ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selahattin YAPRAK

KARAMAN NİĞDE (ULUKIŞLA) ARASI DEMİRYOLU HATTINDAKİ DERİN KAZI ŞEVLERİNİN DURAYLILIK İNCELEMESİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2020

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAMAN NİĞDE (ULUKIŞLA) ARASI DEMİRYOLU HATTINDAKİ DERİN KAZI ŞEVLERİNİN DURAYLILIK İNCELEMESİ

Selahattin YAPRAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez ...../...../2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

……..... …….. …….
Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ Doç. Dr. İsmail DİNÇER
DANIŞMAN

Bu Tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje Kodu: FYL-2018-10515

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARAMAN NİĞDE ULUKIŞLA ARASI DEMİRYOLU HATTINDAKİ DERİN KAZI ŞEVLERİNİN DURAYLILIK İNCELEMESİ

Selahattin YAPRAK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN
Yıl: 2020, Sayfa: 85
Jüri : Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN
: Doç Dr. Hakan GÜNEYLİ
: Doç Dr. İsmail DİNÇER

Tez, Devlet Demiryolları tarafından yapımı sürdürülen Çakmak-Ulukışla İstasyonları Km:217+000-226+000 arasında yeralan demiryolu güzergâhında derin yarma kazılarından dolayı oluşabilecek duraylılık sorunlarının araştırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla tez konusu şev bölgesinden kritik olan 3 bölge seçilmiş ve şev analizleri yapılmıştır. İnceleme alanı şev bölgesinin bulunduğu litolojik birimler, literatürde İnsuyu ve Cihanbeyli Formasyonu olarak adlandırılan Pliyosen yaşlı karasal kırıntılardan meydana gelmektedir, Bu litolojik birimler başta silttaşı – marn - kiltaşı ardalanmasından oluşmakta, yüzeyde ise ayrışmadan dolayı kalın kil ve silt bir örtü yeralmaktadır.

Seçilen kesit hatlarında farklı birimlere ait kayma direnci parametreleri belirlenmiş ve bilgisayar yazılımlarında şev analizi yapılmıştır. Laboratuvarda yapılan deneyler sonrasında, zeminin jeoteknik özellikleri bulunmuştur.

Proje kriterlerine göre yarma şevlerinin statik durumda güvenlik sayısı >1.50 ve depremli durumda ise güvenlik sayısı >1.10 koşullarını sağlaması öngörülmüştür. Tez kapsamında incelenen kritik 3 farklı bölgede 2/3 (yatay/düşey) eğimli şevlerin hem statik durumda hem de deprem durumunda duraylı olmadığı tespit edilmiştir. Aynı şevlerin şev açıları 1/1 (yatay/düşey) ve 3/2 (yatay/düşey) olarak iyileştirildiğinde şevlerin stabilizesi sağlanmıştır.

Anahatar Kelimeler: Niğde, Ulukışla, Demiryolu, Şev Duraylılığı

ABSTRACT

MSc. THESIS

INVESTIGATION OF STABILITY OF DEEP EXCAVATION SLOPES IN KARAMANA NİGDE ULUKISLA RAILWAY LINE

Selahattin YAPRAK

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN
Year: 2020, Pages: 85
Jury : Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN
: Assoc. Prof. Dr. Hakan GÜNEYLİ
: Assoc. Prof. Dr. İsmail DİNÇER

The thesis aims to investigate the stability problems that may occur due to deep splitting excavations on the railway route between Çakmak-Ulukışla Stations Km: 217 + 000-226 + 000, which are being constructed by the State Railways. For this purpose, 3 critical regions were selected from the slope of the thesis subject and slope analysis was done. The lithological units, where the study area is located, consists of the Pliocene aged continental crumbs called Insuyu anda Cihanbeyli Formations in the literature. These lithological units consist mainly of siltstone - marl - clay stone alternation, and on the surface there is a thick clay and silt cover.

Shear resistance parameters of different units were determined in selected section lines and slope analysis was done in computer software. After the experiments carried out in the laboratory, the geotechnical properties of the ground were found. According to the project criteria, it is envisaged that the slit slopes will meet the conditions of safety in the static condition> 1.50 and the number of safety in the earthquake condition> 1.10. It has been determined that the slopes of 2/3 (horizontal / vertical) slopes in 3 different regions examined in the scope of the thesis are not stable in both static and earthquake conditions. When the slope angles of the same slopes are improved as 1/1 (horizontal / vertical) and 3/2 (horizontal / vertical), the slopes are stabilized.

Keywords: Niğde, Ulukışla, Railway, Slope stability

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Devlet Demiryollarının 2016 yılı sonunda yapımına başladığı Karaman-Ulukışla İstasyonları Arası hızlı tren projesi kapsamında 130 km çift hat, 31 aet karayolu altgeçit ve üstgeçidi, 2 adet çift hatlı tek tüp tünel, 130 adet menfez, 13 adet hidrolik köprü ve yaklaşık 11 km' lik derin yarmadan oluşmaktadır. Yüksek Lisans proğramım çerçevesinde yukarıda adı geçen Karaman-Ulukışla İstasyonları Arası hızlı tren projesinin Km:217+000-226+000 arasında kalan kesimin mühendislik jeolojisi incelenmiş ve derin yarmalarda bilgisayar destekli yazılımlar sayesinde şev duraylılık analizleri yapılmıştır. Bu amaçla tez konusu derin yarma şev bölgesi içinde en derin olan 3 bölge kritik nokta seçilmiş ve şev analizleri yapılmıştır.

Tezin arazi çalışmaları kapsamı içinde güzergâh boyunca proje kapsamında 17 adet sondaj kuyusu açılmış ve sondajlar sırasında laboratuvar deneyleri için örnekler alınmıştır. Alınan örneklere laboratuvar ortamında doğal birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç deneyi, nokta yükleme deneyi, elestisite modülü ve üç eksenli deneyler yapılmıştır. Sondaj kuyularından alınan karot örneklerinden RQD değerleri hesaplamaları yapılmıştır.

Proje güzergâhı topoğrafyanın elverdiği ölçüde en uygun hızlı tren güzergâhı olarak belirlenmiştir. Tezin amacı oluşturulacak şevlerde olabilecek duraysızlıkların araştırılarak imalatı en kolay ve ekonomik yöntemin seçilmesinde mühendislik jeolojisi çalışmalarının yapılmasıdır. Bu doğrultuda inceleme alanındaki jeolojik birimlerin litolojileri, stratigrafisi ve yapısal durumları dikkate alınarak duraysızlıkların uzun dönem statik ve depremli analizleri araştırılmıştır. Zemin ve kayaç örnekleri üzerinde alınan numunelere laboratuvarda deneyler yapılarak dayanım parametreleri belirlenmiştir.

Çalışma alanında yapılan sondajlarda nebati-kil silt ve marn ardalanması şeklinde adlandırılan birimlerle karşılaşılmıştır. Bu bölgede bulunan nebati kalınlığı 0-1 m arası, kil ve silt birimleri 1-6 m arası, marn birimleri ise 6-40 m

arası kalınlıkta değişkenlikler göstermektedir. Bu bölgede kayaç görevi gören tabakalar marn olan tabakalar olup, marn üst yüzeyi ayrışmalar gözlemlenmekte, düzensiz düzlemsel pürüzlü, kil sıvalı, kaya özellikli ve çok eklemli yapıdadır.

Zemin niteliğindeki ara katmanlar ise genelde yüksek ve düşük plastisiteli killerden (CH-CL) oluşmaktadır.

Tez konusu inceleme sahası ve civarı litolojik birimler, literatürde İnsuyu ve Cihanbeyli formasyonu olarak adlandırılmaktadır. İnsuyu ve Cihanbeyli Formasyonları Pliyosen yaşlı karasal kırıntılardan meydana gelmekte olup, bu litolojik birimler başta silttaşı, marn, kiltaşı ardalanmasından oluşmakta, yüzeyde ise ayrışmadan dolayı kalın kil ve silt bir örtü yer almaktadır.

Şev duraylılığında kullanılan değerler laboratuvar deney sonuçlarından elde edilmiş olup, RocLab yazılımında laboratuvar sonuçları girdi olarak kullanılmıştır. RocLab yazılımından elde edilen değerler ve laboratuvar değerleri şevlerin Slide 2D bilgisayar yazılında analizi yapılmıştır. Laboratuvar verileri ve RocLab yazılımı sayesinde inceleme alanında bulunan her birim için kayma direnci değerleri oluşturulmuştur. Çalışılan yarma bölgesi içinde 3 kritik şev bölgesi seçilmiş ve Slide 2D yazılım programında ikişer farklı senaryo oluşturulmuştur.

Bilgisayar destekli yazılımlar ve laboratuvar verileri sonrasında yapılan şev duraylılık sonuçlarının, limit denge değerleri karşılaştırması projeye ait teknik şartname değerlerine göre yapılmıştır. Proje teknik kriterlerine göre yarma şevlerinin statik durumda güvenlik sayısı>1.50 ve depremli durumda ise güvenlik sayısı>1.10 koşullarını sağlamalıdır. Slide 2D yazılımı ile inceleme alanı kapsamında çalışılan kritik 3 farklı bölgede 2/3 (yatay/düşey) eğimli şevlerin statik durumda en düşük güvenlik sayısı: 0.91 en yüksek güvenlik sayısı:1.13 depremli durumda ise en düşük güvenlik sayısı:0.83 en yüksek güvenlik sayısı:1.06 olarak hesaplanmış ve hem statik durumda hem depremli durumda şevlerin proje kriterlerine göre duraylı olmadığı görülmüştür.

Üç kritik kesimde 2/3 (yatay/düşey) eğimli şevlerin, şev açılarında litolojiye uygun 1/1 ve 3/2 farklı şev açıları uygulanarak yeniden analizler

yapılmıştır. Yeniden yapılan analizlerde kayaç özelliği taşıyan zeminlerde şev açısı 1/1 (yatay/düşey), kil ve silt malzemelerin olduğu zeminlerde ise şev açısı 3/2 (yatay/düşey) olarak uygulanmıştır. Şev eğimleri 1/1 (yatay/düşey) ve 3/2 (yatay/düşey) olarak tasarlanan kesitlerde statik durumda en düşük GK:1.60 en yüksek GK:1.77 depremli durumda ise en düşük GK:1.45 en yüksek GK:1.61 olarak hesaplanmış ve hem durağan durumda hem depremli durumda şevler proje teknik şartname kriterleri içinde duraylı olduğu ortaya konmuştur.

Yarmalarda şev iyileştirme alternatifleri olarak fore kazık, istinat duvarı, şevleri çelik hasır ve betonla kaplama, taş pere kaplama, zemin çivileri, şev açılarını değiştirme gibi farklı alternatif imalatlar günümüzde kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında çalışılan bölgelerde bulunan yarmalar 25 m-40m arası derinlikte, iki ve daha fazla palyelerden oluşmakta ve yaklaşık 11 km uzunluğundadır. Gözlemlenen bu durumlar dikkate alındığında şevler de alternatif iyileştirme yöntemleri içinde Jeoteknik açıdan duraylılığın sağlanabilmesi için; imalat kolaylığı, kısa zamanda yapılması, ekonomik olması gibi nedenlerden dolayı şev açılarında iyileştirmeler yapılması en uygun alternatif imalat yöntemi olarak önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

2018-2019 yılları arasında Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak yürütülen bu çalışma, Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN danışmanlığında gerçekleştirilmiştir.

Lisans eğitimim ve Yüksek Lisans Eğitimim boyunca derslerimde ve çalışmalarımda öncelikle iyi bir insan ve iyi bir mühendis olmam için teknik bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, yardımcı olan Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümü hocalarımdan sayın Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN' e teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek Lisans çalışmamda imkanlarını kullandığım ve lisans eğitimimi yaptığım Jeoloji Mühendisliği Bölümüne sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince bilgisayar destekli sayısal analiz detayları hakkında bilgi veren ve yardımcı olan Jeoloji Mühendisliği Bölümü hocalarımdan Doç.Dr. Hakan GÜNEYLİ' e ve diğer bölüm hocalarıma ve araştırma görevlilerine,

Çalışmam süresince manevi desteklerini yanımda hissettiğim sevgili eşim Sakine RİFAİOĞLU YAPRAK' a ve sevgili oğlum Salih YAPRAK' a,

Son olarak, daima yanımda olan, maddi manevi yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen ve varlıklarıyla bana güç veren anneme, babama ve ailemin tüm bireylerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ XII
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XVIII
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışma Konusu ve Amacı 1
1.2. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı 2
1.3. İnceleme Alanının Morfolojisi 6
1.4. İnceleme Alanını Kayaç ve Zemin Özellikleri 7
1.5. Yüksek Şevlerde Olası Duraylılık Sorunları 11
1.6. Jeolojik Yapının Etkisi 11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 13
3. MATERYAL VE YÖNTEM 17
3.1. Materyal 17
3.1.1. Çalışma Alanı Jeolojisi 17
3.1.1.1. Cihanbeyli Formasyonu (MPc) 19
3.1.1.2. Güney Formasyonu (Tgü) 20
3.1.1.3. İnsuyu Formasyonu (Tmpli) 22
3.1.1.4. Alüvyon (Q) 22
3.2. Yöntem 22
3.2.1. Arazi Öncesi Çalışmalar 23
3.2.2. Arazi Çalışmaları 23
3.2.2.1. Sondajlar 23

3.2.2.2. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) 24
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları 26
3.2.4. Büro Çalışmaları 27
3.2.4.1. Slide 2D 27
3.2.4.2. RocLab ile Parametre Tayini 28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 31
4.1. İnceleme Alanı Jeolojisi ve Stratigrafik Kesit 31
4.2. Şev Analizinde Kullanılan Mühendislik Jeolojisi Değerlerinin Belirlenmesi 31
4.2.1. İnceleme Alanında Yapılan Sondajlar 32
4.2.2. İnceleme Alanında Yapılan SPT deneyleri 39
4.2.3. Laboratuvar ve Arazi Deney Sonuç Değerleri 43
4.2.4. Jeoteknik Değerlendirme İçin RocLab Parametreleri 47
4.3. Mühendislik Jeolojisi 51
4.3.1. Zeminlerin Mühendislik Özellikleri 51
4.3.2. Kayaların Mühendislik Özellikleri 52
4.4. Kaya Şev Mühendisliği Sayısal Analiz 53
4.5. Kaya Şev Mühendisliği Farklı Analiz Yöntemleri 54
4.5.1. Bishop Yöntemi 54
4.5.2. Sadeleştirilmiş Bishop Yöntemi 54
4.5.3. Janbu Yöntemi 55
4.5.4. Morgenstern-Price Yöntemi 55
4.5.5. Spencer Yöntemi 55
4.6. Slide 2D Şev Duraylılık Analizi 56
4.7. Slide 2D Şev Duraylılık Analizi Kritik Kesimlere Ait Yol Profil ve Planları 58
4.8. Km:217+600 Slide 2D Şev Duraylılık Analizi 59
4.9. Km:218+500 Slide 2D Şev Duraylılık Analizi 64
4.10. Km:220+000 Slide 2D Şev Duraylılık Analizi 71

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 79
KAYNAKLAR 83
ÖZGEÇMİŞ 85

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Kohezyonsuz zeminlerde SPT-N ile sıkılık ilişkisi 25
Çizelge 3.2. Kohezyonlu zeminlerde SPT-N ile kıvam ilişkisi..... 26
Çizelge 3.3. Zemin deneyleri ve standartları 26
Çizelge 3.4. Kaya deneyleri ve standartları 27
Çizelge 4.1. Çalışma alanında yapılan sondajlar, derinlikleri ve koordinat değerleri 33
Çizelge 4.2. SK-275-276-279-280 Kuyusuna Ait Laboratuvar ortamında yapılan deney sonuçları 35
Çizelge 4.3. SPT Derinlik ve Değerleri 39
Çizelge 4.4. Karot numunelerine ait SCR ve RQD değerleri..... 41
Çizelge 4.5. Laboratuvar deney sonuçlarından ortaya çıkan mühendislik jeolojisi değerleri 43
Çizelge 4.6. SK-275 Numuneleri deney sonuçları..... 44
Çizelge 4.7. Örselenmemiş numunelerde (UD) yapılan deney sonuçları 45
Çizelge 4.8. Laboratuvar deneyleri sonuçları ve şev duraylılığı analizlerinde kullanılacak değerler 46
Çizelge 4.9. Zeminlerin PI sınıflandırması 52
Çizelge 4.10. Tek eksenli basınç dayanımına göre kayaçların sınıflandırılması 53
Çizelge 4.11. Kayaçların kaya kalitesi (RQD) göre sınıflandırılması..... 53
Çizelge 4.12. Teknik şartnameye göre güvenlik katsayıları (Proje Teknik Şartnamesi) 57

