	201.30	2.68	26.26	Şist
N12	39.64-39.79	45.10	47.10	75.20	203.90	2.71	26.60	Şist
N13	39.79-40.89	45.10	48.66	77.70	209.00	2.69	26.39	Şist
N14	40.27-40.38	44.96	56.72	90.00	243.70	2.71	26.56	Şist
N15	40.15-40.83	44.95	53.29	84.52	226.90	2.68	26.33	Şist
N16	46.70-46.80	45.03	57.37	91.32	241.10	2.64	25.90	Şist
N17	49.43-49.51	45.02	60.32	95.97	256.30	2.67	26.20	Şist
N18	52.78-52.90	45.01	69.56	110.62	290.50	2.63	25.76	Şist
N19	55.49-55.60	44.96	44.78	71.06	-	-	Kırıldı	Şist
N20	56.58-56.67	45.14	58.44	93.48	248.30	2.66	26.06	Şist

Ek 4.8. SK-3 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Kuru Örnek Ağırlığı Wd (g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	Kayaç Tanımı
T1	30.12-30.23	44.79	90.13	141.94	377.70	2.66	26.10	Şist
T2	39.13-39.25	44.90	91.50	144.80	397.70	2.75	26.94	Şist
T3	39.25-39.51	45.04	90.60	144.28	402.30	2.79	27.35	Şist
T4	45.50-45.68	45.06	95.71	152.55	407.50	2.67	26.21	Şist
T5	51.00-51.13	44.90	87.85	139.03	371.30	2.67	26.20	Şist

Ek 4.9. SK-3 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin yoğunluk-birim hacim ağırlık deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Hacim V (cm ³)	Kuru Örnek Ağırlığı Wd (g)	Yoğunluk (g/cm ³)	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	Kayaç Tanımı
Ü1	3.62-3.81	47.40	96.50	170.20	503.40	2.96	29.02	Şist
Ü2	14.43-14.54	44.60	86.20	134.60	395.50	2.94	28.82	Şist
Ü3	16.74-17.00	44.50	92.10	143.17	481.60	3.36	33.00	Şist
Ü4	19.30-19.53	44.68	88.26	138.31	516.30	3.73	36.62	Şist
Ü5	21.16-21.31	45.07	89.61	142.89	492.00	3.44	33.78	Şist
Ü6	22.80-22.95	44.61	88.34	138.00	496.80	3.60	35.31	Şist
Ü7	23.00-23.20	44.52	89.40	139.10	494.20	3.55	34.85	Şist

EK-5 AĞIRLIKÇA VE HACİMCE SU EMME DENEYİ

Ek 5.1. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 24 Saat	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 48 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 24 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 48 Saat	Kayaç Tanımı
N1	7.34-7.49	0.54	1.02	1.45	2.75	Şist
N2	9.00-9.09	0.48	1.06	1.31	2.92	Şist
N3	9.79-9.91	0.19	0.85	0.52	2.35	Şist
N4	11.23-11.33	0.34	0.68	0.91	1.82	Şist
N5	11.33-11.43	0.25	0.55	0.67	1.47	Şist
N6	11.43-11.56	0.32	0.58	0.86	1.57	Şist
N7	12.54-12.65	0.19	0.33	0.51	0.90	Şist
N8	13.00-13.16	0.35	0.80	0.96	2.16	Şist
N9	15.65-15.77	0.33	0.67	0.91	1.82	Şist
N10	17.00-17.07	0.76	1.18	2.13	3.29	Şist
N11	18.00-18.44	0.19	0.54	0.53	1.48	Şist
N12	19.00-19.11	0.21	0.55	0.58	1.50	Şist
N13	21.16-21.31	0.27	0.68	0.73	1.83	Şist
N14	21.31-21.79	0.24	0.53	0.66	1.46	Şist
N15	22.00-22.13	0.16	0.45	0.42	1.16	Şist
N16	22.21-22.36	0.23	0.79	0.57	1.95	Şist
N17	22.80-22.95	0.27	0.89	0.73	2.43	Şist
N18	23.28-23.40	0.21	0.46	0.59	1.28	Şist
N19	23.40-23.57	0.53	1.05	1.40	2.80	Şist
N20	26.43-26.51	0.24	0.83	0.65	2.29	Şist
N21	26.57-26.68	0.21	0.53	0.58	1.44	Şist
N22	27.04-27.12	0.36	1.09	0.97	2.90	Şist
N23	30.21-30.31	0.26	0.73	0.69	1.96	Şist
N24	31.37-31.46	0.26	0.51	0.65	1.31	Şist
N25	32.72-32.84	0.04	0.25	0.11	0.67	Şist
N26	34.79-34.92	0.08	0.16	0.21	0.43	Şist
N27	35.66-35.76	0.15	0.30	0.41	0.82	Şist
N28	35.86-35.95	0.37	0.74	0.98	1.96	Şist
N29	36.00-36.11	0.28	0.61	0.75	1.63	Şist
N30	36.50-36.63	0.50	1.16	1.31	3.01	Şist
N31	36.68-36.80	0.22	0.48	0.58	1.27	Şist
N32	36.80-36.92	0.22	0.58	0.59	1.54	Şist
N33	37.00-37.13	0.17	0.61	0.45	1.58	Şist
N34	37.59-37.70	0.47	0.83	1.30	2.30	Şist
N35	37.81-37.93	0.26	0.45	0.71	1.21	Şist
N36	40.19-40.29	0.16	0.28	0.43	0.76	Şist
N37	40.34-40.45	0.17	0.42	0.46	1.15	Şist
N38	41.34-41.47	0.12	0.28	0.33	0.77	Şist
N39	41.47-41.56	0.14	0.19	0.39	0.51	Şist
N40	41.85-41.95	0.17	0.34	0.46	0.93	Şist
N41	42.86-43.00	0.25	0.55	0.67	1.47	Şist
N42	46.00-46.11	0.09	0.43	0.23	1.17	Şist

Ek 5.1. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları (devamı).

N43	46.64-46.77	0.09	0.30	0.23	0.80	Şist
N44	47.85-47.93	0.14	0.21	0.38	0.58	Şist
N45	49.08-49.20	0.54	1.02	1.45	2.75	Şist

Ek 5.2. SK-1 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 24 Saat	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 48 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 24 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 48 Saat	Kayaç Tanımı
T1	25.67-25.78	0.77	0.85	2.08	2.29	Şist
T2	31.46-31.58	0.58	0.67	1.55	1.77	Şist
T3	34.47-34.73	0.32	0.38	0.82	0.96	Şist
T4	35.00-35.21	0.26	0.41	0.70	1.12	Şist
T5	35.51-35.66	0.10	0.15	0.28	0.41	Şist
T6	36.16-36.34	0.45	0.63	1.18	1.66	Şist
T7	36.34-36.50	0.31	0.28	0.81	0.74	Şist
T8	37.32-37.49	0.80	1.05	2.10	2.73	Şist
T9	38.00-38.17	0.35	0.51	0.93	1.33	Şist
T10	38.17-38.29	0.29	0.42	0.75	1.10	Şist
T11	38.39-38.64	0.33	0.44	0.93	1.21	Şist
T12	39.26-39.39	0.16	0.24	0.43	0.65	Şist
T13	39.74-39.90	0.13	0.20	0.35	0.57	Şist
T14	40.00-40.19	0.21	0.31	0.56	0.85	Şist
T15	40.57-40.71	0.10	0.23	0.27	0.62	Şist
T16	41.00-41.13	0.15	0.23	0.42	0.63	Şist
T17	41.13-41.27	0.13	0.15	0.34	0.41	Şist
T18	42.00-42.30	0.15	0.25	0.42	0.70	Şist
T19	42.30-42.51	0.20	0.23	0.55	0.62	Şist
T20	42.51-42.71	0.13	0.18	0.35	0.48	Şist
T21	43.21-43.38	0.74	0.80	1.97	2.11	Şist
T22	43.38-43.62	0.13	0.20	0.34	0.55	Şist
T23	44.00-44.23	0.15	0.18	0.42	0.48	Şist
T24	44.23-44.48	0.05	0.21	0.14	0.55	Şist
T25	44.48-44.78	0.10	0.20	0.28	0.57	Şist
T26	45.22-45.51	0.21	0.34	0.55	0.90	Şist
T27	45.51-46.23	0.13	0.23	0.35	0.63	Şist
T28	46.23-46.45	0.42	0.55	1.13	1.48	Şist
T29	46.45-46.64	0.30	0.43	0.79	1.12	Şist
T30	46.77-46.91	0.26	0.36	0.68	0.96	Şist
T31	47.40-47.53	0.10	0.20	0.28	0.56	Şist
T32	47.63-47.85	0.13	0.20	0.34	0.54	Şist
T33	48.12-48.22	0.45	0.58	1.18	1.53	Şist