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. İnceleme alanına ait uydu görüntüsü 4
Şekil 1.2. İnceleme alanına ait demiryolu haritası 5
Şekil 1.3. İnceleme alanına ait Google Earth Eski-Yeni Demiryolu Güzergâhı 5
Şekil 1.4. İnceleme alanına ait Yer Bulduru Haritası 6
Şekil 1.5. İnceleme alanına ait çalışma bölgesi 8
Şekil 1.6. İnceleme alanına ait çalışma bölgesi 8
Şekil 1.7. İnceleme alanına ait çalışma bölgesi hava görüntüsü 9
Şekil 1.8. İnceleme alanına ait çalışma bölgesi hava görüntüsü 9
Şekil 2.1. Ulukısla Kuzeybatısının Genellestirilmis Stratigrafik Kolon Kesiti (Ölçeksiz) 14
Şekil 2.2. Ulukısla Kuzeybatısında formasyonların birbirleriyle olan ilişkileri (Ölçeksiz) 15
Şekil 3.1. 1:500.000 Ölçekli Genel Jeoloji haritası Adana Paftası (MTA Genel Müdürlüğü, No:15 Şenel, M.) 18
Şekil 3.2. Ereğli-Ulukısla Havzası'nın Jeoloji Haritası 19
Şekil 3.3. Standart Penetrasyon Deney Düzeneği 25
Şekil 3.4. RocLab programından ekran görüntüsü örneği 28
Şekil 4.1. Çalışma bölgesi tipik jeolojik kesit 32
Şekil 4.2. Sondaj kuyularının uydu görüntüsündeki konumları 34
Şekil 4.3. SK-273 Karot numuneleri 37
Şekil 4.4. SK-273 Karot numuneleri 38
Şekil 4.5. SK-276 Numuneleri deney sonuçları 44
Şekil 4.6. SK-289 Numuneleri deney sonuçları 44
Şekil 4.7. Km:217+600'de bulunan marn birimine ait parametreler 47
Şekil 4.8. Km:218+500'da bulunan marn birimine ait parametreler 48
Şekil 4.9. Km:218+500'da bulunan zayıf marn birimine ait parametreler 48

Şekil 4.10. Km:220+000'da bulunan marn birimine ait parametreler 49
Şekil 4.11. Km:221+848'de bulunan marn birimine ait parametreler 49
Şekil 4.12. Km:222+000'da bulunan marn birimine ait parametreler 50
Şekil 4.13. Km:217+000-219+500 arası marn birimlerine ait seçilen GSI değeri 50
Şekil 4.14. Km:220+000'da marn birimlerine ait seçilen GSI değeri 51
Şekil 4.15. Km:217+600-220+000 arası derin kazı güzergahı jeolojik kesiti 58
Şekil 4.16. Kritik kesit çalışılan bölgelerin autocad üzerinde genel yerleşim planı 59
Şekil 4.17. Km:217+600 kritik kesit çalışılan bölgelerin genel yerleşim planı 59
Şekil 4.18. Km:217+600 Yan şevlerin kesiti ve tabakaların gösterimi 60
Şekil 4.19. Km:217+600 kesitinde güney (sağ şev) şevler 60
Şekil 4.20. Km:217+600 kesitinde Depremsiz sağ şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.002) 61
Şekil 4.21. Km:217+600 kesitinde Depremli sağ şev (2/3) için destekli duraylılık analizi (GK:0.918) 61
Şekil 4.22. Km:217+600 kesitinde Depremsiz sağ şev (alt palyeler 1/1 üst palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.77) 62
Şekil 4.23. Km:217+600 kesitinde Depremli sağ şev (alt palyeler 1/1 üst palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.61) 63
Şekil 4.24. Km:217-218 arası şevlerin drone ile çekilmiş görüntüsü 63
Şekil 4.25. Km:218+500 bölgesinin genel yerleşim planı 65
Şekil 4.26. Km:218+500 Yan şevlerin kesiti ve tabakaların gösterimi 65
Şekil 4.27. Km:218+500 bölgesi killi birim ile marn arasındaki dokanak sınırı 66
Şekil 4.28. Km:218+500 kesitinde Depremsiz güney (sağ) şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.13) 66

Şekil 4.29. Km:218+500 kesitinde Depremli güney (sağ) şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.06) 67
Şekil 4.30. Km:218+500 kesitinde Depremsiz sağ şev (alt palyeler 1/1 üst palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.65) 68
Şekil 4.31. Km:218+500 kesitinde Depremli sağ şev (alt palyeler 1/1 üst palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.496) 68
Şekil 4.32. Km:218+500 civarı şevlerde çalışan makine ve ekipman görüntüsü 69
Şekil 4.33. Km:218+500 civarı şev çalışma bölgesi görüntüsü 69
Şekil 4.34. Km:218-500-219+00 civarı şev çalışma bölgesi ve aç kapa sanat yapısı görüntüsü 70
Şekil 4.35. Km:220+000 Yan şevlerin kesiti ve tabakaların gösterimi 72
Şekil 4.36. Km:220+000 Yan şevlerin görünümü 72
Şekil 4.37. Km:220+000 kritik kesit çalışılan bölgelerin autocad üzerinde genel yerleşim planı 73
Şekil 4.38. Km:220+000 kesitinde Depremsiz güney (sağ) şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:0.91) 73
Şekil 4.39. Km:220+000 kesitinde Depremli güney (sağ) şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:0.83) 74
Şekil 4.40. Km:220+000 kesitinde Depremsiz kuzey (sol) şev (alt palye 1/1 üst iki palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.60) 75
Şekil 4.41. Km:220+000 kesitinde Depremli kuzey (sol) şev (alt palye 1/1 üst iki palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.45) 75
Şekil 4.42. Km:220+000 çalışma bölgesinin havadan drone görüntüsü 76

SİMGELER VE KISALTMALAR

ASTM : American Society of Testing Materials (ASTM)
BAP : Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)
USCS : Unified Soil Classification System (USCS)
GLE : General Limit Equilibrium (GLE)
GSI : Geological Strength Index (GSI)
c : Kohezyon (kPa)
c_{pik} : Kohezyon pik değeri (kPa)
c_{rez} : Kohezyon rezidüel değeri (kPa)
F : Güvenlik Katsayısı
GK : Güvenlik Katsayısı
I_s : Nokta yük dayanımı (MPa)
LL : Likit limit (%)
PI : Plastisite İndisi (%)
PL : Plastik Limit (%)
q_{un} : Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)
Ru : Boşluk suyu basıncı katsayısı
TCDD : Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
UIC : Uluslararası Demiryolları Birliği
ω : Su içeriği (%)
ϕ : İçsel sürtünme açısı (kayma direnci açısı) (º)
ϕ_{pik} : İçsel sürtünme açısı pik değeri (º)
ϕ_{rez} : İçsel sürtünme açısı rezidüel değeri (º)
γ_n : Doğal birim hacim ağırlık (kN/m^3)

1. GİRİŞ

1.1. Çalışma Konusu ve Amacı

Günümüzde gelişmekte olan tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de hızlı yapılaşmanın yarattığı en önemli sorunlardan biri ulaşımdır. Türkiye bu sorunu çözüme kavuşturmak amacı ile Ulaştırma Bakanlığı Devlet Demiryolları (TCDD) tarafından 2016 yılında Karaman ve Niğde (Ulukışla) şehirleri arasına çift hatlı demiryolu yapım işine başlamıştır. Proje Karaman İli ile Niğde İli Ulukışla İlçesini birbirine bağlayarak 200 km/saat ile hizmet verecek, karayolu taşımacılığıyla yaklaşık 2,5 saat süren yol mesafesini 40 dakikaya indirecektir. Karaman ili ve Ulukışla ilçesi İç Anadolu bölgesinde olup, iki şehir Akdeniz ve Mersin Liman bağlantısının İç Anadolu demiryolu bağlantısı üzerinde olmakla birlikte daha önce T.C Devlet Demiryolları tarafından yapılan Karaman-Konya-Ankara-Eskişehir-İstanbul yüksek hızlı tren hatları ile de bağlantılı olacaktır. Akdeniz üzerinden Mersin Limanına gelen yük taşımacılığının İç Anadolu bölgesine aktarılmasında karayolu taşımacılığının yükünü büyük ölçüde azaltacak ve yolcu taşımacılığında daha konforlu ve güvenli bir ulaşım imkânı sunacaktır.

Demiryolu güzergâhı içinde kalan yarma bölgelerinde şevlerde duraylılık sorunları ile karşılaşılma olasılığı mevcuttur. Yeni yapılacak olan hızlı tren güzergâhında demiryolu eğim değerleri UIC (Uluslararası Demiryolu Birliği) Teknik şartname değerleri dikkate alınarak dizayn edildiğinden dolayı maksimum eğim değerinin % 1,6'yı geçmemesi gerekmektedir. Çalışma Bölgesi olan Çakmak Demiryolu İstasyonu ile Ulukışla Demiryolu İstasyonu arasında kalan topoğrafya incelendiğinde arazi kotlarının çok değişken olmasından dolayı eğim değerinin ancak %1,6 olacak şekilde proje tasarımı yapılabilmiştir. Eğim değerinin % 1,6' dan aşağı çekilmesi durumunda demiryolu uzunluğunun çok fazla artması ve çok fazla sanat yapısı yapılması gerekliliği gözlemlenmiştir. İki istasyon arası bağlantı noktasında en kısa ve en az sayıda sanat yapısı yapılacak şekilde uygulanan güzergâh çalışmasında topoğrafyadan kaynaklı derin yarmaların yapılması

zorunluluğu hâsıl olmuştur. Yaklaşık 11 km'lik (proje güzergâhı üzerinde Çakmak-Ulukışla demiryolu istasyonları arası) derin yarmalarla karşılaşılmış olup, derin yarmalarda ki kırmızı kotlar (ray üst kotu) bulunduğu topoğrafyadaki en düşük arazi kotundan daha aşağıda kalmaktadır. Bu bölgede bu kadar uzunlukta ve derinlikte daha önce demiryolu yarmaları olmamasından dolayı, yeni oluşturulacak yarmalarda karşılaşılacak duraylılıkların çözümlenmesi ve önlemlerin alınması hem projenin güvenli ve ekonomik olarak yürütülmesi, hem de yarmalarda karşılaşılacak duraylılık sorunlarının imalat aşamasında önlenmesi amacıyla bu bölgede bulunan yarmaların duraylılık incelemesi yapılmasına temel etken oluşturmuştur.

Karaman-Ulukışla İstasyonları Arası (130 km) hızlı tren projesi, 130 km çift hat demiryolu olacak şekilde tasarlanmış ve proje kapsamında 2 adet tünel, 13 adet karayolu alt geçidi, 18 adet karayolu üst geçidi, 13 adet hidrolik köprü, 130 adet menfez ve yaklaşık 13 km derin yarmadan oluşmaktadır.

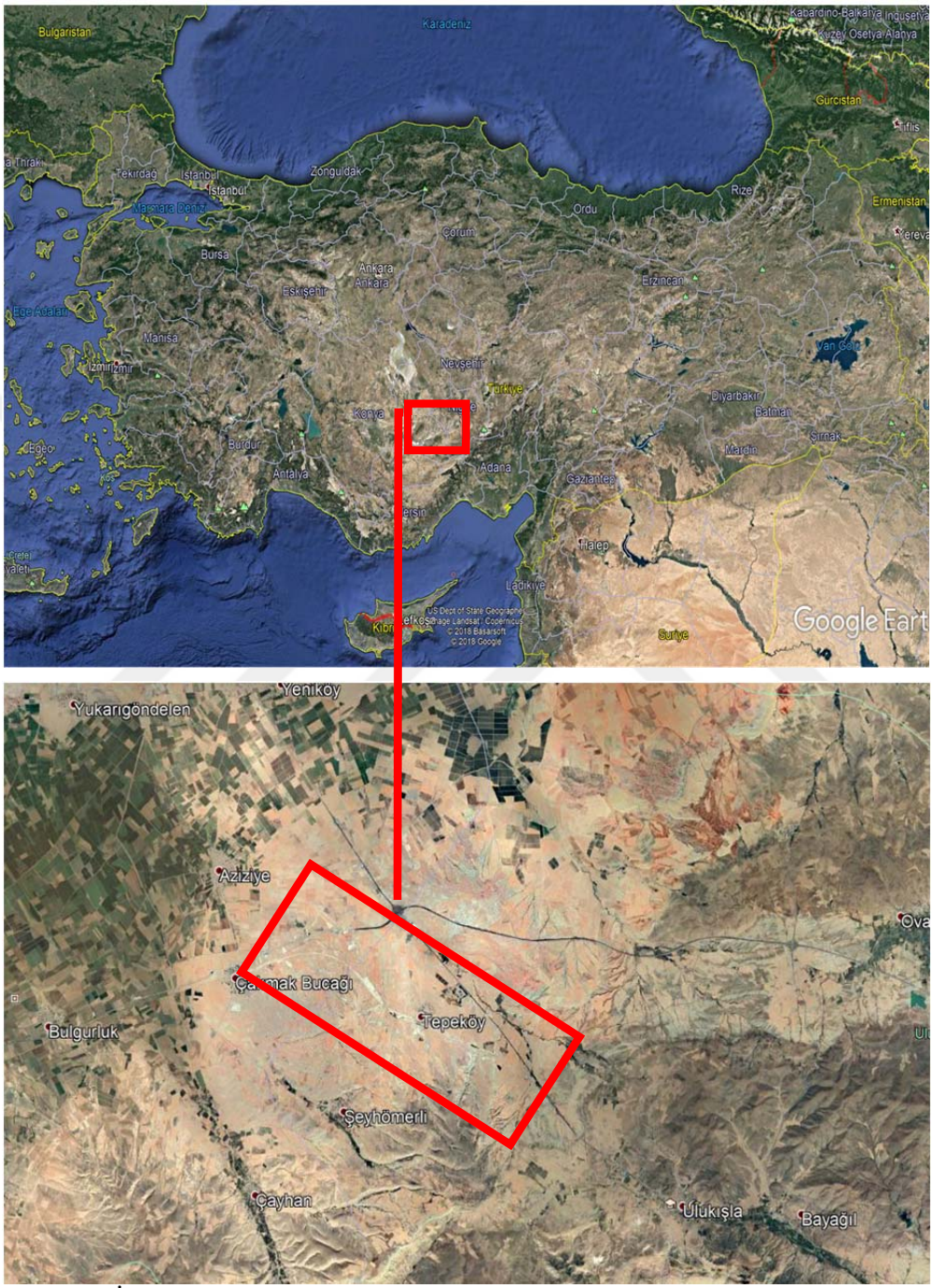
Tez kapsamında yukarıda adı geçen Karaman ve Niğde (Ulukışla) şehirleri arasına çift hatlı demiryolu güzergâhının Mühendislik Jeolojisi incelenmiş, derin yarmalarda uygulanan şev duraylılık analizleri değerlendirilerek yeniden tasarım yapılmıştır. Genel olarak derin yarma güzergâhları kil, silt, kil-silt karışımı, marn ve alüvyonlardan oluşmaktadır. Birim genel olarak masif görünümlü olup, belirgin bir tabakalanma gözlenmez. Şev duraylılık analizlerinde bu birimlerin mühendislik jeolojisi özellikleri ayrıntılı olarak incelenerek, yarma güzergâhında yapılan sondajlar ve laboratuvar deneyleri ile kazı çalışmaları irdelenerek yarma bölgesinin içinden geçeceği birimlerin mühendislik davranışları karşılaştırılacaktır.

1.2. İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı

Proje güzergâhının başlangıç noktası Karaman İstasyon çıkışıdır (Km:102+295.00). Proje güzergâhı ilk istasyonu Karaman olup, sırasıyla Sudurağı, Ayrancı, Böğecik' ten geçerek Konya İli Ereğli İlçe merkezine ulaşır. Ereğli Gar'dan doğuya doğru Şeker fabrikasının sınırları içinden devam eder. Şeker

fabrikasını geçtikten sonra Bulgurluk mahallesi ile devamında Çakmak mahallesinde bulunan Çakmak İstasyonuna ulaşır. Çakmak İstasyonundan sonra yeni hat ve eski hat birbirlerinden ayrılmakta ve yeni hat güneyde kalmaktadır. Tepeköy mahallesi (bu tez konusu çalışma alanı) geçildikten sonra proje güzergâhı Km:232+665.70' de Niğde İli Ulukışla İlçesi istasyonunda son bulur.

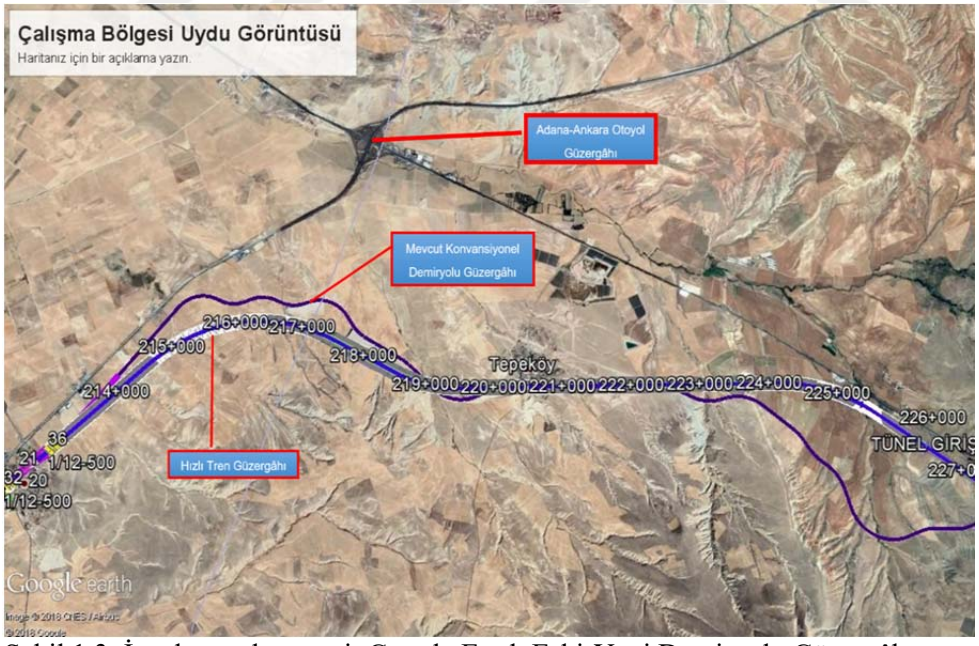
Bu çalışmaya konu olan inceleme alanı, Konya İli Ereğli İlçesi Çakmak Mahallesi ile Niğde İli Ulukışla İlçesi Tepeköy-Şeyhömerli Mahalleri sınırlarında bulunmakta olup, tez konusu inceleme alanına ait Google Earth uydu görüntüsü Şekil 1.1'de, inceleme alanına ait eski-yeni demiryolu güzergahı Şekil 1.2 ve Şekil 1.3' te sunulmuştur. Ulukışla İlçe merkezi ile Çakmak Mahallesi arasında kalan yaklaşık 11 km' lik bir bölgeyi kapsamaktadır. Ulukışla İlçe merkezinin kuzey batısı ile Çakmak Mahallesinin güney doğusunda kalmaktadır. İnceleme alanı yer bulduru haritası Şekil 1.4'te sunulmuştur.



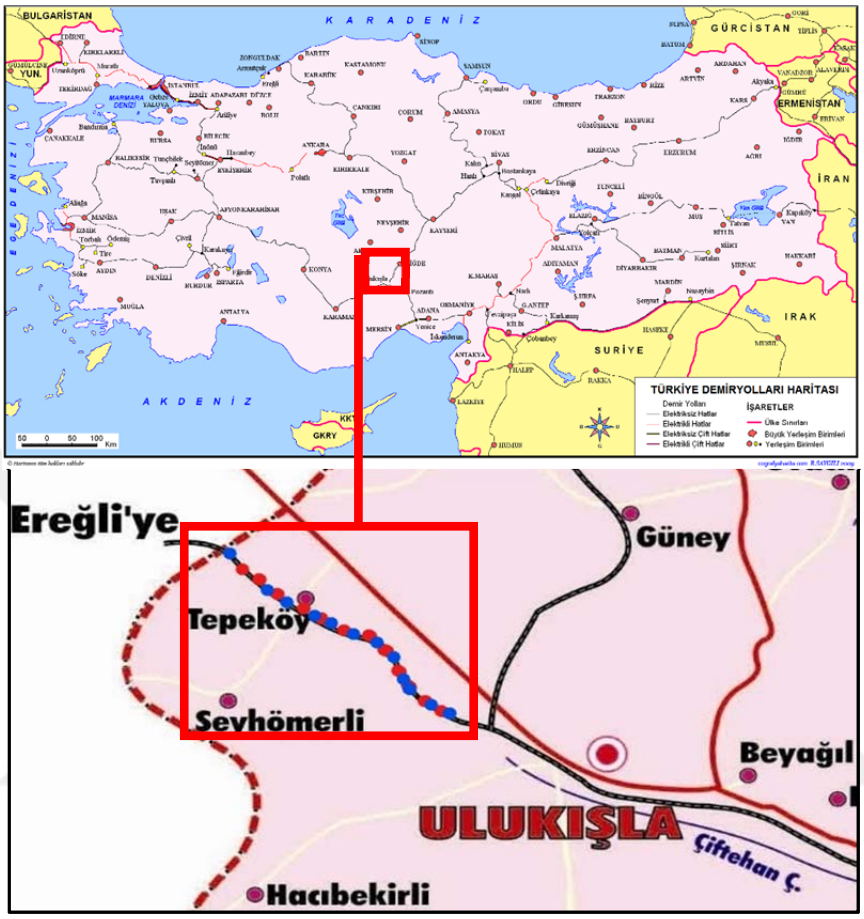
Şekil 1.1. İnceleme alanına ait uydu görüntüsü



Şekil 1.2. İnceleme alanına ait demiryolu haritası



Şekil 1.3. İnceleme alanına ait Google Earth Eski-Yeni Demiryolu Güzergâhı



Şekil 1.4. İnceleme alanına ait Yer Bulduru Haritası

1.3. İnceleme Alanının Morfolojisi

Niğde ilinin, Ulukışla ilçesinin kuzeyinde kalan inceleme alanı engebeli olup yükselti güneyden kuzeye doğru azalmaktadır. Niğde ilinin kuzeyinde Niğde masifi olup, ortalama 2000 m rakımında olup, 2700 metreye çıkan tepelerde vardır. Ulukışla güneyinde kalan Kardeşgediği bölgesi 1400 m civarında olup, inceleme alanı 1250 m civarındadır. Doğuda yer alan ve yüksekliği Demirkazık tepesi ile 3734 metreyi bulan Aladağlar, Ecemiş fayı ile sınırlandırılmıştır. İlin, volkanik kayalarla örtülmüş orta ve batı kesimleri, 1000-1200 metre yükseklikte olup, bu

değer güneye doğru giderek artar ve Başmakçı köyü civarında 1500 metreye erişir. Niğde ilinin önemli yükseltileri: Hurç dağı (2887 m), Karabel Tepesi (2014 m), Evliya Tepesi (2105 m), Atizi Tepesi (2256 m), Aşığediği Tepesi (2703 m), İt Ulumaz Tepesi (2167 m), Göbekli Tepesi (1512 M), Koyak Tepesi (2396 m), Karlık Tepesi (2299 m) dir.

1.4. İnceleme Alanını Kayaç ve Zemin Özellikleri

Uygulama projesi güzergâhı, topoğrafyanın elverdiği ölçüde demiryolu yatay ve düşey eğim standartlarının sağlanması ve en kısa mesafe olması nedeniyle en uygun hızlı tren güzergâhı olarak belirlenmiştir. Tezin amacı oluşturulacak şevlerde olabilecek duraysızlıkların araştırılarak imalatı en kolay ve ekonomik yöntemin seçilmesinde mühendislik jeolojisi çalışmalarının yapılmasıdır. Bu doğrultuda inceleme alanındaki jeolojik birimlerin litolojileri, stratigrafisi ve yapısal durumları dikkate alınarak duraysızlıkların uzun dönem statik ve depremli analizleri araştırılmıştır. Zemin ve kayaç örnekleri üzerinde alınan numunelere laboratuvarda deneyler yapılarak dayanım parametreleri belirlenmiştir.

Çalışma alanında yapılan sondajlarda nebati-kil silt ve marn ardalanması şeklinde adlandırılan birimlerle karşılaşılmıştır. Bu bölgede bulunan nebati kalınlığı 0-1 m arası, kil ve silt birimleri 1-6 m arası, marn birimleri ise 6-40 m arası kalınlıkta değişkenlikler göstermekte olup, Şekil 1.5 ve 1.6’ da sunulmuştur. Bu bölgede kayaç görevi gören tabakalar marn olan tabakalar olup, marn üst yüzeyi ayrışmalar gözlemlenmekte, düzensiz düzlemsel pürüzlü, kil sıvalı, kaya özellikli ve çok eklemli yapıdadır. Zemin niteliğindeki ara katmanlar ise genelde yüksek ve düşük plastiseli killerden (CH-CL) oluşmaktadır.



Şekil 1.5. İnceleme alanına ait çalışma bölgesi



Şekil 1.6. İnceleme alanına ait çalışma bölgesi



Şekil 1.7. İnceleme alanına ait çalışma bölgesi hava görüntüsü



Şekil 1.8. İnceleme alanına ait çalışma bölgesi hava görüntüsü

Şev duraylılık sorunlarının araştırılmasına amacıyla Km:217+000-219+000-221+0000 arasında kalan yarma kütle hareketleri yönünden detaylı şekilde çalışılmıştır. Bu yarma; 2/3-1/1 ve 3/2 (yatay/düşey) farklı eğimlerde, 10' ar metre yüksekliğindeki şevler ve 5 m genişliğindeki palyelerden oluşmaktadır (Şekil 1.7 ve 1.8).

Sondaj verileri ile teknik girişimler ve bilgisayar destekli şev duraylılık program analizleri ile arazi gözlemleri birleştirildiğinde duraysızlıkların ortamdaki aşırı yağışlar, uygun şev açılarının teşkil edilmemesi, destekleme sistemlerinin yeterli olmaması ile marn tabakalarının güneşe maruz kalarak su içeriğini kaybetmesine bağlı olduğu anlaşılmıştır. Tabaka yönelimleri ve tabakada bulunan malzemelerin su içeriğini kaybetmesi, şev yüzeylerinin uygun zaman içinde kaplamalarının yapılmaması ve uygun drenajın yapılmaması şevlerin duraylılığının uzun vadede etkileyebileceği gözlemlenmiştir. Şev yüzeyleri incelendiğinde yolun her iki tarafındaki birimlerin yüzeye yakın yerlerde çok ayrışmış, genelde zayıf ve derinlerde ise sık-çok sık çatlaklı oldukları saptanmıştır.

Sonuçta; derin yarma şevlerinde oluşabilecek duraysızlıkların, kazı sonrası konsolidasyon yükünün kalkmasına bağlı olarak ve tabakalarda bulunan malzemelerin su içeriği kaybetmesi kayacın kabarması, gevşemesi ve yüzey sularından hızlıca etkilenerek mühendislik jeoloji parametrelerini kolayca yitirmesi ile oluşabileceği ve zamanla gelişebileceği anlaşılmıştır.

Şevlerde ve palyelerde yüzey sularının drene olmasını sağlayacak ve aynı zamanda duraysızlığı engelleme amaçlı 0,5 m x 0,5m x 0,5m ölçülerinde beton trapez kanalları ile hidrolojik havza hesaplarına uygun ölçülerde beton kafa hendekleri yapılacaktır. Yarma bölgesinde birden fazla palyelerden oluşan yarmalarda (örnek; bu bölgedeki mevcut demiryolu yarmalarında yapılan ölçümler ve arazi gözlemleri) 2/3 (yatay/düşey) eğimli bölgelerde akmaların oluştuğu tespit edilmiş olup, bu bölgelerde şevler 3/2 (yatay/düşey) veya 1/1 (yatay/düşey) eğimli olacak şekilde tasarlanması duraysızlığı engelleme amaçlı tasarlanmıştır.

1.5. Yüksek Şevlerde Olası Duraylılık Sorunları

Bu bölümde Mühendislik amaçlı demiryolu kazı şevlerinde olası duraylılık sorunları ve bunların giderilmesine yönelik araştırma ve çalışmalar incelenecektir. Zeminin bir kayma yüzeyi boyunca kütlesel tabakalar halinde, yer çekiminin etkisiyle eğime doğru hızlı ve ani hareket etmesine heyelan denir. Doğal yollarla oluşmuş eğimli yüzeylere yamaç, insanların teknik girişimleri sonucu yeryüzünde oluşturulan eğimli yüzeylere ise şev denir.

Şevler mühendislik amaçlı ve doğal olmak üzere ikiye ayrılır. Teknik girişimler sonrası kazı ve dolgu çalışması sonrası oluşturulmuş olabilir. Doğal yollarla oluşmuş yamaç ve teknik girişimler sonrası oluşmuş şevler, Jeoteknik açıdan heyelanların sık görüldüğü alanlardır. Jeoteknik konusunda toprağın ve taşların, kütlesel tabakalar halinde, yer çekiminin etkisiyle eğime doğru hareket etmesine, toprak kayması veya heyelan adı verilir. Yamaç ve şev yüzeyinin arkasında bulunan kütlede, değişik koşullar altında göçme, kayma ve yıkılma olasılığının bulunup bulunmadığı araştırılır.

Yapılacak projelere göre parametreleri bilinen kayaçlarda veya zeminlerde, koşullara uygun olarak belirli yükseklikte ve eğim açılarında şevler oluşturulabilir. Belirli eğim ve yükseklikteki şevlerde, belirlenen mühendislik parametrelerinin aşılması durumunda şevin arkasındaki kütlenin bir bölümü duraylılığını kaybederek ayrılır ve genellikle düzlem olmayan bir yüzey boyunca kayar.

Şevlerde genel ayrımıyla üç tür kayma izlenir. Bunlar; şev kayması, topuk heyelanı ve taban kaymasıdır.

1.6 Jeolojik Yapının Etkisi

Tortul kayaçlarda, duraylılık, kayacın oluşumlarına bağlı, kökensel özellikleri (istiflenme, kalınlık, biçimlenme, yayılım ve yerleşim şekli ve miktarları) ile içyapılarına (dokuları) ve tektonik etkilere (kıvrımlanma, kırılma, gevşeme, faylanma ve bindirme gibi ötelenme) bağlı olarak etkilenir. Eğimli

tabakalar ve/veya kırık, çatlak ve fay düzlemleri üzerindeki kaymalar, bunlara en iyi örnektir.

Yatay konumlu ve değişik litolojilerdeki katmanlardan oluşmuş yamaç ve şevlerde, dış etkilerle, zayıf dirençli düzeyler aşınmakta, daha sert ve dirençli katmanlar ise konsol şeklindeki çıkıntılar oluşturarak askıda kalmakta ve belirli bir süre sonrasında da koparak düşmektedir.

Genelde kil ve silt boyutundaki danelerden oluşan bir kayaç içerisinde kum-çakıl düzeyleri gibi geçirimli ara katmanların veya merceksi yapıların bulunması, dokanak yüzeylerinin yıkanmasına veya yeraltı suyunun durumuna göre, buralarda önemli hidrostatik basınçların oluşmasına neden olur.

Sonuçta, ortam heyelana yatkın özellik ve nitelikler gösterir. Yamaç ve şev içerisinden aktif bir fayın veya fay zonunun geçmesi, ortamın kısa mesafeler içinde çok sık nitelik değiştirmesi, katmanların ve öteki süreksizlik öğelerinin sayıca ve konum olarak birdenbire büyük farklılıklar göstermesi, duraysızlıkların ve belirsizliklerin başlıca nedenleri arasındadır.