Ek 5.3. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 24 Saat	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 48 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 24 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 48 Saat	Kayaç Tanımı
Ü1	3.62-3.81	3.08	3.22	7.76	8.11	Şist
Ü2	14.43-14.54	0.35	0.41	0.97	1.11	Şist
Ü3	16.74-17.08	0.85	1.00	2.30	2.72	Şist
Ü4	19.30-19.53	1.41	1.43	3.54	3.62	Şist
Ü5	21.16-21.31	1.05	1.07	2.80	2.87	Şist
Ü6	22.80-22.95	0.78	0.86	2.10	2.32	Şist
Ü7	23.00-23.20	0.87	0.93	2.37	2.52	Şist
Ü8	24.59-24.86	0.86	0.91	2.30	2.43	Şist
Ü9	30.31-30.50	1.82	1.96	5.23	5.64	Şist
Ü10	33.05-33.19	1.18	1.31	3.15	3.49	Şist
Ü11	33.19-33.32	0.53	0.83	1.71	2.70	Şist
Ü12	33.32-33.60	0.16	0.21	0.44	0.57	Şist
Ü13	34.15-34.32	0.36	0.42	0.96	1.11	Şist
Ü14	35.76-35.87	0.31	0.41	0.85	1.11	Şist
Ü15	36.11-36.16	0.68	0.92	1.81	2.46	Şist
Ü16	37.13-37.32	0.47	0.52	1.25	1.37	Şist
Ü17	37.77-37.81	0.46	0.65	1.22	1.73	Şist
Ü18	39.00-39.26	0.25	0.36	0.68	0.95	Şist
Ü19	40.45-40.53	0.30	0.32	0.80	0.87	Şist
Ü20	41.60-41.85	0.52	0.67	1.41	1.83	Şist
Ü21	42.71-42.81	0.36	0.41	1.00	1.13	Şist
Ü22	42.95-43.15	0.29	0.54	0.78	1.42	Şist
Ü23	44.04-44.14	0.55	0.55	1.50	1.50	Şist
Ü24	44.14-44.48	0.55	0.55	1.50	1.50	Şist
Ü25	45.74-45.86	0.28	0.28	0.76	0.76	Şist
Ü26	46.15-46.23	0.30	0.37	0.80	1.00	Şist
Ü27	47.53-47.63	0.49	0.54	1.33	1.46	Şist
Ü28	48.43-48.58	0.42	0.44	1.12	1.19	Şist
Ü29	48.58-48.72	0.13	0.19	0.36	0.51	Şist
Ü30	48.77-48.87	0.12	0.22	0.34	0.62	Şist
Ü31	49.20-49.30	0.40	0.53	1.08	1.44	Şist
Ü32	49.30-49.40	0.17	0.24	0.47	0.67	Şist
Ü33	49.61-49.73	5.16	5.23	13.28	13.49	Şist

Ek 5.4. SK-2 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 24 Saat	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 48 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 24 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 48 Saat	Kayaç Tanımı
N6	17.79-17.93	0.51	0.60	1.38	1.63	Şist
N7	18.42-18.61	0.48	0.56	1.28	1.48	Şist
N8	20.17-20.29	0.53	0.61	1.43	1.65	Şist
N9	21.23-21.36	0.29	0.39	0.80	1.06	Şist
N10	22.43-22.55	0.38	0.46	1.02	1.24	Şist
N11	22.55-22.62	0.38	0.46	1.01	1.24	Şist
N12	26.02-26.14	0.30	0.38	0.84	1.05	Şist
N13	26.31-26.43	0.54	0.62	1.46	1.68	Şist
N14	27.19-27.31	0.59	0.68	1.65	1.90	Şist
N15	28.25-28.41	0.30	0.38	0.81	1.01	Şist
N16	31.31-31.47	0.33	0.42	0.85	1.10	Şist
N17	35.23-35.35	0.16	0.20	0.50	0.62	Şist
N18	35.42-35.56	0.33	0.37	0.88	0.97	Şist
N19	37.48-37.54	0.14	0.19	0.38	0.51	Şist
N20	37.54-37.62	0.15	0.19	0.41	0.51	Şist
N21	37.76-37.83	0.10	0.14	0.28	0.37	Şist
N22	37.71-37.81	0.21	0.25	0.55	0.66	Şist
N23	39.27-39.61	0.07	0.11	0.20	0.30	Şist
N24	41.08-41.17	0.36	0.40	0.95	1.06	Şist
N25	41.82-41.97	0.38	0.47	0.99	1.21	Şist
N26	44.10-44.20	0.14	0.21	0.46	0.69	Şist
N27	44.20-44.31	0.13	0.17	0.28	0.38	Şist
N28	44.62-44.75	0.15	0.19	0.40	0.50	Şist
N29	46.39-46.49	0.35	0.46	0.93	1.20	Şist
N30	47.66-47.80	0.54	0.59	1.44	1.56	Şist
N31	47.80-47.92	0.33	0.48	0.88	1.26	Şist
N32	48.52-48.64	0.37	0.46	0.98	1.23	Şist
N33	50.44-50.54	0.64	0.72	1.70	1.90	Şist
N34	57.41-57.55	0.30	0.38	1.54	1.97	Şist
N35	59.34-59.47	Kırıldı	-	Kırıldı	-	Şist

Ek 5.5. SK-2 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 24 Saat	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 48 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 24 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 48 Saat	Kayaç Tanımı
T1	3.10-3.32	1.45	1.53	3.62	3.82	Şist
T2	10.81-10.97	1.14	1.53	3.10	4.13	Şist
T3	11.48-11.80	1.15	1.18	2.88	2.95	Şist
T4	13.32-13.52	0.35	0.81	0.97	2.22	Şist
T5	16.55-16.65	0.25	0.35	0.68	0.93	Şist
T6	17.39-17.56	0.20	0.25	0.53	0.67	Şist
T7	25.91-26.06	0.42	0.52	1.16	1.43	Şist
T8	28.41-28.61	0.05	0.11	0.14	0.28	Şist
T9	28.48-29.73	0.28	0.23	0.73	0.60	Şist
T10	30.14-30.28	0.40	0.48	1.08	1.28	Şist
T11	34.21-34.36	0.30	0.38	0.79	0.99	Şist
T12	37.00-37.33	0.15	0.18	0.41	0.48	Şist
T13	37.62-37.87	0.26	0.31	0.67	0.80	Şist
T14	39.27-39.42	0.03	0.05	0.07	0.14	Şist
T15	39.42-39.61	0.03	0.05	0.07	0.14	Şist
T16	40.00-40.20	0.24	0.31	0.61	0.81	Şist
T17	44.75-44.90	0.25	0.30	0.66	0.79	Şist
T18	46.25-46.39	0.31	0.42	0.81	1.10	Şist
T19	49.10-49.19	0.27	0.32	0.70	0.84	Şist
T20	42.48-52.59	0.51	0.58	1.35	1.55	Şist
T21	54.73-54.83	0.51	0.59	1.31	1.52	Şist
T22	54.83-54.97	0.50	0.58	1.32	1.53	Şist
T23	55.37-55.49	0.29	0.39	0.75	1.02	Şist
T24	55.49-55.63	0.31	0.39	0.84	1.05	Şist
T25	57.21-57.31	Kırıldı	-	Kırıldı	-	Şist
T26	57.31-57.41	Kırıldı	-	Kırıldı	-	Şist