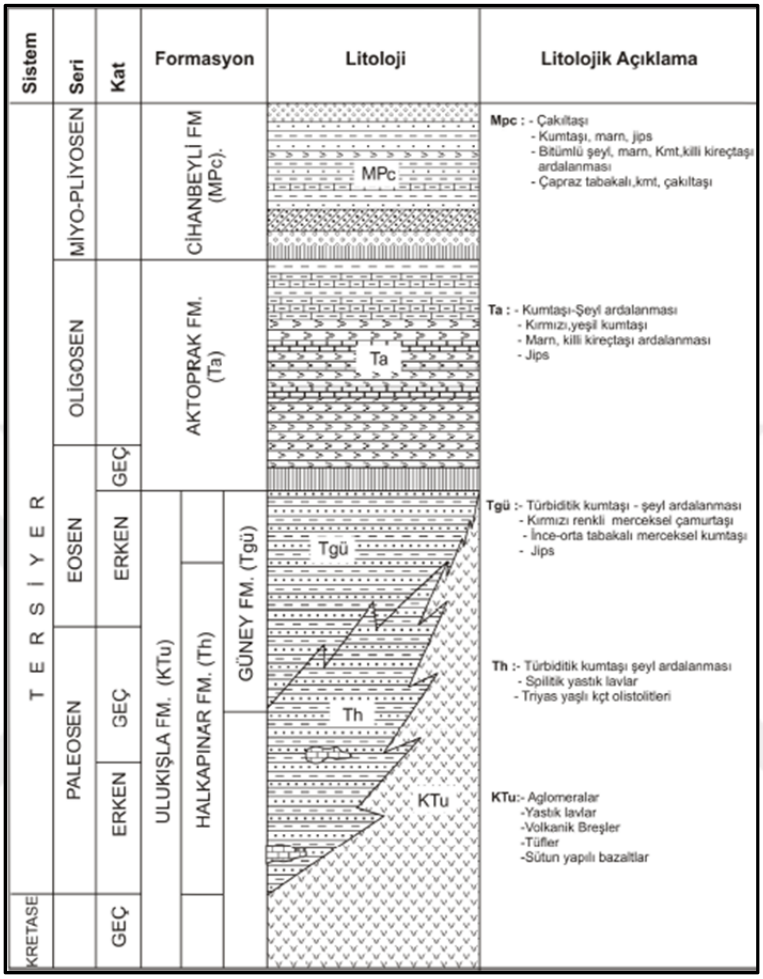
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Törk ve ark. (2009), İnsuyu Formasyonunun, Konya Havzasının tabanı ile güney, batı ve kuzey kenarlarında geniş bir bölgede yayılım gösterdiğini belirtmişlerdir. Formasyonun ağırlıklı olarak kiltaşı, silttaşı, çakıltaşı ve marndan oluştuğunu belirtmişlerdir. Formasyon Pliyosen yaşlı karasal kırıntılardan meydana gelmekte olup, bu litolojik birimler başta silttaşı – marn - kiltaşı ardalanmasından oluşmakta, yüzeyde ise ayrışmadan dolayı kalın kil ve silt bir örtü yeraldığını belirtmişlerdir. Formasyon içinde inceleme alanında bulunan marn biriminin açık sarı, sarımsı beyaz renkli ve zayıf dayanımlı olduklarını belirtmişlerdir. Marnların ağırlıklı olarak magnezyumca zengin çökellerin, bitki parçacıkları barındırdıklarını belirtmişlerdir. **Sonel ve Sarı 2004**, çalışmasında Ulukışla kuzeybatısının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti ölçeksiz olarak belirtmişlerdir (Şekil 2.1).

Ulu ve ark., (1994) tarafından İnsuyu Formasyonu adı verilerek tanıtılan bu formasyon, Akarsu (1971)'nun Cihanbeyli Formasyonu ve Özcan ve ark.(1990)'nın Dilekçi Formasyonu ile değiştirilebilir (Törk ve ark.,2009).

Oktay (1982) tarafından Katrandedetepe Üyesi (Tmplika) olarak belirtilen birimin yaşını Genç Miyosen olarak belirtmiştir. Birimin sarımsı ve yeşilimsi marn ile kireç taşlarından meydana geldiğini belirtmiştir. Üyenin mevkisini Gidiriç mahallesi ile Katrandede tepe arası olarak nitelendirmiş olup, birimin kalınlığını yaklaşık 250 m dolaylarında olduğunu belirlemiştir.

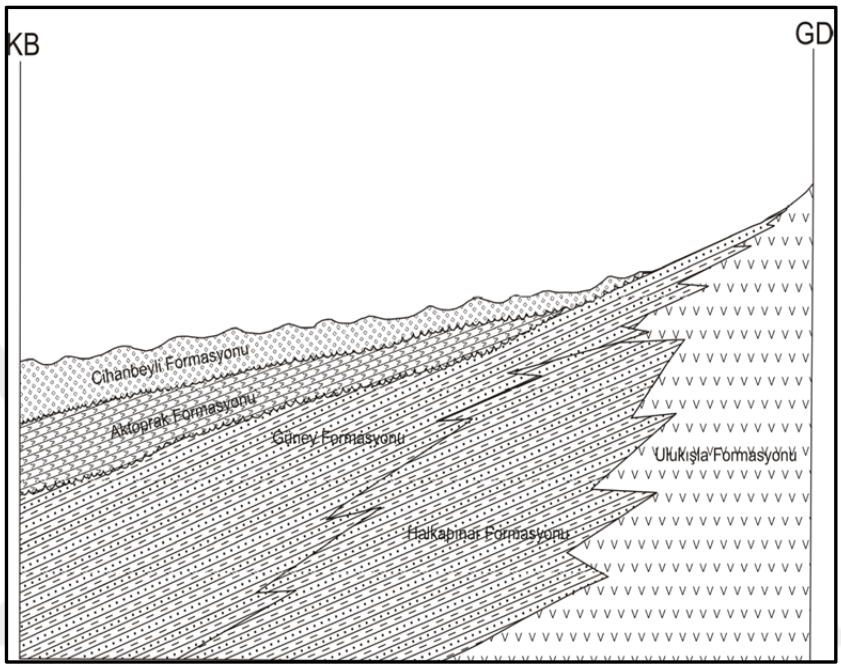
Yoldaş (1973) tarafından yaptığı araştırmada, üyenin alt bölümünde bitümlü çamurtaşlarından spor ve polen florası elde ettiğini belirtmiştir. Tanımlaması yapılan fosillere göre üyenin yaşını Geç Miyosen olarak belirlemiştir. Katrandedetepe üyesi birimin, alüviyal ortamdan gölsel ortama geçişi karakterize eden fasiyesler ile göl ortamını karakterize den fasiyeslerden oluştuğunu belirtmiştir.



Şekil 2.1. Ulukısla Kuzeybatısının Genellestirilmis Stratigrafik Kolon Kesiti (Ölçeksiz) (Sonel ve Sarı 2004)

Dellaoğlu - Aksu (1986) tarafından adlandırılan Cihanbeyli formasyonu, kendinden daha yaşlı birimlerin üzerini açısal uyumsuzlukla örttüğünü belirtmişlerdir (Şekil 2.2). Ereğli ve Ulukışla havazsında çok geniş bir alanda yayılım gösterdiğini belirtmişlerdir. Formasyonun tabanda çakıltaşı, kumtaşı, kiltaşı ardalanması ile başlayarak devamında kireçtaşı, aglomere ve lavlardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Formasyon Miyo-Pliyosen yaşında olup, karasal kırıntılardan oluşmaktadır. Üst tabakalara doğru tane boyu küçülmekte ve marn ve

killi kireçtaşı ardalanmasına geçiş göstermektedir. İnceleme alanı derin yarmalar içinde bulunan marn tabakalarında çok ince şekilde linyit damarları bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Ulukısla Kuzeybatısında formasyonların birbirleriyle olan ilişkileri (Ölçeksiz) (Dursun A. 2006)

Oktay (1982) tarafından birim Kurtulmuştepe formasyonu olarak ta bahsedilmiştir. Birimin yaşı Geç Eosen-Oligosen olup, tabanda anhidritler, üstlerde ise marn ve killi kumtaşı ardalanması şeklinde devam ettiğini belirtmişlerdir. Hasangazi formasyonunu Ulukışla güneyinde uyumsuz olarak örter. Formasyonun üzerini Pliyosen yaşlı karasal kırıntılardan oluşan Cihanbeyli formasyonu örtmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı Jeolojisi

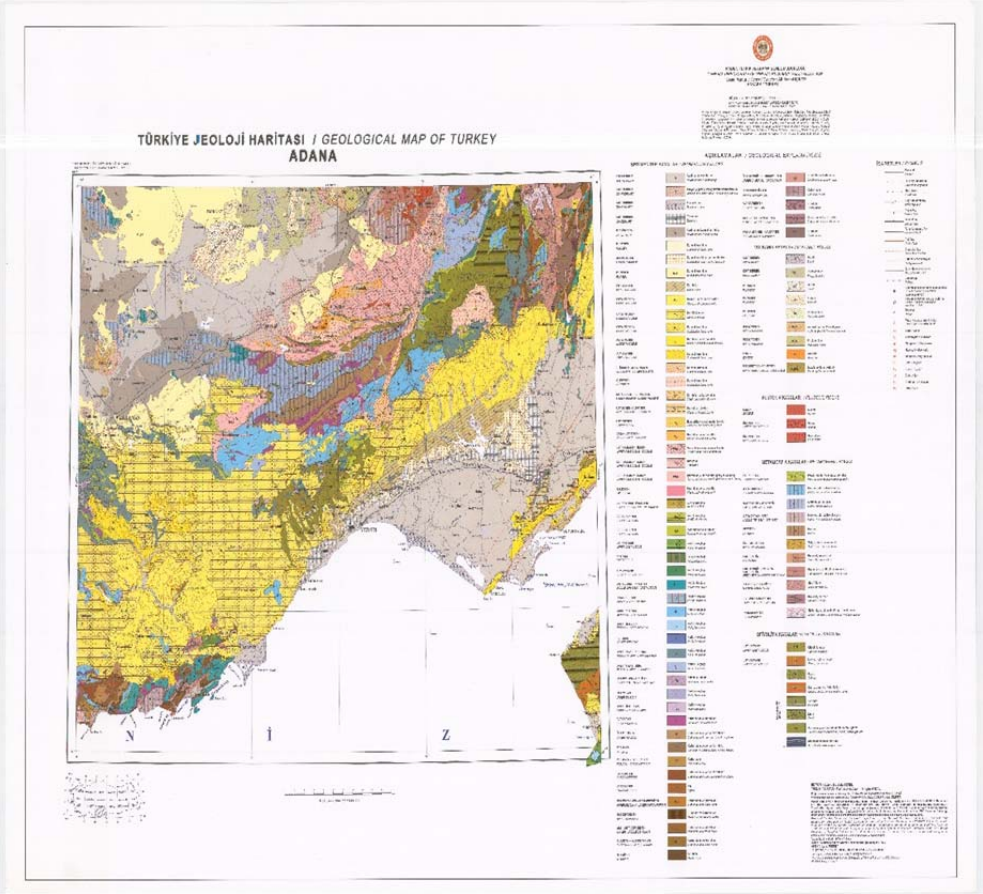
Ulukışla Havzası'nın güney sınırını Bolkar dağları, batı sınırını Niğde Masifi ve doğu sınırı Aladağlar ve Ecemiş fayı çevrelemektedir. Tersiyer başında volkanik bir ada yayının gelişim gösterdiği kapanan bir okyanus durumunda durumundadır. Ulukışla ve çevresinde paleocoğrafik nedenlerinin egemen olduğu, Geç Kretase döneminde ise ofiyolit yerleşim söz konusudur. Ofiyolit yerleşimi dalma batma zonunun sona ermesiyle meydana gelmiş ve bundan dolayı magmatik olaylar meydana gelmiştir. Dalan kısım Paleosen boyunca devam etmiş ve ergime sonrası Ulukışla çevresinde doğu-batı uzantılı ada yayı gelişme göstermiştir. Paleosen döneminde tektonik nedenlerin etkisinde kalan ada yayının civarında Tuz Gölü'nün türbidit akıntıları ile gelen kırıntılı malzeme kuzeyden güneye doğru depolanmıştır.

Ulukışla Havzası'nın ada yayı kuzeyinde kalan bölümü kıvrımlanarak kara parçası oluşmuştur. Pliyosen döneminde tortul devre gelişerek kırıntılı sedimanlar çökelme göstermiştir. Sıkışma kuvvetlerinin etkisi ile bindirmeler, ters faylar, dar kıvrımlar meydana gelmiştir. Ecemiş doğrultu atımlı fayı da doğuya doğru sıkışma kuvvetlerine neden olmuştur. Geç Kretase döneminde ofiyolit yerleşimlerinden sonra sedimanter birimler meydana gelmeye başlamıştır. Hasangazi, Güney ve Halkapınar formasyonları arasında yanal ve düşey yönde litofasiyes değişiklikleri gözlenir.

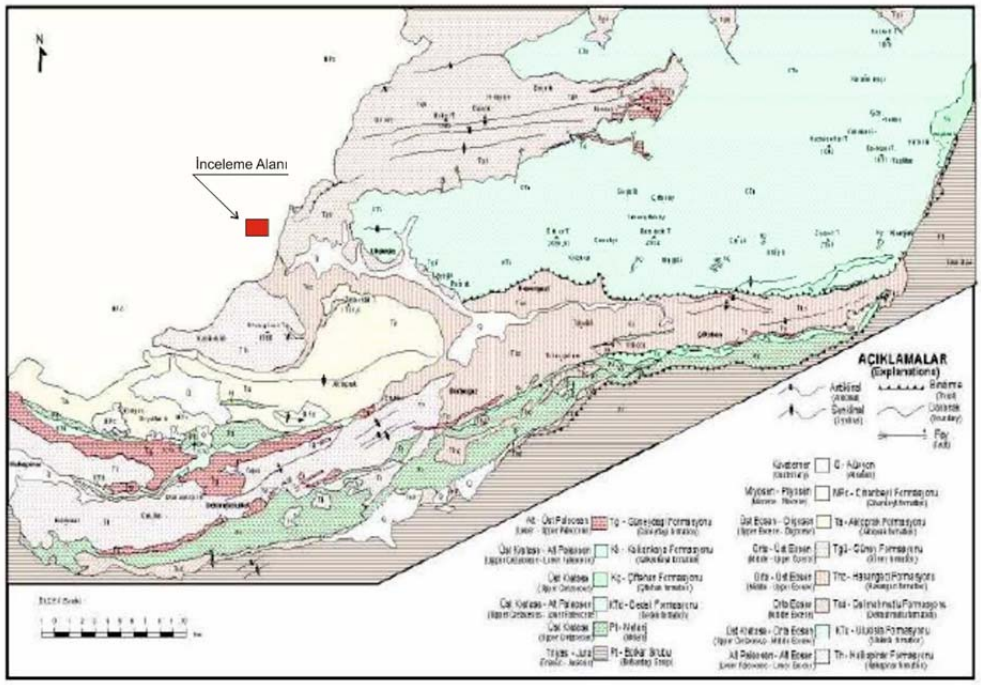
Havza tektonik yönden fazlasıyla etkilenmiş olup, istifler birbirleri üzerine bindirme göstermektedirler. Havzaya şekil veren kuvvetlerin kuzey-güney doğrultulu olmasından dolayı Ulukışla' dan başlayan doğu-kuzeydoğu yönünde ada yayları gelişmiştir. Gelişen ada yayları, yaygın bir şekilde çökelmiş sedimanter birimlerin meydana gelmesinde önemli kaynak oluşturmuştur. Ereğli-Ulukışla Havzası ve Tuz Gölü Havza'sında birimlerin çökelme zamanı ve özellikleri

incelendiğinde Ereğli-Ulukışla Havzası'nın Tuz Gölü Havzası'nın devamı olduğu düşünülebilir.

Ereğli–Ulukışla Havzasını dolduran birimlerin birbirleriyle bağlarını, yapısal özelliklerini ve yayılımlarını bölgenin genel jeoloji haritası ve Ereğli-Ulukışla havzasının genel jeoloji haritasında görmek mümkündür (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).



Şekil 3.1. 1:500.000 Ölçekli Genel Jeoloji haritası Adana Paftası (MTA Genel Müdürlüğü, No:15 Şenel, M.)