Ek 5.6. SK-2 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan, Ü örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 24 Saat	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 48 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 24 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 48 Saat	Kayaç Tanımı
Ü1	17.50-17.65	Kırıldı	-	Kırıldı	-	Şist
Ü2	26.14-26.31	0.28	0.36	0.75	0.96	Şist
Ü3	26.50-26.60	0.34	0.25	0.93	0.68	Şist
Ü4	27.00-27.19	8.27	0.51	22.52	1.39	Şist
Ü5	29.28-29.48	0.42	0.50	1.13	1.36	Şist
Ü6	29.58-29.70	0.21	0.30	0.62	0.90	Şist
Ü7	29.73-29.96	0.28	0.36	0.73	0.94	Şist
Ü8	30.00-30.14	0.36	0.44	0.97	1.20	Şist
Ü9	37.00-37.15	0.04	0.06	0.11	0.16	Şist
Ü10	37.33-37.48	0.14	0.22	0.36	0.57	Şist
Ü11	39.13-39.27	0.15	0.19	0.40	0.52	Şist
Ü12	43.79-43.98	1.09	1.19	2.83	3.09	Şist
Ü13	45.00-45.20	0.08	0.12	0.22	0.32	Şist
Ü14	45.20-45.30	0.04	0.11	0.11	0.27	Şist
Ü15	45.30-45.44	0.16	0.22	0.45	0.62	Şist
Ü16	45.62-45.72	0.08	0.10	0.21	0.27	Şist
Ü17	47.43-47.61	0.30	0.36	0.51	0.62	Şist
Ü18	47.26-47.43	0.24	0.34	0.64	0.91	Şist
Ü19	48.31-48.52	0.29	0.37	0.77	0.99	Şist
Ü20	49.37-49.51	0.37	0.43	0.97	1.13	Şist
Ü21	50.00-50.30	0.21	0.25	0.55	0.66	Şist
Ü22	52.29-52.48	0.35	0.51	0.93	1.37	Şist
Ü23	52.59-52.77	0.13	0.21	0.34	0.57	Şist
Ü24	54.00-54.21	0.21	0.29	0.54	0.76	Şist
Ü25	54.21-54.42	0.24	0.34	0.66	0.93	Şist
Ü26	54.57-54.73	0.38	0.47	1.00	1.23	Şist
Ü27	57.72-57.96	1.18	1.20	3.19	3.24	Şist
Ü28	58.00-58.12	0.26	0.28	0.71	0.76	Şist
Ü29	58.12-58.28	0.19	0.28	0.52	0.75	Şist
Ü30	58.28-58.51	0.26	0.36	0.69	0.95	Şist
Ü31	58.51-58.67	0.34	0.40	0.91	1.07	Şist
Ü32	58.67-58.80	0.06	0.10	0.16	0.27	Şist
Ü33	58.80-58.97	0.14	0.16	0.37	0.42	Şist
Ü34	58.97-59.10	0.28	0.36	0.76	0.98	Şist
Ü35	59.10-59.22	0.19	0.27	0.48	0.69	Şist
Ü36	59.22-59.32	7.60	7.62	19.96	20.02	Şist
Ü37	59.32-59.44	0.22	0.31	0.59	0.81	Şist
Ü38	59.44-59.56	78.26	78.40	118.08	118.29	Şist
Ü39	59.56-59.68	0.44	0.52	1.21	1.42	Şist

Ek 5.7. SK-3 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 24 Saat	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 48 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 24 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 48 Saat	Kayaç Tanımı
N1	10.50-10.68	1.17	1.67	3.13	4.49	Şist
N2	12.00-12.10	1.61	2.05	4.60	5.85	Şist
N3	15.05-15.13	Kırıldı	-	Kırıldı	-	Şist
N4	15.64-15.73	0.36	0.58	0.95	1.54	Şist
N5	16.50-16.61	1.09	1.18	2.92	3.16	Şist
N6	24.00-24.10	0.50	0.74	1.35	2.03	Şist
N7	26.22-26.34	0.60	0.86	1.61	2.31	Şist
N8	30.00-30.12	0.53	0.59	1.40	1.54	Şist
N9	30.52-30.61	0.46	0.74	1.28	2.03	Şist
N10	36.25-36.45	0.56	0.78	1.49	2.08	Şist
N11	37.96-38.10	0.84	1.09	2.26	2.93	Şist
N12	39.64-39.79	0.59	0.83	1.60	2.26	Şist
N13	39.79-40.89	0.72	0.96	1.93	2.57	Şist
N14	40.27-40.38	0.57	0.78	1.56	2.11	Şist
N15	40.15-40.83	0.57	0.75	1.54	2.01	Şist
N16	46.70-46.80	0.83	1.08	2.19	2.85	Şist
N17	49.43-49.51	0.98	1.29	2.60	3.44	Şist
N18	52.78-52.90	0.72	0.90	1.90	2.35	Şist
N19	55.49-55.60	0.68	0.78	2.81	3.24	Şist
N20	56.58-56.67	0.28	0.48	0.75	1.28	Şist

Ek 5.8. SK-3 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 24 Saat	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 48 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 24 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 48 Saat	Kayaç Tanımı
T1	30.12-30.23	1.59	1.77	8.17	9.12	Şist
T2	39.13-39.25	0.85	1.13	4.23	5.60	Şist
T3	39.25-39.51	0.63	0.85	3.38	4.58	Şist
T4	45.50-45.68	0.96	1.10	4.63	5.34	Şist
T5	51.00-51.13	0.65	0.86	2.92	3.89	Şist

Ek 5.9. SK-3 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin ağırlıkça ve hacimce su emme deney sonuçları.

Örnek No	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 24 Saat	Ağırlıkça Su Emme Oranı Aw (%) 48 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 24 Saat	Hacimce Su Emme Oranı Hw (%) 48 Saat	Kayaç Tanımı
Ü1	3.62-3.81	0.34	0.48	1.00	1.41	Şist
Ü2	14.43-14.54	0.73	1.04	2.15	3.05	Şist
Ü3	16.74-17.00	0.48	0.69	1.61	2.30	Şist
Ü4	19.30-19.53	0.70	0.87	2.60	3.25	Şist
Ü5	21.16-21.31	1.22	1.32	4.20	4.55	Şist
Ü6	22.80-22.95	0.58	0.74	2.10	2.68	Şist
Ü7	23.00-23.20	0.75	0.93	2.66	3.31	Şist

EK-6 NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Ek 6.1. SK-1 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Deney Türü	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Yenilme Yükü P (kN)	De ² (mm ²)	Is (MPa)	F	I _{s(50)} (MPa)	Kayaç Tanımı
N6	11.43-11.56	d//	47.81	44.67	1.29	1995.41	0.65	0.95	0.61	Şist
N12	19.00-19.11	a⊥	60.96	44.50	1.50	3455.69	0.43	1.08	0.47	Şist
N16	22.21-22.36	a⊥	58.79	45.28	2.23	3391.10	0.66	1.07	0.70	Şist
N22	27.04-27.12	d//	45.03	44.31	2.07	1963.38	1.05	0.95	1.00	Şist
N25	32.72-32.84	a⊥	56.53	45.46	1.37	3273.70	0.42	1.06	0.44	Şist
N28	35.86-35.95	a⊥	46.29	44.77	2.24	2640.00	0.85	1.01	0.86	Şist
N29	36.00-36.11	a⊥	39.20	44.63	1.02	2228.66	0.46	0.97	0.45	Şist
N34	37.59-37.70	d//	56.24	44.86	2.87	2012.42	1.43	0.95	1.36	Şist
N36	40.19-40.29	a⊥	63.46	44.60	1.37	3605.50	0.38	1.09	0.41	Şist
N40	41.85-41.95	a⊥	49.87	44.57	2.01	2831.47	0.71	1.03	0.73	Şist
N41	42.86-43.00	a⊥	69.18	44.60	1.02	3930.48	0.26	1.11	0.29	Şist
N43	46.64-46.77	d//	54.91	44.51	6.47	1981.14	3.27	0.95	3.10	Şist
N45	49.08-49.20	a⊥	67.02	44.49	6.93	3798.37	1.82	1.10	2.00	Şist

Ek 6.2. SK-2 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Deney Türü	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Yenilme Yüğü P (kN)	De ² (mm ²)	Is (MPa)	F	I _{s(50)} (MPa)	Kayaç Tanımı
N7	18.42-18.61	a _⊥	64.05	44.97	1.30	2022.30	0.64	0.95	0.61	Şist
N8	20.17-20.29	d//	58.41	44.53	3.34	1982.92	1.68	0.95	1.60	Şist
N9	21.23-21.36	d//	47.65	44.82	4.74	2008.83	2.36	0.95	2.25	Şist
N11	22.55-22.62	a _⊥	55.87	45.00	5.78	2025.00	2.85	0.95	2.72	Şist
N12	26.02-26.14	d//	60.74	44.69	1.74	1997.20	0.87	0.95	0.83	Şist
N14	27.19-27.31	a _⊥	50.21	44.70	2.66	1998.09	1.33	0.95	1.27	Şist
N15	28.25-28.41	d//	62.21	45.04	1.78	2028.60	0.88	0.95	0.84	Şist
N16	31.31-31.47	d//	51.96	44.84	13.70	2010.63	6.81	0.95	6.49	Şist
N17	35.23-35.35	a _⊥	60.88	40.98	8.56	1679.36	5.10	0.91	4.66	Şist
N18	35.42-35.56	a _⊥	63.23	45.46	7.31	2066.61	3.54	0.96	3.39	Şist
N20	37.54-37.62	d//	61.23	45.14	9.38	2037.62	4.60	0.96	4.40	Şist
N23	39.27-39.61	d//	62.91	44.95	10.96	2020.50	5.42	0.95	5.17	Şist
N24	41.08-41.17	a _⊥	59.44	44.96	9.60	2021.40	4.75	0.95	4.53	Şist
N26	44.10-44.20	a _⊥	54.53	45.03	6.51	2027.70	3.21	0.95	3.06	Şist
N31	47.80-47.92	d//	50.84	44.67	5.19	1995.41	2.60	0.95	2.47	Şist
N32	48.52-48.64	a _⊥	52.14	44.65	6.56	1993.62	3.29	0.95	3.13	Şist
N33	50.44-50.54	a _⊥	63.63	44.80	8.30	2007.04	4.14	0.95	3.94	Şist