Şekil 3.2. Ereğli-Ulukısla Havzası'nın Jeoloji Haritası (Sonel ve Sarı 2004)

3.1.1.1. Cihanbeyli Formasyonu (MPc)

Formasyon kendinden yaşlı diğer formasyonlar üzerine açısal uyumsuzlukla gelmektedir. Ereğli-Ulukışla Havzası ile Tuz Gölü Havzası'nın birimleri üzerinde geniş bir yayılım göstermektedir. Tabanda çakıltaşı-kumtaşı-kiltaşı ardalanması ile başlayıp sonrasında çakıltaşı-kumtaşı-marn ardalanması ve killi kireçtaşı, tüf, aglomera ve lavlardan meydana gelmektedir. Formasyon geç Miyosen erken Pliyosen yaşlı olup, karasal kırıntılardan meydana gelmektedir. Formasyon içinde marn ve kiltaşı tabakalarında ekonomik değeri olmayan linyit damarları görülmektedir (Sonel vd., 1997). Üste doğru giderek tane boyu küçülmekte marn ve killi kireçtaşlarına geçmektedir. Formasyondaki büyük ölçekli çapraz katmanlanma ile kırıntılılardaki merceklenmeler akarsu ortamını, kireçtaşı ile bitümlü marnlar ise gölsel bir ortamın varlığını işaret etmektedir. (Dellaloğlu ve

Aksu., 1986). Bazı araştırıcılar bu birimi Altaylar, Ulukışla, Beştepeler adı altında formasyon derecesinde değerlendirmişlerdir (Oktay, 1982).

3.1.1.2. Güney Formasyonu (Tgü)

Formasyonunun en iyi geliştiği yer Ulukışla ilçesi Güney köyü çevresi olması nedeniyle Oktay (1982)'nin yaptığı adlama kullanılmıştır. İstif Dellaloğlu ve Aksu (1986) tarafından Ovacık formasyonu, Oktay (1982) tarafından ise Güney formasyonu olarak adlandırılmıştır. Tip mevkisinde ve Ulukışla güneydoğusunda farklı fasiyes ve yaşlarda izlenir (Oktay, 1982). Depolanma ortamı derinliği kuzeyden-güneye doğru farklılık gösterir. Ulukışla kuzeyinde Güney formasyonunun malzemesinin tümü volkanik ve sığ sokulum tipi magmatiklerden türemiş ve çoğunlukla çakıltaşlarından oluşmuştur. Oktay (1982) tarafından Ulukışla grubu içine alınan Alt-Orta Eosen yaşlı Serenkaya formasyonu bu çalışmada Güney formasyonu içerisine alınıp Güney formasyonunun taban seviyeleri olarak incelenmiştir. Tip mevkide Güney formasyonu altta merceksel ve bloklu kaba çakıltaşlarından, üstte ise devresel çökelmiş ve dereceli tabakalı çakıltaşı-kumtaşı-şeyl ardışımından oluşmuştur. Tip kesit kalınlığı 880 m'dir. İstifin üst seviyelerinde yaygın olarak dereceli tabakalanmalı kanal dolguları, kayma çökelleri, türbiditik kumtaşı ardalanmaları görülür. Formasyon litoloji ve kalınlık açısından büyük değişimler gösterir. Güney formasyonu Ulukışla çevresinde 365 m kumtaşı-çakıltaşı ardışımı, Ulukışla doğusunda Porsuk köyü çevresinde baskın olarak 90 m, Çaykavak geçidi (Ulukışla-Niğde yolu üzerinde) doğusunda 160 m kumtaşı-çakıltaşı-şeyl ardışımından oluşur. İstifin özellikle alt kesimindeki kaba taneli kırıntılıların içinde gözlenen merceksellik, büyük ölçekli çapraz tabakalanma ve yanal olarak hızlı litolojik değişimler sığ-derin denizel koşullarda hızlı bir çökelim olduğunu gösterir. Üst kesimlerde kumtaşı-şeyl tabakalarının kalınlıklarının ve yoğunluklarının değişmesi, çakıltaşı-kumtaşı-şeyl istiflerinin birbirlerine doğru geçişte aşınmalı-kanallı oluşu ve büyük oygu yapıları içermesi, yaygın iç yapı olarak dereceli tabakalanmanın bulunuşu ve yer yer kayma

yapıları zaman içinde sığ denizel çökelme koşullarının değiştiğini, ortamın derinleştiğine işaret eder. Çökelme ortamı volkanik ada yayı içi ve çevresinde yer alan derin çukurlardır. Bu birimi oluşturan sedimanların, hem volkanik adaların su üzerindeki kesimlerinden hem de havza batısındaki bir karanın aşınması sonucu türemiş kırıntılı gerecin hızlı bir şekilde depolanmasından oluştuğunu söylemek mümkündür (Oktay 1982).

Güney formasyonunun genel olarak türbiditik akıntılar ile depolandığı anlaşılmaktadır. İstifin alt kısımları kanal dolguları içermektedir ve kumtaşı yoğunluğu fazladır bu nedenle yakınsak türbiditik bir istif sunar. Çalışma alanında kuzeye doğru gidildikçe kumtaşı ve şeyl yoğunluğu eşittir bu bölgeler ortaç özellikte, istifin üst kesimlerinde yine kanal dolguları gözlenmekte ve kumtaşı taneleri kabalaşmakta ve kumtaşı yoğunluğu artmakta, şeyl yoğunluğu ise azalmaktadır bu sebeple de üst seviyeler yakınsak türbiditik karakterde görülmektedir. Birim genellikle gri-kaba kumtaşı ve şeyl ardışımı şeklinde gelişmiştir ve yaklaşık 800 m kalınlık gösterir. Çalışma alanında Güney formasyonu, Ulukışla formasyonu ve Halkapınar formasyonlarıyla yanal ve düşey yönde geçişlidir. Ulukışla güneyinde Güney formasyonuna rastlanmaz, bu alanda Güney formasyonuyla eş yaşlı olan Hasangazi formasyonu depolanmıştır. Aktoprak formasyonu, Hasangazi formasyonu ve Güney formasyonlarıyla yanal ve düşey yönde geçiş yaparak bu birimlerin üzerinde depolanmıştır. Miyosen-Pliyosen yaşlı Cihanbeyli formasyonu, çalışma alanı güneyinde Aktoprak formasyonu üzerine, kuzeyde ise Güney formasyonu üzerine uyumsuz olarak oturur. Birimin yaşı Manolya Sınacı ile yapılan sözlü görüşmede; formasyonun nannofosil tayinlerinde Globorotalia cf Pseudomonardi, Globorotalia grup aequa, Globorotalia cf compressa, Globigerina cf soldacloensis, Globigerina triloculinoides, Disticoplax biserialis, Discocylina sp., Glomalveolina sp., Rotalia sp., Anomalidae tespit edildiğini birimin yaşının Üst Paleosen-Alt Eosen olduğu belirtilmektedir. Bu sözlü görüş de dikkate alınarak çalışma alanı için genelleştirilmiş dikme kesit oluşturulmuştur.

3.1.1.3. İnsuyu Formasyonu (Tmpli)

Bu formasyon güzergah boyunca 3 üye ile temsil edilmektedir. Bunlar;

-Beştepeler Üyesi: Killi kireçtaşı, çakıltaşı, şeyl
-Katrandedetepe Üyesi: Marn, kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı
-Kızılbayır Üyesi: Çakıllı kil, kumtaşı, çakıltaşı, marn, kireçtaşı, şeyl.

Proje sonunda yer alan Ulukışla İstasyonu civarı Km:216+000-230+000 arasında gözlemlenmektedir. Çakmak istasyonundan sonra başlayan derin yarma bölgesinin güneyine doğru Tepeköy mahallesi ile Ulukışla arasında mostralar görülebilmektedir. Tepeköy civarında ise tabakalanmalar görülebilmektedir.

Tepeköy mahallesi civarı formasyonun belirgin mostra verdiği yerlerden olup, yamaçların doğu cephesinde formasyonun birimlerini görmek mümkündür. Formasyon birimleri içinde bulunan kayaçların dayanımı genel olarak düşük ve orta derecededir.

3.1.1.4. Alüvyon (Q)

Gevşek çimentolu veya çimentosuz çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşları genç çökelleri oluşturmakta olup, Kızıltepe civarında görülen karbonat gelişmesi sonrasında traverten bulunmaktadır. Yuvarlanmış gevşek çimentolu farklı birimlere ait çakıllar içeren çakıltaşı-kumtaşlarından meydana gelen taraça bulunmaktadır. Metamorfik kayaçlara ait köşeli çakılların birikimi ile görülen yamaç molozları ihtiva etmektedir. Birim Kuvaterner yaşlıdır.

3.2. Yöntem

Yürütülen bu tez çalışması; arazi öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında; Akademi Jeolojik Jeoteknik Etüt Proje Mühendislik Müşavirlik İnşaat Sanayi Ticaret Limited Şirketi, Progeo Proje

Mühendislik Müş.San. ve Tic.Ltd.Şti ve Enye İnşaat San. ve Tic. A.Ş Şirketleri tarafından jeoteknik amaçla yapılan sondajlardan ve laboratuvar deneylerinden yararlanılmıştır.

3.2.1. Arazi Öncesi Çalışmalar

Arazi çalışması öncesinde çalışma alanı ve yakın çevresiyle ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Bu literatür araştırması kapsamında çalışma alanı ve yakın çevresiyle ilgili yazılan tezler ve makaleler incelenmiş, bölgede yapılmış arazi ve laboratuvar çalışmaları elde edilmiştir. Çalışma alanı ve yakın çevresini içeren jeoloji haritalarından yararlanılarak bölge hakkında ön bilgiler edinilmiştir. Arazi ve büro çalışmalarında inceleme alanına ait 1/25000 ölçekli Karaman M32 C1 ve detay olarak 1/2000 ölçekli topoğrafik sayısal haritalar kullanılmıştır.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları sondajlar, araştırma çukurları ve laboratuvar deneyleri olmak üzere üç farklı aşamada yürütülmüştür.

3.2.2.1. Sondajlar

Sondaj, geleneksel olarak genelde derinlerde bulunan, daha sağlam ve çimentolu çökeller (mühendislik kayası) için kullanılır. Şimdilerde, özel laboratuvar deneyleri için aşırı konsolide zeminlerden iyi kalitede numuneler elde etmekte de kullanılmaktadır. Sondaj işleminde yerinde deneyler yapmaya, numuneler almaya ve içerisinde ölçüm cihazları (örneğin, yeraltı suyunun basıncını ölçmek için) yerleştirmeye yarayan derin kuyu çeşididir. Örselenmiş ve örselenmemiş numuneler almak ve arazi deneylerinin uygulanması amacıyla güzergâh boyunca belirli aralıklarla sondajlar açılmıştır. Alınmış olan karot örneklerinin çapları yapılacak olan deney standartlarının boyutlarına uygun olarak seçilmiştir. Güzergah boyunca yapılan sondaj derinlikleri demiryolu profil

kotlarına göre ayarlanmış olup, kritik kesitlerde kırmız kot (ray üst kotu) derinliğinden daha aşağıda sonlandırılmıştır.

3.2.2.2. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

"Standart Penetrasyon Deneyi" terimi ilk olarak Terzaghi tarafından 1947' deki Teksas zemin Mekaniği Konferansı'nda kullanılmıştır. Yaygın bir şekilde SPT olarak bilinen " Standart Penetrasyon Deneyi" sondaj kuyusu içinde "ayrık kaşık" olarak bilinen standart bir numune alıcısının zemine çakılması şeklinde yapılır. Çakma işlemi, ucunda ayrık kaşık bulunan tijler üzerine 63,5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın kuyunun dışında 76,2 cm yüksekten tekrarlı bir şekilde bırakılmasıyla yapılır(Şekil 3.3). Ayrık kaşık kuyunun tabanına indirilir ve 45 cm çakılır. Normalde her 7,6 cm (3 inç)'lik çakmaya karşılık gelen darbe (vuruş) adedi kaydedilir. Çakmanın sonunda ayrık kaşık kuyudan çıkarılır ve içindeki numune de hava geçirmeyen bir kap içinde muhafaza edilir. Penetrasyon direnci, numune alıcının son 30 cm'lik kısmını çakmak için gerekli darbe sayısıdır. Kuyunun açılması sırasında zeminin örselenmiş olmasından dolayı, ilk 15 cm'lik çakma sırasındaki darbe sayısı kullanılmaz.

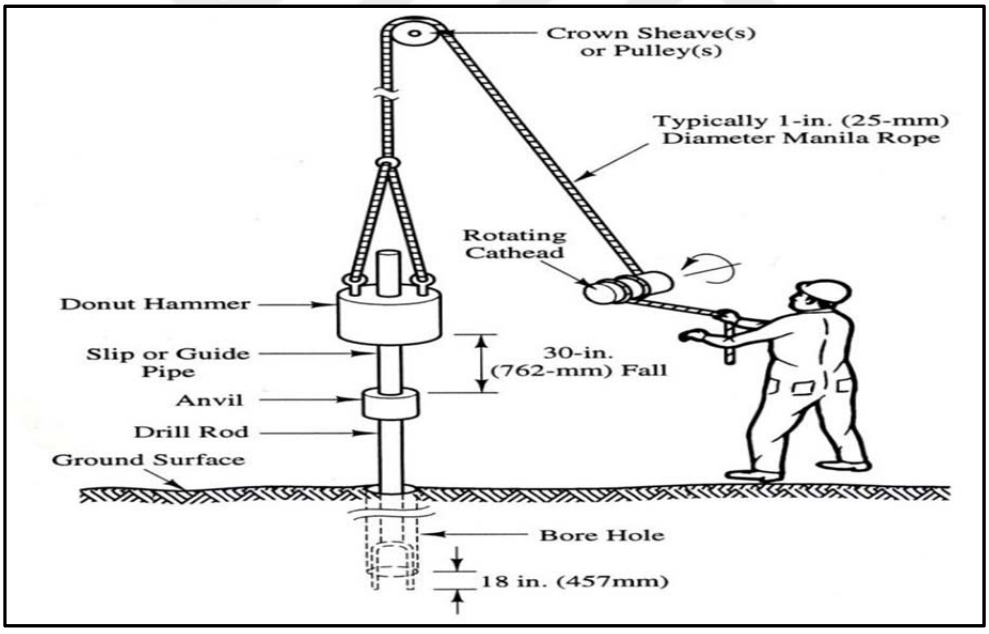
SPT N değeri ile zemin ve zayıf kaya arasındaki korelasyonlar tamamen ampirik olup, uluslararası bir bilgi veri tabanına dayanmaktadır. SPT tam anlamıyla standardize edilmediğinden, bu korelasyonlar bazı durumlarda doğru olarak göz önüne alınmamaktadır. Bu nedenle, SPT ve bu yöntemden elde edilen verileri kullananların, aşağıda verilen ve bu deneyi kontrol eden faktörlere dikkat etmesi gerekmektedir.

- Deney düzeneğindeki değişimlere,
- Kuyunun açılmasından kaynaklanan örselenme ve
- Düzeneğin kullanıldığı zemin.

SPT vuruş sayıları ve zemin özellikleri arasında ilişkiler birçok araştırmacı tarafından önermede bulunulmuştur. En yaygın olarak kabul gören ilişki ise, iri daneli zeminlerde N vuruş sayısı ile kıvamlılık arasındaki bağlantılardır. Bu bağlantılar Çizegel 3.1. ve 3.2.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kohezyonsuz zeminlerde SPT-N ile sıkılık ilişkisi (Hunt,R.E.1984)

SPT-N	**Sıkılık**	**Rölatif Sıkılık**
< 4	Çok Gevşek	< 0.15
4-10	Gevşek	0.15-0.35
10-30	Orta Sıkı	0.35-0.65
30-50	Sıkı	0.65-0.85
>50	Çok Sıkı	>0.85



Şekil 3.3. Standart Penetrasyon Deney Düzeneği (Coduto, D.P.,1999)

Çizelge 3.2. Kohezyonlu zeminlerde SPT-N ile kıvam ilişkisi (Terzaghi,K., Peck,R.P.,1967)

SPT-N	**Kıvam**	**Serbest Basınç Dayanımı, qu (kg/cm2)**
<2	Çok yumuşak	<0.25
2-4	Yumuşak	0.25-0.50
4-8	Orta katı	0.50-1.00
8-15	Katı	1.00-2.00
15-30	Çok katı	2.00-4.00
>30	Sert	>4.00

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Sondaj çalışmalarından elde edilen numuneler Akademi Müh. Firmasın laboratuvarına gönderilerek deneyler yapılmıştır. laboratuvar deneyleri ile numunelerin mühendislik jeolojisi özelliklerinin tayin edilmesi amaçlanmıştır. Sondajlardan alınan örselenmiş (SPT) ve UD numunelerinde yapılan zemin ve kaya deneyleri standartlarıyla birlikte aşağıda Çizelge 3.3. ve 3.4.' de belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Zemin deneyleri ve standartları

Zemin Deneyleri	**Standart**
Su Muhtevası	TS-1900-1, TS-EN 17892-1
Elek Analizi	TS-1900-1
Atterberg limitleri	TS-1900-1
Konsolidasyon deneyi	TS-1900-2
Şişme basıncı	TS-1900-2
Şişme yüzdesi	TS-1900-2
Üç eksenli basınç deneyi (UU)	TS-1900-2
Serbest Basınç deneyi	TS-1900-2

Çizelge 3.4. Kaya deneyleri ve standartları

Kaya Deneyleri	**Standart**
Kayada doğal birim hacim ağırlık	TSS 699
Kayada tek eksenli basma dayanımı	TS-2028, ISRM
Kayada üç eksenli basınç dayanımı	TS 699,ASTM D 2664
Kayada nokta yükü deneyi	TSS 699
Kayada elastisite modülü tayini	TS 2030
Kayada poisson oranı	TS 2030

3.2.4. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları, şev analizinde kullanılacak parametrelerin laboratuvar sonuçları, arazi gözlemleri ve RocLab yazılımı kullanılarak tayini ile Slide 2D analizlerinden oluşmaktadır. Çalışılan projenin güzergâh plan ve profilleri de Autocad proğramı üzerinde çalışılmıştır. RocLab, Slide 2D yazılımları ve Autocad proğramı bu tez kapsamında lisanslı sürümleri ile kullanılmıştır.

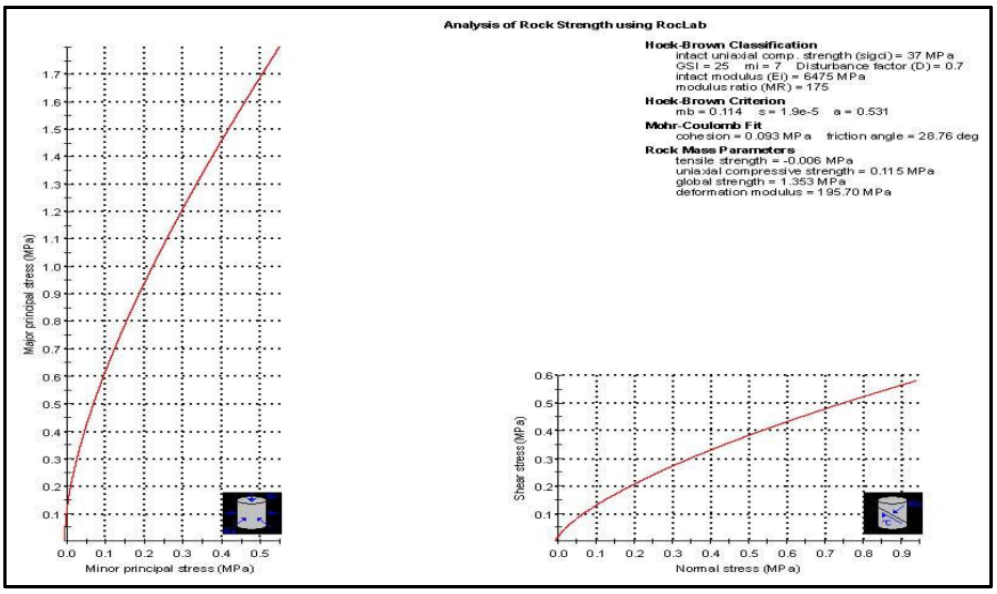
3.2.4.1. Slide 2D

Slide 2D, limit denge yöntemi kullanarak iki boyutlu şev duraylılık analizi yapan bir yazılımdır. “Slide 2D” yazılımı iki boyutlu bir şev duraylılık analiz yazılımıdır. Kayma yüzeyinin duraylılık analizlerinde Bishop, Janbu, Spencer, Sarma, Morgenstern-Price (GLE) vb. gibi yaygın limit denge metotları bulunmaktadır. Bu metotlarla Slide 2D yazılımı yardımıyla kaya ve/veya zeminden oluşan şevlerde güvenlik katsayısı hesabı, dairesel ve dairesel olmayan yenilme yüzeylerin tespiti yapılabilmektedir. Ayrıca yazılım içerisinde yeraltı su seviyesi ve şeve etki eden dış yük tanımlaması yapılabilmekte olup şev destek sistemleri modellenebilmektedir. Kullanım kolaylığı sayesinde Slide 2D, kompleks modeller de bile hızlı ve kolay çözümlemeler yapabilmektedir. Slide 2D yazılımı ile iki boyutlu analizler yapıldığından şevlerin kesit görünümünden yararlanılır.

Şev analizi için kullanılan ve güvenilir sonuçlar veren bu yazılım yardımı ile yarmaların şev duraylılıksi çözümlenmiştir. Bölgeden elde edilen kesitler ve 2 boyutlu arazi modelleri yazılımlara tanıtılıp analizlere başlanmıştır. Litolojik birimlere ait kayma parametreleri ve arazi koşulları da eklenerek analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda birkaç farklı senaryo üzerinde durulmuş ve bunlara yönelik iyileştirme çalışmaları önerilmiştir.

3.2.4.2. RocLab ile Parametre Tayini

RocLab, kaya ve zeminlerin dayanım verilerinin analizinde ve dayanım zarfının ve fiziksel parametrelerin belirlenmesinde kullanılan bir yazılımdır (Şekil 3.6). RocLab yazılımı ile üç eksenli veya direk kesme dayanımına bağlı olarak kaya veya zeminlerin çizgisel ve çizgisel olmayan dayanım zarfı parametreleri belirlenebilmektedir. RocLab, Genelleştirilmiş Hoek-Brown, Mohr-Coulomb ve Barton-Bandis dayanım zarfı gibi geniş kullanım alanı olan dayanım zarflarını kullanmaktadır.



Şekil 3.4. RocLab programından ekran görüntüsü örneği

Tez incelemesinde laboratuvar deney sonuçları ve arazi gözlemleri kullanılarak kayaç ve zeminlerin dayanım değerleri ortaya çıkarılmıştır. RocLab programına veri girişi olarak marn biriminin tek eksenli basınç deneyi, doğal birim hacim ağırlık sonuçları kullanılmıştır. RocLab programı veri girişi sonrasında Mohr-Coulomb dayanıma göre içsel sürtünme açısı ile kohezyon değerleri ortaya konmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. İnceleme Alanı Jeolojisi ve Stratigrafik Kesit

İnceleme alanında yapılacak şev bölgesinin sondaj logları incelendiğinde şev hesaplamalarına dâhil olan birimlerin silttaşı – marn - kiltaşı ardalanmasından oluşmakta, yüzeyde ise ayrışmadan dolayı kalın kil ve silt bir örtünün yeraldığı görülmektedir.

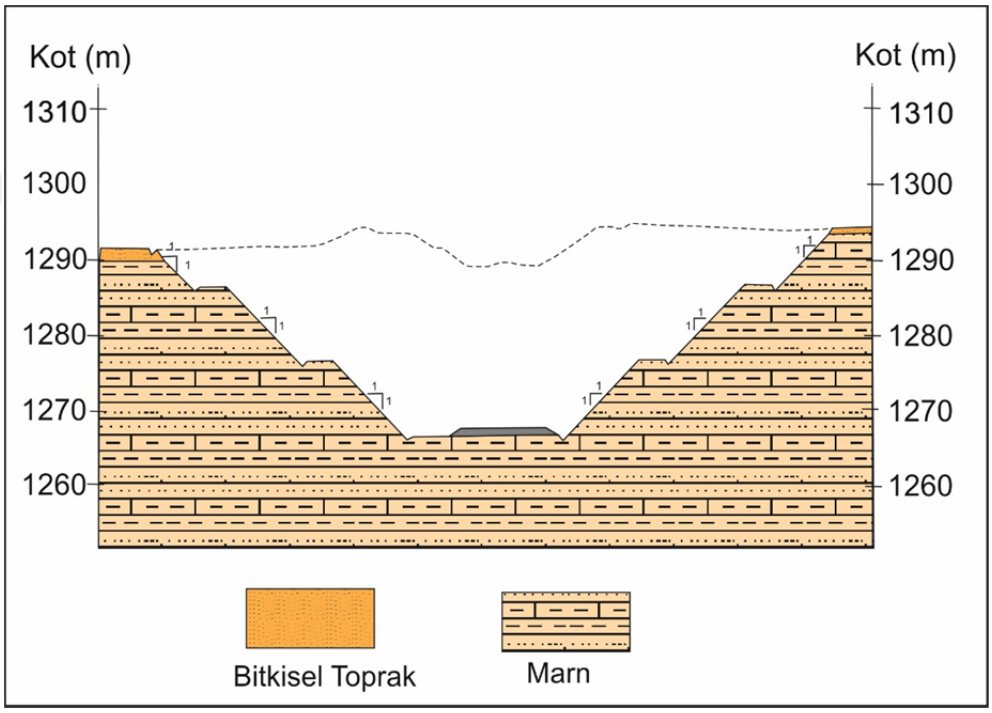
Şev oluşacak bölgelerde yapılan sondaj derinlikleri demiryolu profil kotlarına (kırmızı kot=ray üst kotu) ve siyah kotlara bakıldığında ortalama kırmızı kottan minimum birkaç m aşağıda olacak şekilde sonlandırılmış olup, kuyu derinlikleri 25-50 m arasında değişkenlikler göstermiştir. Yapılan sondaj kuyuları incelendiğinde yeraltı su seviyesine rastlanılmamış olup, çalışma bölgesinde kış mevsimi sonrasında kil ve silt tabakalarının altından su sızıntılarının mevsimsel olarak aktığı gözlemlenmiştir.

Güncel sondaj kuyuları incelendiğinde 0,00-0,50 m arası tarım arazisi olarak kullanılmakta ve kil ağırlıklı zeminlerden oluşmaktadır. 0-5 m arası kil, altında kalan 5-8 m aralığında silt ağırlıklı kil karışımı ve kuyu sonuna kadar kalan tabakalar ise daha çok marn ağırlıklı kiltaşı ve silttaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Marn birimi ise bütün kuyularda kil ve silt ten sonra görülmüş, kuyu derinliği sonlarına kadar genellikle devamlılık göstermiştir.

4.2. Şev Analizinde Kullanılan Mühendislik Jeolojisi Değerlerinin Belirlenmesi

Tez konusu inceleme bölgesindeki şev duraylılık analizlerinde projenin önemi ve kriterleri dikkate alındığında kısa süreli bir şev duraylılığı tercih edilmemiştir. Demiryolu projelerinde oluşturulan şevlerin ilerleyen zamanlarda da uzun süreli duraylılık göstermesi gerekmektedir. Kısa süreli duraylılık gösteren şevlerin duraylılıksinin bozulması sonrası oluşabilecek can ve mal güvenliği açısından geri dönülmeyecek riskler barındırmaktadır. Sonuç olarak oluşturulacak

şevlerin duraylılık analizleri kısa süreli olmayıp, uzun dönem duraylılık göstereceğinden dikkate alınması gerekli olan efektif dayanım parametreleridir. Belirtilen nedenlerden ötürü bu tezde uzun dönem duraylılık sağlanabilmesi için efektif dayanım parametreleri dikkate alınmıştır.



Şekil 4.1. Çalışma bölgesi tipik jeolojik kesit (Km:220+000)

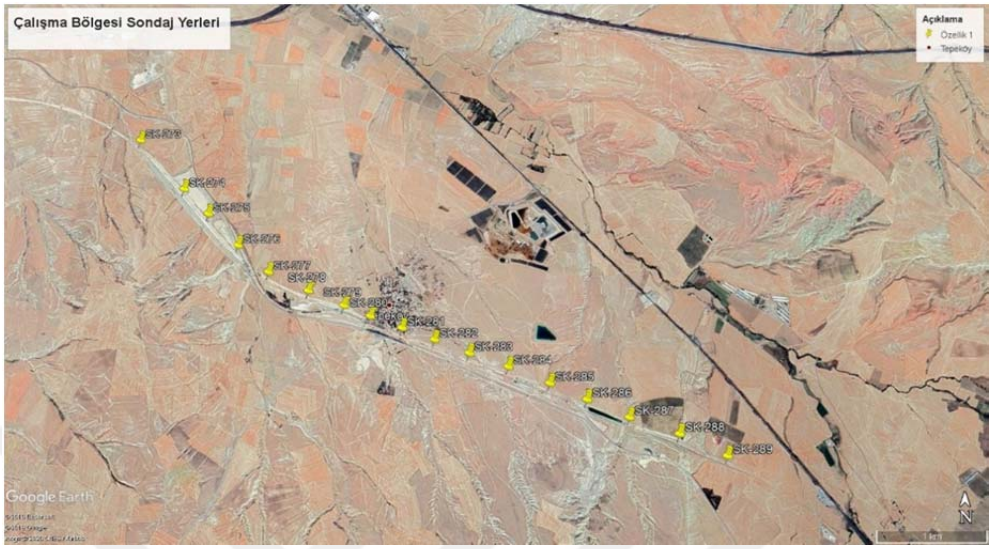
4.2.1. İnceleme Alanında Yapılan Sondajlar

İnceleme alanında yer alan zemin ve kaya birimlerinin bileşimlerini, kalınlıklarını, litolojik, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek ve yeraltı suyu durumuyla ilgili bilgi edinmek amacıyla sondaj kuyuları açılmıştır. Bu sondajlara ait kuyu numarası, derinlik, koordinat ve arazi kotları Çizelge 3.1.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışma alanında yapılan sondajlar, derinlikleri ve koordinat değerleri

KUYU NO	DERİNLİK (m)	X (Doğu)	Y (Kuzey)	KOT (m)
SK-273	43	4166429.395	618334.043	1228,125
SK-274	42	4166057.921	618667.850	1229.318
SK-275	35	4165686,012	619002,345	1233,957
SK-276	25,50	4165354,64	619375,538	1227,375
SK-277	20	4165125.353	619818.823	1232.7
SK-278	45	4164944,592	620284,749	1253,734
SK-279	30	4164802.183	620721.807	1241.895
SK-280	30	4164756,178	620704,2	1243,071
SK-281	30	4164584,855	621222,077	1264,431
SK-282	30	4164407,829	621685,402	1277,204
SK-283	50	4164227,943	622151,752	1289,69
SK-284	40	4164046,425	622617,545	1297,305
SK-285	30	4163866,588	623084,076	1297,842
SK-286	46	4163686,798	623550,524	1323,162
SK-287	25	4163506,245	624017,043	1310,73
SK-288	25	4163298,765	624471,23	1309,16
SK-289	25	4163007,29	624876,381	1316,26

Bu tez çalışması süresince inceleme alanında 17 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bu kuyular aynı zamanda proje güzergâhında yarma şev duraylılık raporları ve güzergâh jeoteknik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla uygulama projesine esas olmak üzere Akademi Jeolojik Jeoteknik Etüt Proje Müh. Müş. İnşaat San. Tic. Ltd. Şti. tarafından gerçekleştirilmiştir. “SK” kodlu sondaj kuyuları bunları temsil etmektedir. İnceleme alanında yapılan sondajlar için D-900 ve D-500 Rotary tip temel sondaj makinesi kullanılmıştır. Sondaj kuyularının konumları Şekil 4.2.’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Sondaj kuyularının uydu görüntüsündeki konumları

Sondajlar sırasında ince taneli zeminlerin kıvam durumunu, iri taneli zeminlerin sıkılık durumunu belirlemek ve örselenmiş örnekler almak amacıyla standart penetrasyon deneyleri (SPT) yapılmıştır. Mühendislik Jeolojisi parametrelerini belirlemek amacıyla yarma bölgesi alanı ve civarında açılan sondajlarda zemin birimlerinden örselenmemiş (UD) örnekler, kaya birimlerinden ise karotlar (Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.) elde edilmiştir. Sondajlar sırasında SK-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289 kuyularından alınan karot örneklerinden kaya kalite göstergesi (RQD) değerleri hesaplanmıştır. SK-275 sondajından alınan numuneler üzerinde tek eksenli basınç deneyi, doğal birim hacim ağırlık deneyi, zemine ait elastisite modülü tayini , nokta yükleme deneyi, ve kayada üç eksenli basınç deneyleri yapılmış olup sonuçlar Çizelge 4.2.'de verilmiştir. SK-275-276-284-285-286-287-288-289 numaralı kuyularda belirli aralıklarla kayada üç eksenli basınç deneyi yapılmış olup, Çizelge 4.2.' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. SK-275-276-279-280 Kuyusuna Ait Laboratuvar ortamında yapılan deney sonuçları