Ek 6.3. SK-3 sondajından nokta yükü dayanım indeksi deneyi için hazırlanan N örneklerin nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Deney Türü	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Yenilme Yüğü P (kN)	De ² (mm ²)	Is (MPa)	F	I _{s(50)} (MPa)	Kayaç Tanımı
N1	10.50-10.68	a _⊥	46.65	44.79	1.52	2661.72	0.57	1.01	0.58	Şist
N2	12.00-12.10	a _⊥	50.80	44.90	2.97	2905.63	1.02	1.03	1.06	Şist
N3	15.05-15.13	d//	57.56	45.04	3.13	2028.60	1.54	0.95	1.47	Şist
N5	16.50-16.61	a _⊥	51.97	44.90	3.14	2972.55	1.06	1.04	1.10	Şist
N6	24.00-24.10	d//	46.68	44.95	3.73	2020.50	1.85	0.95	1.76	Şist
N7	26.22-26.34	a _⊥	54.57	44.99	4.95	3127.52	1.58	1.05	1.66	Şist
N8	30.00-30.12	d//	44.75	45.02	14.78	2026.80	7.29	0.95	6.96	Şist
N10	36.25-36.45	a _⊥	63.19	45.10	2.89	3630.41	0.80	1.09	0.87	Şist
N11	37.96-38.10	d//	47.31	45.00	2.63	2025.00	1.30	0.95	1.24	Şist
N13	39.79-40.89	d//	48.66	45.10	3.67	2034.01	1.80	0.95	1.72	Şist
N15	40.15-40.83	d//	53.29	44.95	3.13	2020.50	1.55	0.95	1.48	Şist
N16	46.70-46.80	a _⊥	57.37	45.03	2.95	3290.92	0.90	1.06	0.95	Şist
N17	49.43-49.51	a _⊥	60.32	45.02	2.74	3459.37	0.79	1.08	0.85	Şist
N18	52.78-52.90	a _⊥	69.56	45.01	3.37	3988.40	0.84	1.11	0.94	Şist
N20	56.58-56.67	a _⊥	58.44	45.14	9.95	3360.49	2.96	1.07	3.16	Şist

EK-7 TEK EKSENLİ SIKIŞMA DAYANIMI DENEYİ

Ek 7.1. SK-1 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Kesit Alanı (m ²)	Yükleme Hızı (kN/dk)	Yenilme Yüğü F (kN)	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı σ_c (MPa)
T1	25.67-25.78	44.95	90.98	0.00159	3.00	42.59	26.85
T2	31.46-31.58	44.66	86.52	0.00157	3.00	38.92	24.86
T3	34.47-34.73	44.82	92.49	0.00158	3.00	5.28	3.35
T5	35.51-35.66	44.73	92.52	0.00157	3.00	53.02	33.76
T6	36.16-36.34	44.90	91.21	0.00158	3.00	50.05	31.62
T8	37.32-37.49	44.65	91.30	0.00157	3.00	26.46	16.91
T10	38.17-38.29	44.98	92.00	0.00159	3.00	56.82	35.77
T11	38.39-38.64	44.04	91.93	0.00152	3.00	51.93	34.11
T12	39.26-39.39	44.53	88.90	0.00156	3.00	12.17	7.82
T14	40.00-40.19	44.81	90.00	0.00158	3.00	33.73	21.40
T16	41.00-41.13	44.72	91.22	0.00157	3.00	40.63	25.88
T20	42.51-42.71	44.50	92.87	0.00155	3.00	70.22	45.17
T22	43.38-43.62	44.93	92.27	0.00159	3.00	51.76	32.66
T23	44.00-44.23	44.70	92.11	0.00157	3.00	114.48	72.99
T26	45.22-45.51	44.93	91.33	0.00159	3.00	15.80	9.97
T27	45.51-46.23	44.56	92.24	0.00156	3.00	59.46	38.15
T28	46.23-46.45	44.51	91.16	0.00156	3.00	19.68	12.66
T29	46.45-46.64	44.83	96.20	0.00158	3.00	100.40	63.64
T31	47.40-47.53	44.58	92.20	0.00156	3.00	108.59	69.60
T33	48.12-48.22	44.90	90.90	0.00158	3.00	40.97	25.89

Ek 7.2. SK-2 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Kesit Alanı (m ²)	Yükleme Hızı (kN/dk)	Yenilme Yüğü F (kN)	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı σ (MPa)
T1	3.10-3.32	44.90	90.86	0.00158	3.00	16.64	10.51
T2	10.81-10.97	44.66	86.52	0.00157	3.00	-	-
T3	11.48-11.80	44.82	92.49	0.00158	3.00	-	-
T4	13.32-13.52	44.70	91.85	0.00157	3.00	-	-
T5	16.55-16.65	45.00	101.30	0.00159	3.00	28.08	17.66
T6	17.39-17.56	44.86	94.79	0.00158	3.00	20.39	12.91
T7	25.91-26.06	44.98	92.57	0.00159	3.00	-	-
T8	28.41-28.61	44.65	91.30	0.00157	3.00	-	-
T9	28.48-29.73	44.95	94.50	0.00159	3.00	26.28	16.57
T10	30.14-30.28	44.73	94.25	0.00157	3.00	-	-
T11	34.21-34.36	44.99	95.41	0.00159	3.00	-	-
T12	37.00-37.33	44.96	91.59	0.00159	3.00	25.95	16.35
T13	37.62-37.87	45.62	91.69	0.00163	3.00	27.11	16.59
T14	39.27-39.42	45.30	89.91	0.00161	3.00	45.63	28.33
T15	39.42-39.61	45.01	91.47	0.00159	3.00	-	-
T16	40.00-40.20	45.10	93.09	0.0016	3.00	-	-
T17	44.75-44.90	44.99	95.09	0.00159	3.00	72.61	45.70
T18	46.25-46.39	44.62	87.28	0.00156	3.00	29.31	18.75
T19	49.10-49.19	44.84	90.45	0.00158	3.00	42.97	27.22
T20	42.48-52.59	44.88	94.00	0.00158	3.00	12.72	8.04
T21	54.73-54.83	44.80	92.12	0.00158	3.00	-	-
T22	54.83-54.97	44.90	90.75	0.00158	3.00	86.78	54.83
T23	55.37-55.49	44.90	92.75	0.00158	3.00	-	-
T24	55.49-55.63	44.74	90.75	0.00157	3.00	84.55	53.81
T25	57.21-57.31	44.84	87.77	0.00158	3.00	69.47	44.01
T26	57.31-57.41	44.81	88.64	0.00158	3.00	96.24	61.06

Ek 7.3. SK-3 sondajından tek eksenli sıkışma deneyi için hazırlanan T örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Kesit Alanı (m ²)	Yükleme Hızı (kN/dk)	Yenilme Yüğü F (kN)	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı σ (MPa)
T1	30.12-30.23	45.10	90.13	0.00160	3.00	34.21	21.43
T2	39.13-39.25	45.19	91.50	0.00160	3.00	23.66	14.76
T4	45.50-45.68	45.00	95.71	0.00159	3.00	23.06	14.51
T5	51.00-51.13	44.90	87.85	0.00158	3.00	51.17	32.33

EK-8 ÜÇ EKSENLİ SIKIŞMA DENEYİ

Ek 8.1. SK-1 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin üç eksenli sıkışma deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Kesit Alanı(m ²)	Yanal Basınç σ_3 (MPa)	Yenilme Yüğü F (kN)	Eksenel Gerilim σ_1 (MPa)
Ü2	14.43-14.54	44.60	86.20	0.00156	1	68.50	43.87
Ü3	16.74-17.08	44.50	92.10	0.00155	2	40.44	26.02
Ü6	22.80-22.95	44.61	88.34	0.00156	4	88.06	56.37
Ü19	40.45-40.53	44.61	95.65	0.00156	1	31.55	20.20
Ü20	41.60-41.85	44.60	91.15	0.00156	2	54.00	34.58
Ü21	42.71-42.81	44.40	97.20	0.00155	4	160.72	103.86
Ü26	46.15-46.23	44.70	95.60	0.00157	1	100.99	64.39
Ü27	47.53-47.63	44.65	96.44	0.00157	2	100.97	64.52
Ü28	48.43-48.58	44.67	96.57	0.00157	4	122.54	78.23
Ü30	48.77-48.87	44.55	93.65	0.00156	1	112.18	72.00
Ü31	49.20-49.30	44.56	89.35	0.00156	2	101.33	65.01
Ü32	49.30-49.40	44.48	96.72	0.00155	4	140.77	90.64

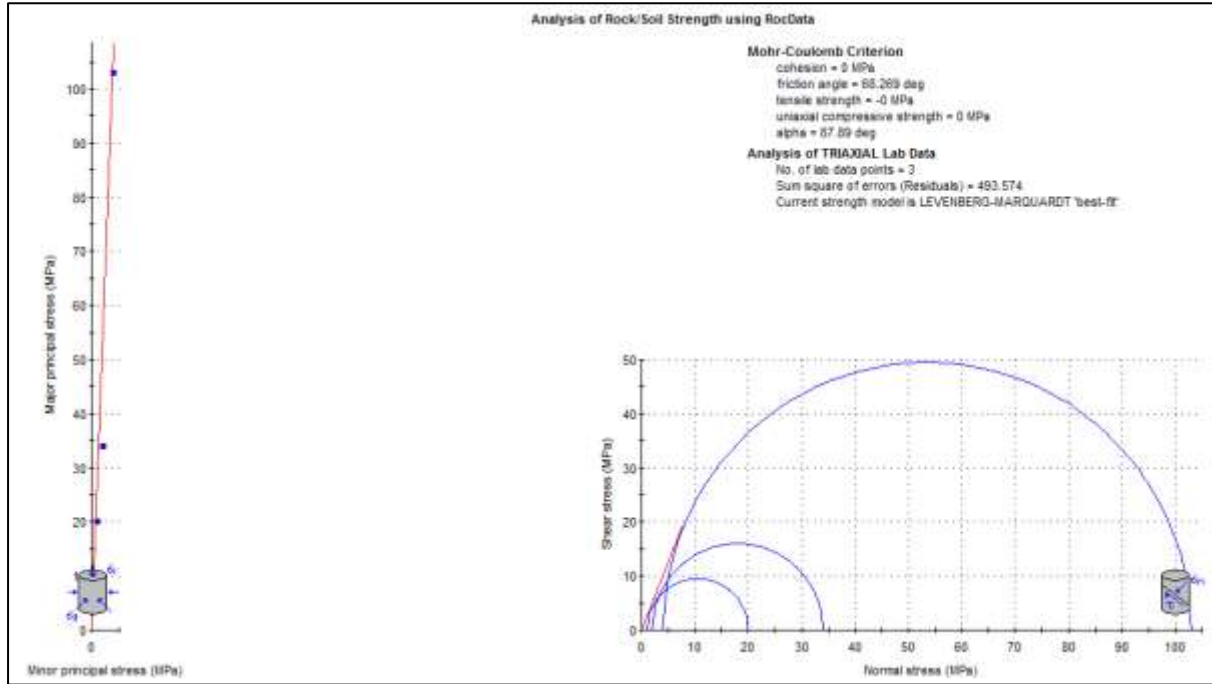
Ek 8.2. SK-2 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin üç eksenli sıkışma deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Kesit Alanı(m ²)	Yanal Basınç σ_3 (MPa)	Yenilme Yüğü F (kN)	Eksenel Gerilim σ_1 (MPa)
Ü1	17.50-17.65	44.72	117.53	0.00157	1	13.83	8.81
Ü2	26.14-26.31	44.72	118.92	0.00157	2	46.29	29.49
Ü4	27.00-27.19	44.75	118.92	0.00157	4	88.06	56.02
Ü5	29.28-29.48	44.67	112.63	0.00157	1	24.82	15.85
Ü6	29.58-29.70	44.66	114.08	0.00157	2	44.03	28.12
Ü7	29.73-29.96	44.65	122.26	0.00157	4	63.81	40.77
Ü13	45.00-45.20	45.31	115.23	0.00161	1	70.85	43.96
Ü14	45.20-45.30	45.04	118.16	0.00159	2	68.40	42.95
Ü15	45.30-45.44	45.02	110.99	0.00159	4	116.42	73.17
Ü24	54.00-54.21	45.01	115.86	0.00159	1	67.25	42.29
Ü25	54.21-54.42	44.86	115.86	0.00158	2	99.27	62.84
Ü26	54.57-54.73	44.84	113.55	0.00158	4	98.06	62.13
Ü34	58.97-59.10	44.82	116.75	0.00158	1	86.74	55.01
Ü35	59.10-59.22	44.76	119.51	0.00157	2	111.24	70.73
Ü36	59.22-59.32	44.81	114.73	0.00158	4	109.81	69.67

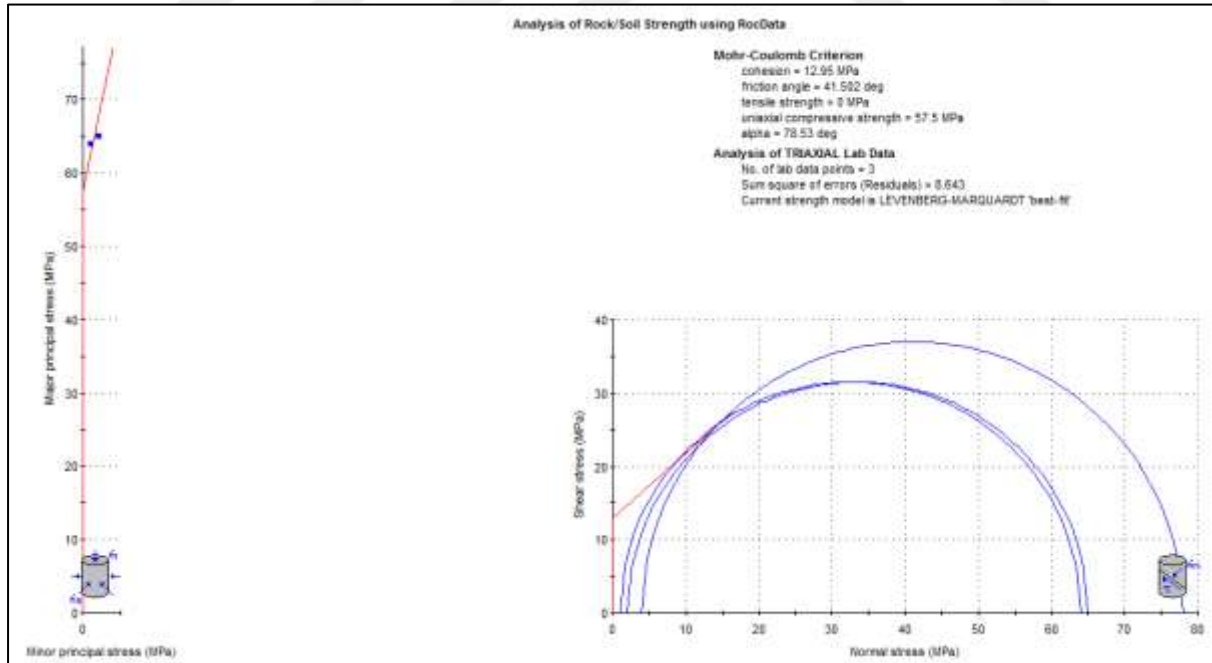
Ek 8.3. SK-3 sondajından üç eksenli deneyi için hazırlanan Ü örneklerin üç eksenli sıkışma deney sonuçları.