Sondaj No	Numune Derinliği	Doğal Birim Hacim Ağırlık γ (kN/m^3)	Tek Eksenli Basınç Deneyi qu (MPa)	Kayada Üç Eksenli	
				c (Mpa)	Φ
SK-275	1,5 – 1,95	-	-	-	-
SK-275	2,50 -3,00	18,36	-	-	-
SK-275	3,00 -3,45	-	-	-	-
SK-275	4,50 - 4,95	-	-	-	-
SK-275	6,00 - 6,45	-	-	-	-
SK-275	7,5 - 10,00	24,54	37,3	-	-
SK-275	10,00 - 13,00	24,34	33,4	-	-
SK-275	13,00-16,00	23,66	24,9	-	-
SK-275	16,00-19,00	24,96	44,3	-	-
SK-275	19,00-22,00	24,75	42,8		
SK-275	22,00-25,00	23,99	-	5,8	36°
SK-275	25,00-28,00	24,54	40,3	-	-
SK-275	28,00-31,00	24,85	45,4	-	-
SK-275	31,00-34,00	24,14	27,9	-	-
SK-276	1,50 – 1,95	-	-	-	-
SK-276	2,50 -3,00	17,96	-	74	9°
SK-276	3,00 -3,45	-	-	-	-
SK-276	4,50 - 4,95	-	-	-	-
SK-276	5,50 - 6,00	-	-	-	-
SK-276	6,00 - 6,45	-	-	-	-
SK-276	10,5 - 13,50	23,85	23,9	-	-
SK-276	13,50 - 16,50	24,16	-	5,9	40°
SK-276	16,50-19,50	24,62	38,2	-	-
SK-276	19,50-21,50	24,35	30,1	-	-

Çizelge 4.2. devamı

SK-276	21,50-23,50	24,52	36,8	-	-
SK-276	23,50-25,50	24,03	28,2	-	-
SK-279	1,50 – 1,95	-			
SK-279	2,50 -3,00	-	-	-	-
SK-279	3,00 -3,45	-	-	-	-
SK-279	4,50 - 4,95	-	-	-	-
SK-279	5,00-7,00	24,92	-	-	-
SK-279	7,00-10,00	23,38	22,06	-	-
SK-279	10,00-13,00	23,74	24,30	-	-
SK-279	13,00-16,00	24,24	34,40	-	-
SK-279	16,00-19,00	24,33	37,5	-	-
SK-279	19,00-22,00	24,52	40,60	-	-
SK-279	22,00-25,00	24,14	31,00	-	-
SK-279	25,00-28,00	24,62	35,50	-	-
SK-279	28,00-30,00	24,03	27,50	-	-
SK-280	1,50 – 1,95	-	-	-	-
SK-280	3,00-6,00	23,38	19,80	-	-
SK-280	7,00-10,00	23,66	25,50	-	-
SK-280	10,00-13,00	23,54	23,20	-	-
SK-280	13,00-16,00	23,25	21,80	-	-
SK-280	16,00-19,00	24,00	-	-	-
SK-280	19,00-22,00	23,74	22,70	-	-
SK-280	22,00-25,00	25,11	50,00	-	-
SK-280	25,00-28,00	24,62	43,50	-	-
SK-280	28,00-30,00	24,23	30,40	-	-



Şekil 4.3. SK-273 Karot numuneleri



Şekil 4.4. SK-273 Karot numuneleri

4.2.2. İnceleme Alanında Yapılan SPT deneyleri

İnceleme alanında, SK-273-274-275-276-277-279-280-281-288-289 no.lu kuyularda 1-14 m derinlikler arasında 33 adet SPT yapılmıştır. Güzergâhın zemin profilini çıkarmak amacıyla sondajlardan örselenmiş (SPT), örselenmemiş (UD) ve karot numuneleri alınmıştır. Zeminlerin yerindeki mukavemetlerini belirlemek amacı ile zemin birimleri içerisinde her 1,5 m' de bir SPT yapılmıştır. SPT derinlik ve değerlerini gösteren Çizelge 4.3.' te, karot numunelerine ait SCR (%), RQD (%) değerleri ve jeolojik tanımlamaları Çizelge 4.4.' te belirtilmiştir. Alınan numuneler incelenmek üzere Akademi Müh. Müş. Firması laboratuvarına gönderilmiştir.

Çizelge 4.3. SPT Derinlik ve Değerleri

Sondaj No	SPT No	Derinlik(m)	0-15	15-30	30-45	SPT-N
SK-273	SPT1	1,5-1,95	50/10	-	-	R
SK-273	SPT2	3,0-3,45	27	50/5	-	R
SK-274	SPT1	1,5-1,95	37	41	50/1	R
SK-275	SPT1	1,5-1,95	12	15	50/1	R
	SPT2	3,0-3,45	15	17	17	32
	SPT3	4,5-4,95	12	17	22	39
	SPT4	6,0-6,45	38	50/10	30	47
SK-276	SPT1	1,5-1,95	5	6	5	11
	SPT2	3,0-3,45	6	5	7	12
	SPT3	4,5-4,95	7	7	8	15
	SPT4	6,0-6,45	10	11	11	22
	SPT5	7,5-7,95	50/12	-	-	R
	SPT6	9,0-9,45	50/10	-	-	R
	SPT7	10,5-10,95	50/5	-	-	R
SK-277	SPT1	1,5-1,95	8	11	17	28
	SPT2	3,0-3,45	9	11	15	26
SK-279	SPT1	1,5-1,95	4	9	24	33

Çizelge 4.3. devamı

	SPT2	3,0-3,45	8	12	12	24
	SPT3	4,5-4,95	50/13	-	-	R
SK-280	SPT1	1,5-1,95	14	21	50/6	R
SK-288	SPT1	1,5-1,95	50/4	-	-	R
	SPT2	3,0-3,45	20	35	45	80
	SPT3	4,5-4,95	35	50/3	-	R
	SPT4	6,0-6,45	50/2	-	-	R
SK-289	SPT1	1,5-1,95	50/8	-	-	R
	SPT2	3,0-3,45	13	20	35	55
	SPT3	4,5-4,95	10	21	32	53
	SPT4	6,0-6,45	14	23	30	53
SK-289	SPT5	7,5-7,95	9	12	17	29
	SPT6	9,0-9,45	35	39	50/7	R
	SPT7	10,5-10,95	41	20/9	-	R
	SPT8	12,00-12,45	16	27	35	62
	SPT9	13,50-13,95	50/6	-	-	R

Çizelge 4.4. Karot numunelerine ait SCR ve RQD değerleri

Sondaj No	Derinlik(m)	SCR (%)	RQD (%)	LİTOLOJİ
SK-276	10,50-13,50	80	55	Marn Kumtaşı Kiltaşı
	13,50-16,50	100	73	
	16,50-19,50	93	71	
	19,50-22,50	100	95	
	22,50-25,50	98	96	
SK-277	7,00-10,00	35	20	Marn Kumtaşı Kiltaşı
	10,00-13,00	80	65	
	13,00-16,00	70	45	
	16,00-19,00	95	78	
	19,00-22,00	85	45	
SK-278	16,50-18,00	60	20	Marn-Kumtaşı-Kiltaşı
	18,00-21,00	63	55	
SK-278	21,00-24,00	22	21	Marn Kumtaşı Kiltaşı
	24,00-27,00	82	63	
	27,00-30,00	75	32	
	33,00-36,00	62	41	
	36,00-39,00	62	51	
	39,00-42,00	79	48	
	42,00-45,00	52	42	
SK-279	5,00-7,00	45	5	Marn Kumtaşı Çamurtaşı Kiltaşı
	7,00-10,00	95	75	
	10,00-13,00	73	60	
	13,00-16,00	85	80	
	16,00-19,00	93	73	
	19,00-22,00	98	90	
	22,00-25,00	97	75	
	25,00-28,00	98	93	
	28,00-30,00	100	95	
SK-280	3,00-6,00	65	55	Marn Kumtaşı Çamurtaşı Kiltaşı
	6,00-9,00	90	75	
	9,00-12,00	95	45	
	12,00-15,00	50	30	
	15,00-18,00	95	55	
SK-280	18,00-21,00	100	55	
	21,00-24,00	100	95	
	24,00-27,00	98	88	
	27,00-30,00	80	80	
SK-281	4,50-6,0	53	7	Marn
SK-281	6,0-7,50	40	33	Kumtaşı Kiltaşı
	13,50-15,0	59	23	

Çizelge 4.4. devamı

SK-282	4,50-6,0	65	10	Marn Kumtaşı Kiltaşı
	6,0-9,0	52	22	
	9,0-12,0	97	75	
	12,0-15,0	92	87	
	15,0-18,0	90	88	
	18,0-21,0	95	85	
	21,0-24,0	92	70	
	24,0-27,0	97	92	
	27,0-30,0	92	91	
	30,0-33,0	92	92	
	33,0-35,0	100	100	
SK-283	1,50-3,0	15	0	Marn Kumtaşı Kiltaşı
	3,0-6,0	37	0	
	6,0-9,0	18	7	
	9,0-12,0	78	22	
SK-283	12,0-15,0	82	38	Marn Kumtaşı Kiltaşı
	15,0-18,0	81	22	
	18,0-21,0	82	48	
	21,0-24,0	82	42	
	24,0-27,0	8	37	
	27,0-30,0	78	23	
SK-283	30,0-33,0	90	28	Marn Kumtaşı Kiltaşı
	33,0-36,0	80	27	
	36,0-39,0	98	70	
	39,0-42,0	95	28	
	42,0-45,0	92	58	
	45,0-48,0	92	45	
	48,0-50,0	97	73	
SK-284	4,50-7,50	52	22	Marn Kumtaşı Kiltaşı
	7,50-9,0	93	57	
	9,0-12,0	68	55	
	12,0-13,50	60	43	
	13,50-16,50	100	90	
	16,50-18,00	93	87	
	18,00-21,00	90	82	
	21,00-24,00	93	82	
SK-284	24,00-26,00	48	33	Marn Kumtaşı Kiltaşı
	26,00-29,00	93	85	
	29,00-31,50	98	94	
	31,50-34,50	67	62	
	34,50-36,00	67	63	
	36,00-39,00	97	75	
	39,00-40,00	65	65	

4.2.3. Laboratuvar ve Arazi Deney Sonuç Değerleri

Tez kapsamında inceleme bölgesinde yapılan sondajlar sonrası laborauvar deneylerinden üç eksenli basınç deneyi yapılarak, içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri ortaya çıkarılmıştır. Tek eksenli basınç deneyi ile de elastisite modülü değeri bulunmuştur.

Laboratuvar deney sonuçları ile mühendislik jeolojisi değerleri elde edilmiş olup, Çizelge 4.5.' de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Laboratuvar deney sonuçlarından ortaya çıkan mühendislik jeolojisi değerleri

Sondoj No	Numune Derinliği (m)	Doğal Birim Hacim Ağırlık γ (kN/m^3)	Tek Eksenli Basınç Deneyi qu (MPa)	Poisson Oranı v	Kayada Üç Eksenli	
					c (MPa)	Φ
SK-275	19-22	24,75	42,8	0.278	-	-
SK-275	22-25	23,99	-	-	5,8	36°
SK-284	18-21	24,38	32	0,285	-	-
SK-284	21-24	-	-	-	4,7	34°
SK-285	10,5-13	24,12	30,9	0,289	-	-
SK-285	13,5-16	-	-	-	4,9	35°

İnceleme bölgesi sondajlarından elde edilen numuneler üzerinde kıvam limitleri, elek analizi, su içeriği deneyleri yapılarak zemin sınıflamaları ortaya çıkarılmıştır. SK-275-276-289 numaralı sondaj kuyularından alınan numuneler üzerinde elde edilen laboratuvar deney sonuçları Çizelge 4.6. ve Şekil 4.5. 4.6.' de belirtilmiştir.

Çizelge 4.6. SK-275 Numuneleri deney sonuçları

KUYU NO	DERİNLİK (m)	ELEK ANALİZİ		ATTERBERG LİMİTLERİ			SU İÇERİĞİ (%)	ZEMİN SINIFI (USCS)
		No.4 Kalan (%)	No.200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)		
SK-275	1,50-1,95	1,3	82,6	35,5	19,5	16	21,8	CL
SK-275	2,5-3,0	0,7	79,8	59,2	25,2	34	24,9	CH
SK-275	3,0-3,45	1,0	80,1	41,8	23,7	18,1	23,0	CL
SK-275	4,50-4,95	0,9	79,6	67,3	27,6	39,7	28,7	CH
SK-275	6,00-6,45	3,0	62,8	47,4	26,6	20,8	33,5	CL

Çukur / Sondaj No.	Numune No	Derinlik (m)	Özgül Ağırlık (Gs)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m^2)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m^2)	Hidrometre	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS
SK-276	SPT-1	1,50-1,95		12,5	-	-		4,6	62,8	46,4	22,5	23,9	CL
SK-276	SPT-2	3,00-3,45		8,95	-	-		1,9	65,7	41,9	22,7	19,2	CL
SK-276	UD-1	2,50-3,00		22,9	17,96	14,61		1,9	73,5	63,1	26,6	36,5	CH
SK-276	UD-2	5,50-6,00		22,1	-	-		32,6	37,3	36,4	20,3	16,1	GC
SK-276	SPT-3	4,50-4,95		2,49	-	-		0,1	86,3	35,9	19,5	16,4	CL
SK-276	SPT-4	6,00-6,45		27,4	-	-		0,9	73,2	63,6	27,5	36,1	CH

Şekil 4.5. SK-276 Numuneleri deney sonuçları

Çukur / Sondaj No.	Numune No	Derinlik (m)	Özgül Ağırlık (Gs)	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m^2)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m^2)	Hidrometre	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı
								No. 4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS
SK-289	UD-1	2,50-3,00	-	21,8	19,04	15,63		0,1	84,9	56,8	23,7	33,1	CH
SK-289	SPT-1	3,00-3,45	-	27,7	-	-		1,7	66,8	67,7	27,1	40,6	CH
SK-289	SPT-2	4,50-4,95	-	27,3	-	-		0,9	76,8	51,8	24,2	27,6	CH
SK-289	UD-2	5,50-6,00	-	24,6	18,23	14,63		1,0	83,9	60,5	26,2	34,3	CH
SK-289	SPT-3	6,00-6,45	-	4,05	-	-		2,0	61,9	36,9	19,2	17,7	CL
SK-289	SPT-4	7,50-7,95	-	26,3	-	-		2,6	57,9	40,2	21,5	18,7	CL
SK-289	SPT-5	8,50-8,95	-	20,0	-	-		2,4	67,4	31,8	16,3	15,5	CL
SK-289	SPT-6	10,50-10,95	-	19,6	-	-		2,6	61,6	33,8	18,3	15,5	CL
SK-289	SPT-7	12,50-12,95	-	25,7	-	-		0,9	81,7	28,2	17,7	10,5	CL
SK-289	SPT-8	13,50-13,95	-	16,2	-	-		0,0	37,9	55,0	24,5	30,5	SC

Şekil 4.6. SK-289 Numuneleri deney sonuçları

SK-275-276-289 sondaj numunelerinden laboratuvarda yapılan su içeriği, kıvam limitleri ve elek analizi deneyleri sonrasında elde edilen değerlere göre zemin sınıfı üst katmanlarda (ortalama 0-8 m arası) ağırlıklı olarak CH-CL (Yüksek Plastiseli Kil - Düşük Plastisiteli Kil) olarak ortaya konmuştur. Sondaj derinlikleri arttıkça zemin sınıfları içinde bantlar şeklinde SC (killi kum) ve çakıllı seviyelerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

İnceleme alanında alınan örselenmemiş numunelerden kil ve silt birimlerine konsolidasyon deneyi yapılarak, birimlerin şişme potansiyeli belirlenmiştir. Ayrıca UD (örselenmemiş numuneler) üzerinde kil ve silt birimlerinin mühendislik jeolojisi değerlerinin ortaya çıkarılması için üç eksenli basınç deneyi zeminde gerilmelerin tayinin için doğal birim hacim ağırlık deneyi yapılmıştır. Yapılan deneyler sonrası elde edilen değerler Çizelge 4.7.' te belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Örselenmemiş numunelerde (UD) yapılan deney sonuçları