Örnek No	Örnekleme Derinliği (m)	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Kesit Alanı(m²)	Yanal Basınç σ_3(MPa)	Yenilme Yüğü F (kN)	Eksenel Gerilim σ_1(MPa)
Ü1	3.62-3.81	47.40	96.50	0.00176	1	38.98	22.10
Ü3	16.74-17.00	44.50	92.10	0.00155	2	76.97	49.51
Ü4	19.30-19.53	44.68	88.26	0.00157	4	68.38	43.63
Ü5	21.16-21.31	45.07	89.61	0.0016	1	29.30	18.37
Ü6	22.80-22.95	44.61	88.34	0.00156	2	87.34	55.90
Ü7	23.00-23.20	44.52	89.40	0.00156	4	80.56	51.77

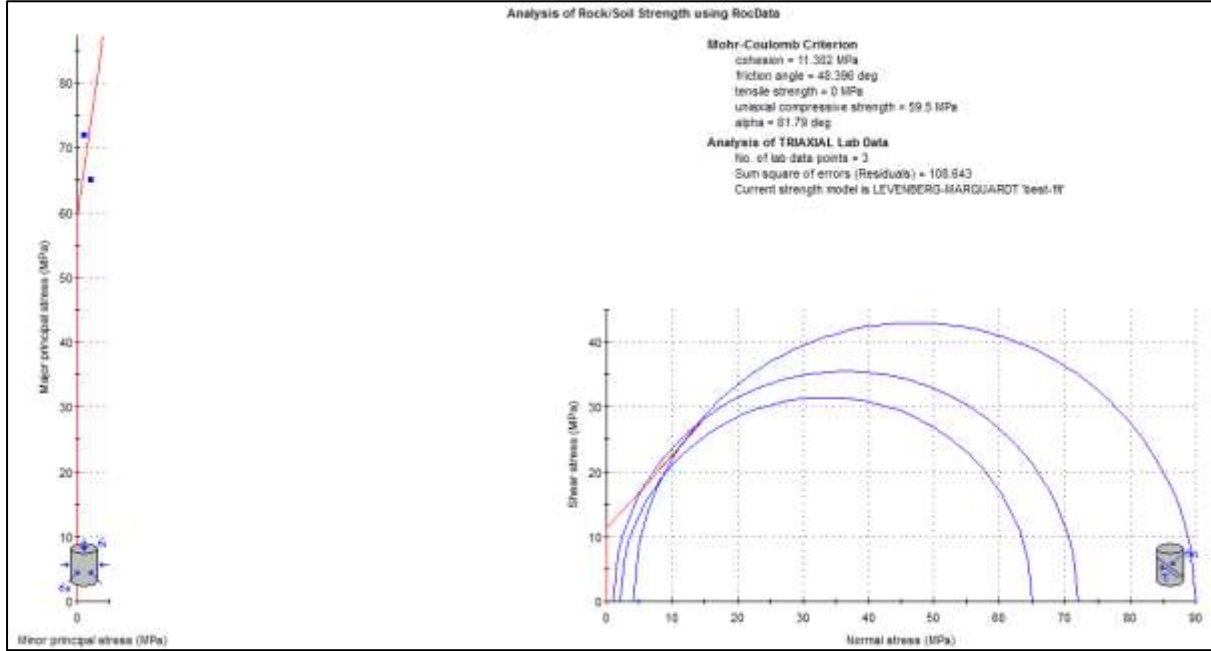
Ek 8.4. SK-1 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



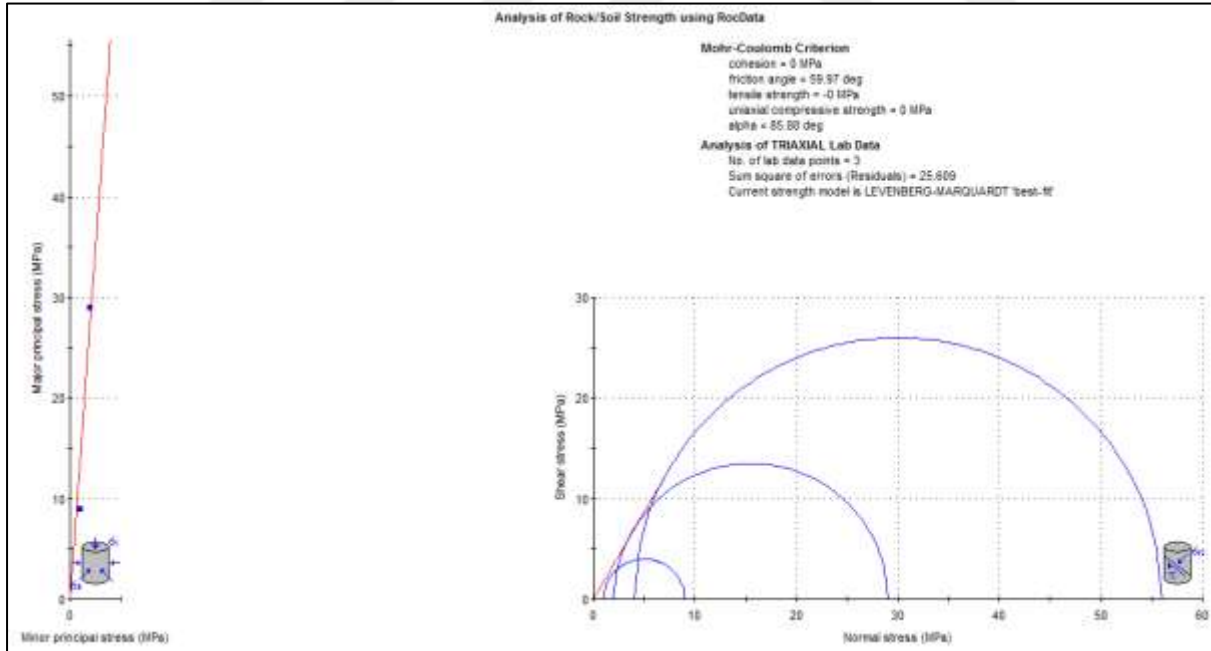
Ek 8.5. SK-1 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



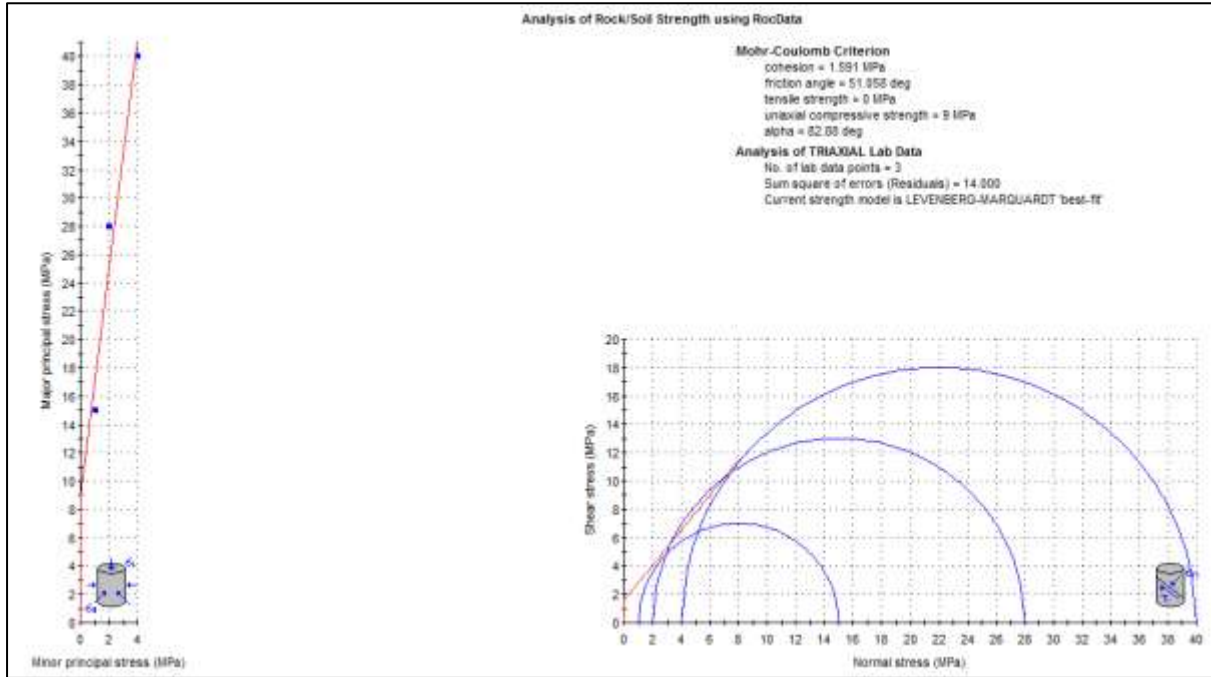
8.6. SK-1 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



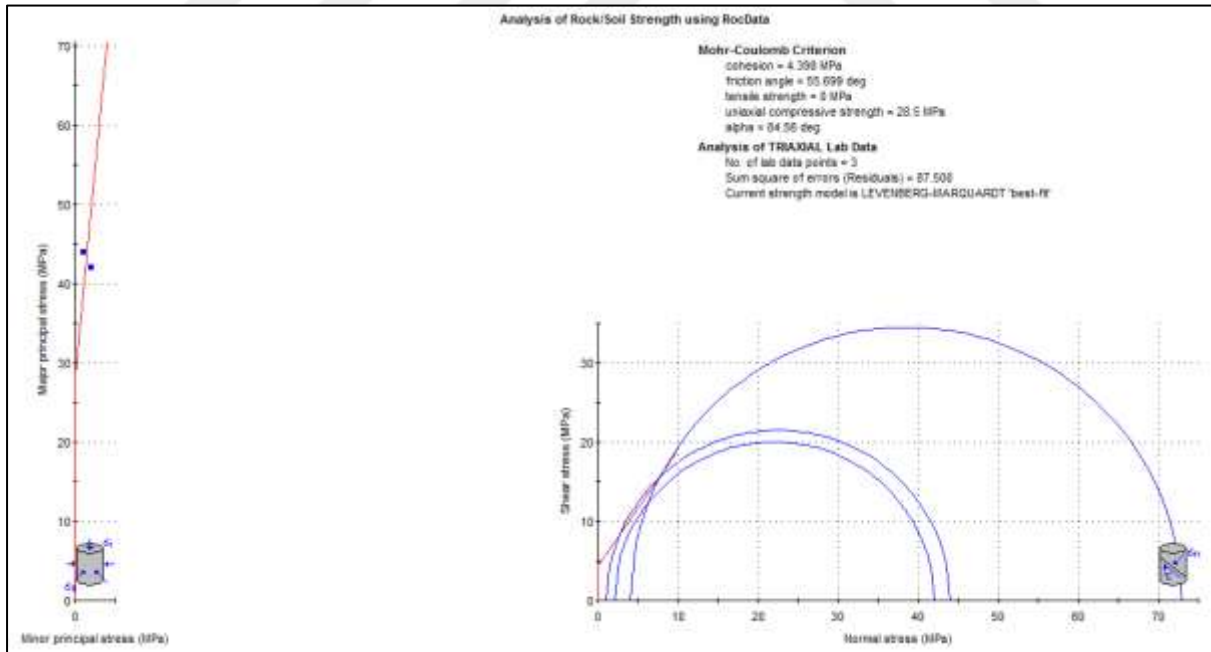
8.7. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



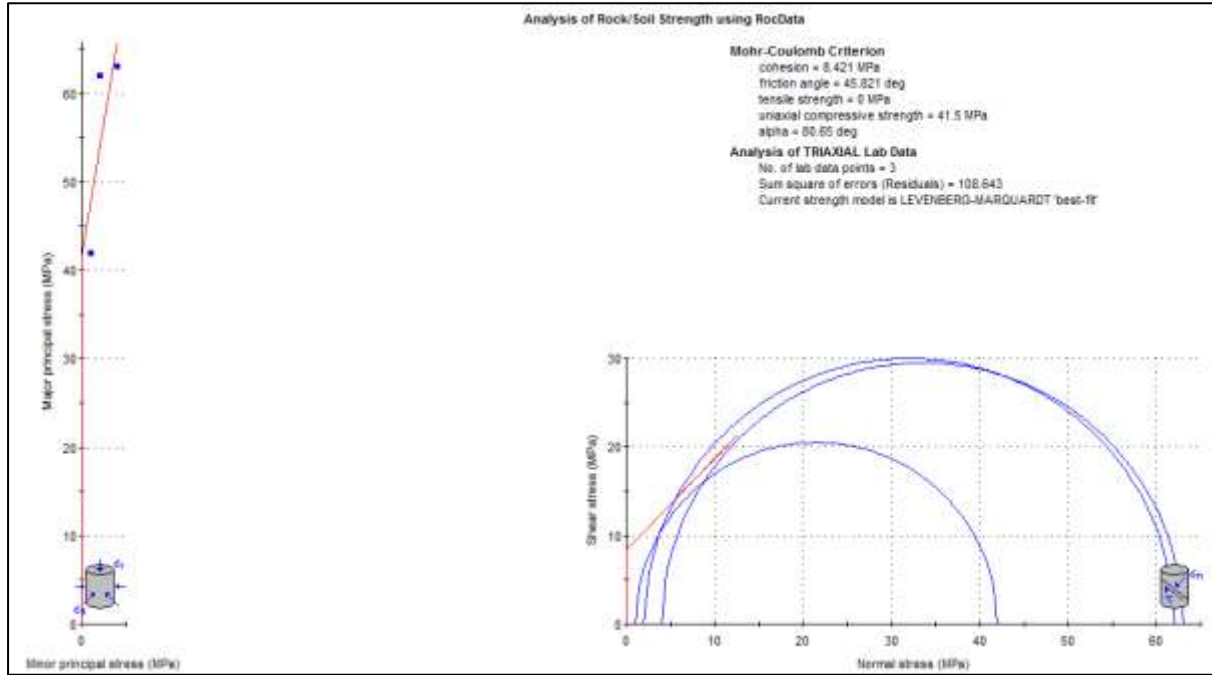
8.8. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



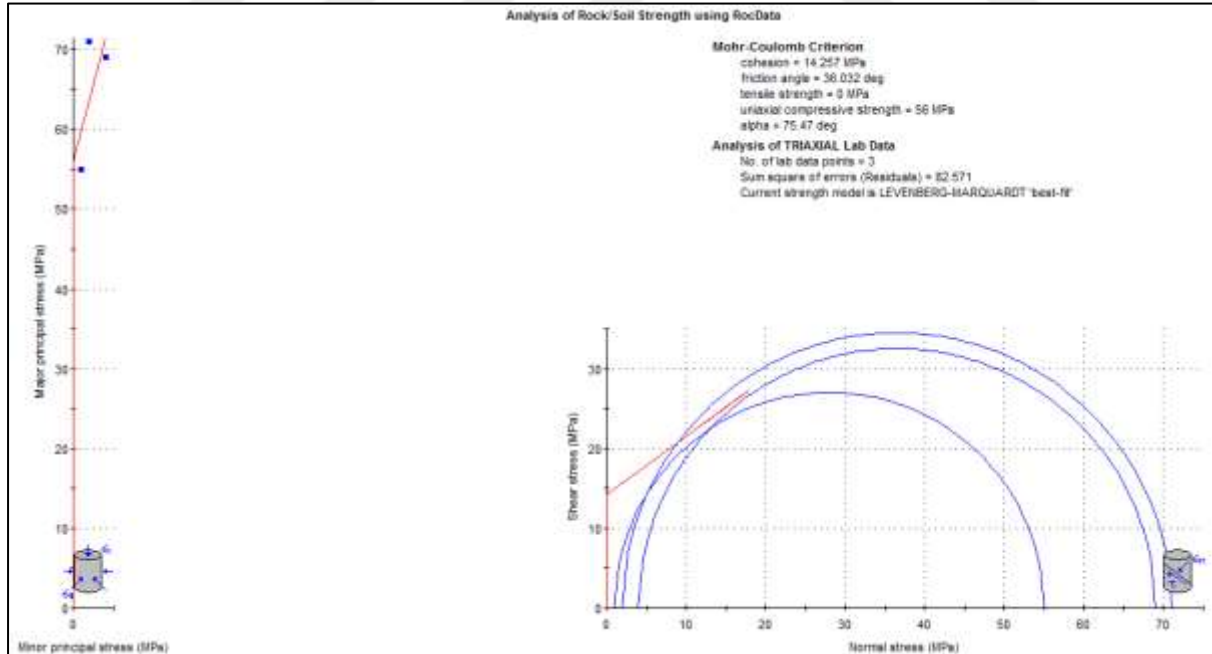
8.9. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



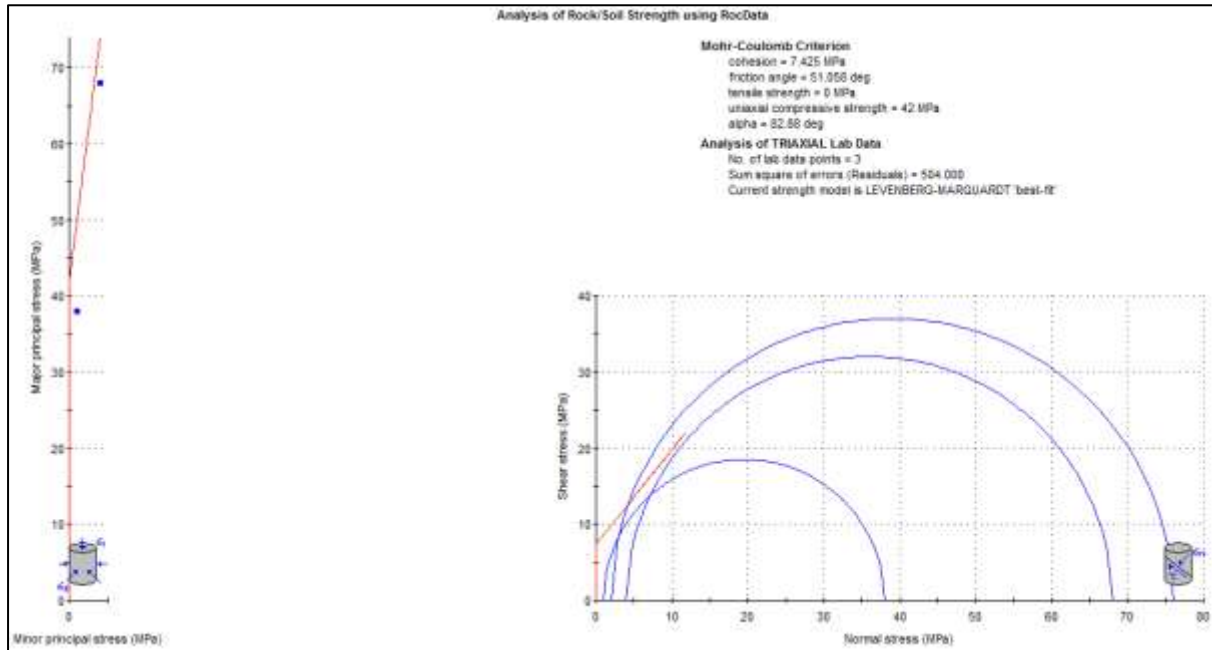
8.10. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



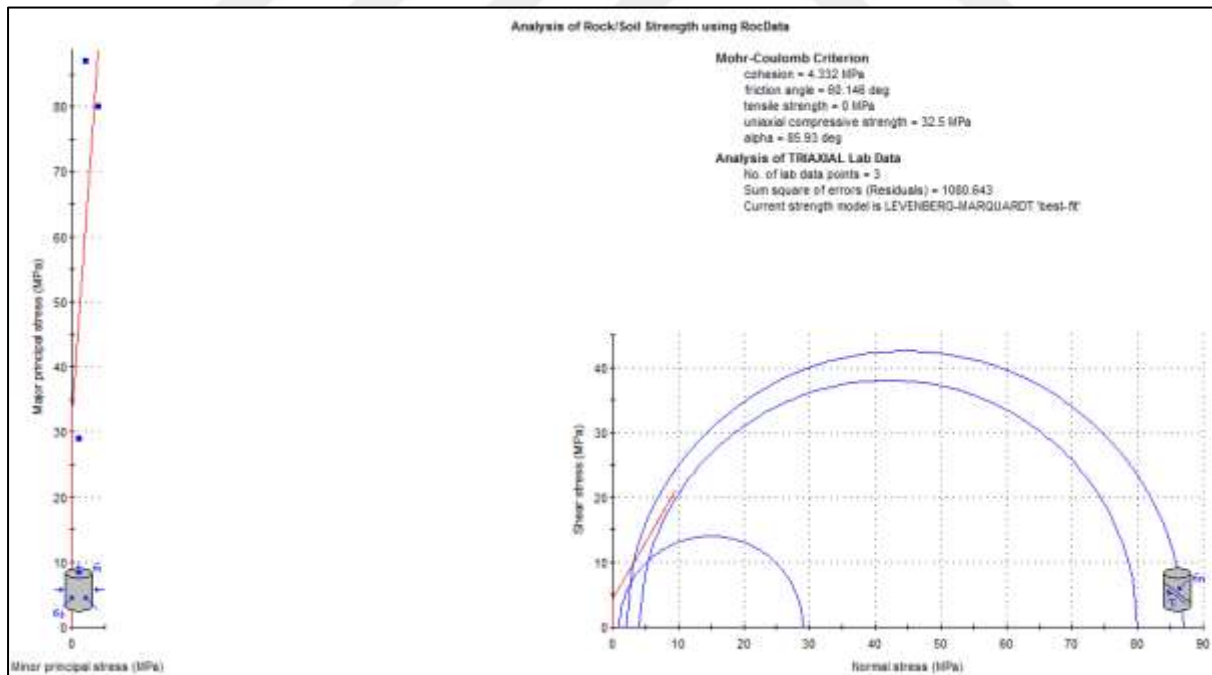
8.11. SK-2 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



8.12. SK-3 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



8.13. SK-3 sondajı üç eksenli sıkışma deneyinden elde edilen en büyük asal gerilme (σ_1) ve en küçük asal gerilme (σ_3) verileri kullanılarak yenilmeyi belirleyen Mohr daireleri.



EK-9 SUDA DAĞILMAYA KARŞI DURAYLILIK İNDEKSİ DENEYİ

Örnek No	Örnek Derinliği	Deney Sıvısı Sıcaklığı	Tambur No	Tambur + Tambur +		Tambur + Tambur +		Tamburun Ağırlığı F(g)	I _{d1}	I _{d2}	I _{d3}	I _{d4}
				Tambur+ Örnek Ağırlığı A(g)	Örnek Ağırlığı 1.Çevrim B(g)	Kalan Örnek Ağırlığı 2.Çevrim C(g)	Kalan Örnek Ağırlığı 3.Çevrim D(g)					
1	3.00-6.00	20	1	4342,94	4326,01	4318,43	4312,10	4308,08	96,48	94,90	93,58	92,75
2	6.00-9.00	20	2	4461,05	4443,26	4428,24	4461,05	4422,12	96,76	94,02	100,00	92,91
3	18.00-21.00	20	1	4367,94	4349,86	4339,07	4334,18	4330,78	96,42	94,29	93,32	92,65
4	36.00-39.00	20	2	4459,62	4449,74	4444,07	4441,30	4438,34	98,20	97,16	96,65	96,11
5	51.00-54.00	20	1	4409,88	4404,94	4402,28	4401,20	4399,10	99,10	98,61	98,41	98,03

Ek 9.1. SK-2 Sondajı Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deney Sonuçları.

Örnek No	Örnek Derinliği	Deney Sıvısı Sıcaklığı	Tambur No	Tambur+		Tambur + Tambur +		Tambur + Tambur + Tambur +		Tamburun Ağırlığı F(g)	I _{d1}	I _{d2}	I _{d3}	I _{d4}
				Örnek Ağırlığı A(g)	Örnek Ağırlığı B(g)	Kalan Örnek Ağırlığı 1.Çevrim	Kalan Örnek Ağırlığı 2.Çevrim	Kalan Örnek Ağırlığı 3.Çevrim	Kalan Örnek Ağırlığı 4.Çevrim					
1	0.00-3.00	20	1	4380,55	4365,94	4358,12	4354,40	4352,03	3862,34	97,18	95,67	94,95	94,50	
2	6.00-8.00	20	2	4396,86	4387,88	4382,22	4377,71	4375,11	3912,12	98,15	96,98	96,05	95,51	
3	15.65-18.00	20	1	4379,28	4371,34	4365,84	4362,31	4360,01	3862,34	98,46	97,40	96,72	96,27	
4	27.00-30.00	20	2	4425,86	4385,86	4377,21	4374,48	4372,17	3912,12	92,21	90,53	90,00	89,55	
5	44.00-46.00	20	1	4371,98	4361,04	4356,21	4353,11	4350,32	3862,34	97,85	96,91	96,30	95,75	

Ek 9.2. SK-3, Suda Dağılıma Karşı Duraylılık İndeksi Deney Sonuçları.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Belde Sinem SAKIN
Doğum Tarihi : 01.01.1989
E-mail : beldesinem@hotmail.com

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Yüksek Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2015-2018
Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Fırat Üniversitesi	2009-2013
Ön Lisans	İş Sağlığı ve Güvenliği	Atatürk Üniversitesi	2016-2018

Görevler :

Görev Ünvanı	Görev Yeri	Yıl
Jeoloji Mühendisi	Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü	2017

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Alanya-Anamur Karayolunda (D400) Eklemlı Şistler İçinde Açılan Şevlerin Duraylılık Problemlerinin İncelenmesi (Mersin, Türkiye), 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, 416-417 (2016).

Investigation Of The Slope Stability Problem In Jointed Schist Along Alanya-Anamur D400 Motorway (Mersin, Turkey), 69th Geological Congress of Turkey, Abstract Book, 416-417 (2016).

PROJELER

1. Şistlerdeki Bozunma Derecelerinin Yol Yarma Tasarımlarına Olan Etkilerinin Jeolojik- Jeoteknik Açından Değerlendirilerek Tasarım Abaklarının Oluşturulması, KGM-ARGE/2016-1, Araştırmacı (Devam ediyor).