KUYU NO	DERİNLİK (m)	DOĞAL BİRİM HACİM AĞIRLIK (kN/m^3)	ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ		KONSOLİDASYON DENEYİ	
			c (kPa)	ϕ (°)	Şişme Yüzdesi %	Şişme Basıncı (kPa)
SK-275	2,50-3,00	18,36	-	-	1,44	14,534
SK-276	2,50-3,00	17,96	74,00	9,0	1,81	19,778
SK-277	2,50-3,00	18,35	-	-	1,08	12,636
SK-289	2,50-3,00	19,04			1,96	21,227
SK-289	5,50-6,00	18,23	-	-	1,11	12,586

Laboratuvarda yapılan üç eksenli basınç deneyleri sonucunda ortalama c (kohezyon) = 7,4-10 MPa =7400-10000 kPa ve ortalama ϕ (içsel sürtünme açısı) = 28°-30° olarak belirlenmiştir. Yapılan doğal birim hacim ağırlık deneyi sonrasında

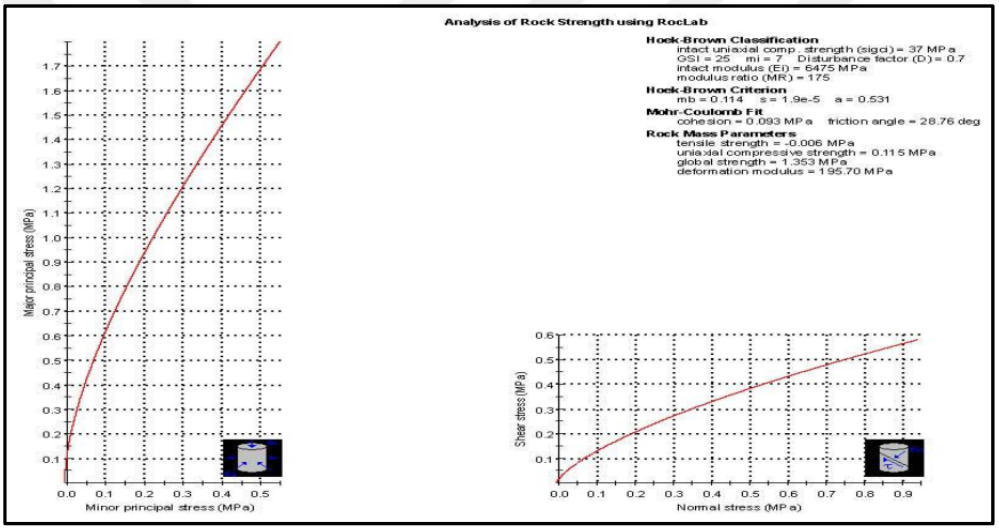
şevlerin üst palyesinde hakim litoloji sınıfında yer alan killer için ortalama doğal birim hacim ağırlıkları γn =17,50-18,50 kN/m^3 olarak belirlenmiştir. Marn, kiltaşı ve silttaşı birimlerinde yapılan üç eksenli deneyleri sonucunda ortalama c (kohezyon) = 4,96 MPa =4960 kPa ve ortalama ϕ (içsel sürtünme açısı) = 34,5° olarak belirlenmiştir. Laboratuvarda 81 adet numune üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneyi sonucunda ortalama q_{un}= 24,57 MPa olarak belirlenmiştir. 10 adet numunede yapılan deney sonrası nokta yükü dayanımı ortalama (I_s) =1,70 MPa olarak belirlenmiştir. Marn birimlerinde yapılan doğal birim hacim ağırlık deneyi sonucunda γn =23-25 kN/m^3 arasında kaldığı belirlenmiştir. Yapılan sondajlar sonrasında yeraltı suyuna rastlanılmamış ve zemin tamamen kurudur. Zemin ne kadar kuru olsa da bazı dönemlerde su sızıntıları için hesaplamalarda kullanılacak boşluk suyu basıncı (ru) 0,15 olarak dikkate alınmıştır. AFAD (2018) Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması kullanıldığında tez konusu çalışma bölgesi deprem yer ivmesi 0.107 olarak belirlenmiş olup, tez de kullanılan yatay deprem ivmesi uygulamada bulunan değerin 1/2' si alınarak a: 0.05 g olarak analizlerde kullanılmıştır.

Çizelge 4.8. Laboratuvar deneyleri sonuçları ve şev duraylılığı analizlerinde kullanılacak değerler

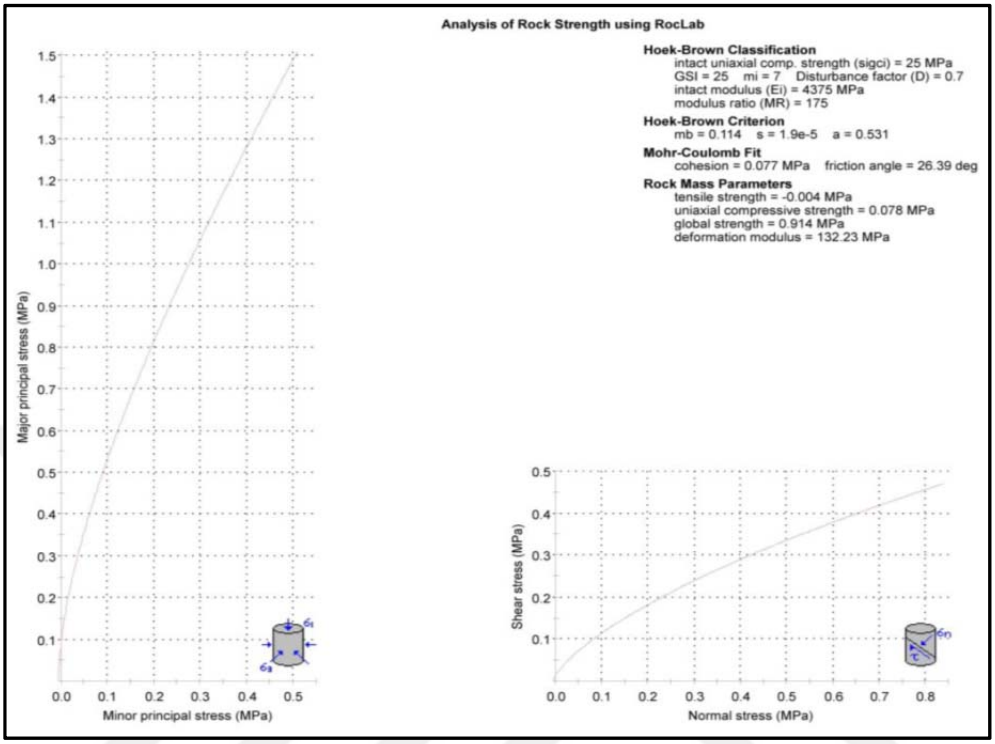
LİTOLOJİ	**γ kuru (kN/m^3)**	**γ doygun (kN/m^3)**	**c (kPa)**	**ϕ (°)**	**E (kPa)**	**Ru**
Kil	18,00	19,00	10,00	30	40 x 103	0,15
Marn	24,00	24,00	93,00	29	195 x 103	0,15
Zayıf Marn	23,00	23,00	67,00	24	95 x 103	0,15
Marn	23,00	23,00	77,00	26	132 x 103	0.15

4.2.4. Jeoteknik Değerlendirme İçin RocLab Parametreleri

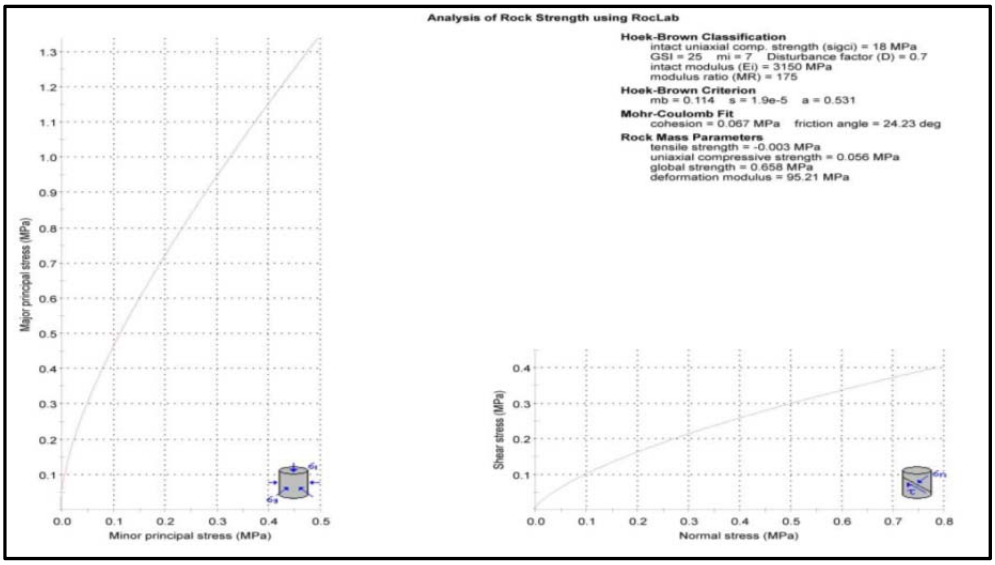
Zemin parametreleri belirlenirken karot sandık fotoğraflarından ve ekte sunulan laboratuvar deney sonuçlarından ve yapılan saha deneylerinden de yararlanılmıştır. Slide 2D yazılımında yapılacak analizlerde kullanılan içsel sürtünme açısı değeri, kohezyon değeri, birim ağırlık değeri ve elastise modülü değerleri RocLab proğramında dizayn edilerek Şekil 4.4., Şekil 4.5., Şekil 4.6., Şekil 4.7., Şekil 4.8., ve Şekil 4.9.' da gösterilmiştir. Ayrıca kayaç birimlere ait seçilen GSI değeri Şekil 4.10. ve Şekil 4.11.'de verilmiştir.



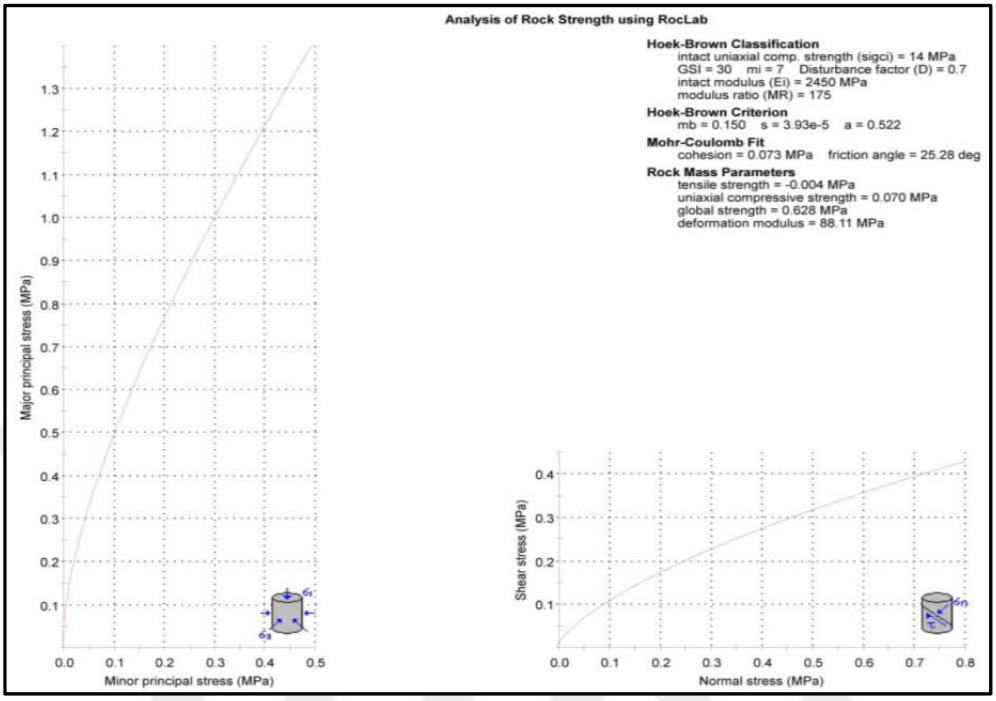
Şekil 4.7. Km:217+600' de bulunan marn birimine ait parametreler



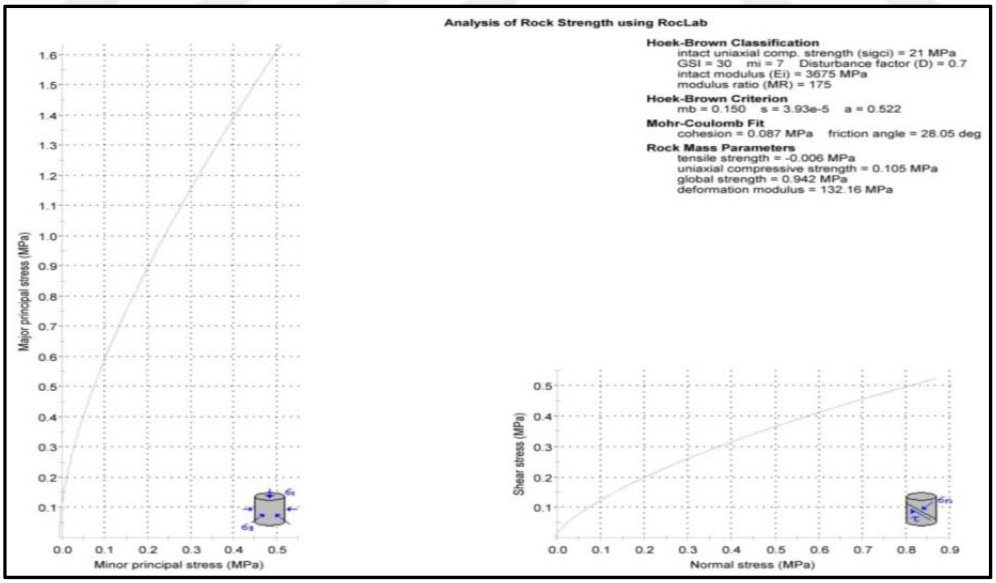
Şekil 4.8. Km:218+500' da bulunan marn birimine ait parametreler



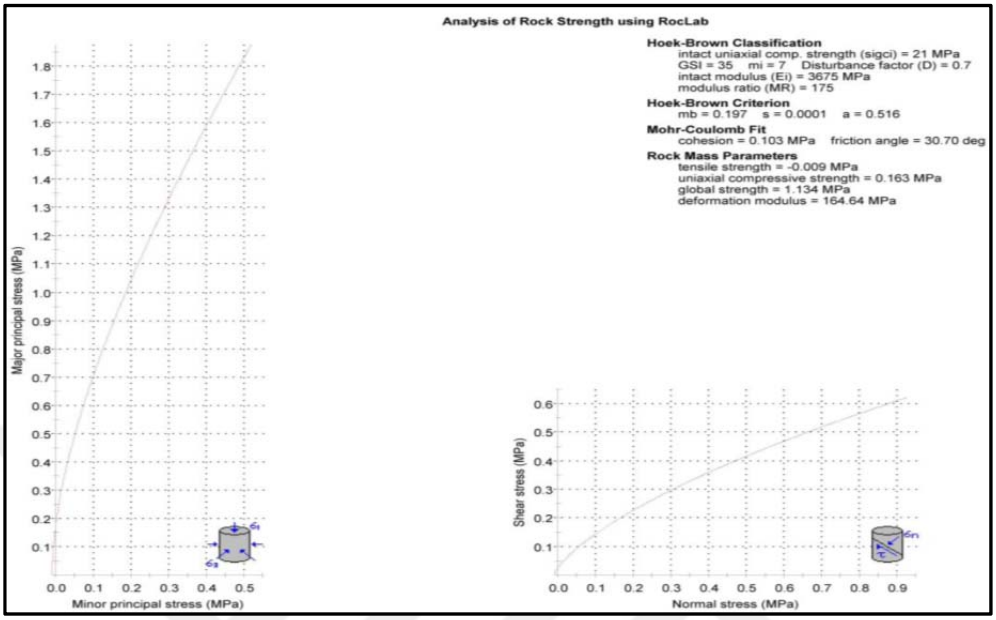
Şekil 4.9. Km:218+500' da bulunan zayıf marn birimine ait parametreler



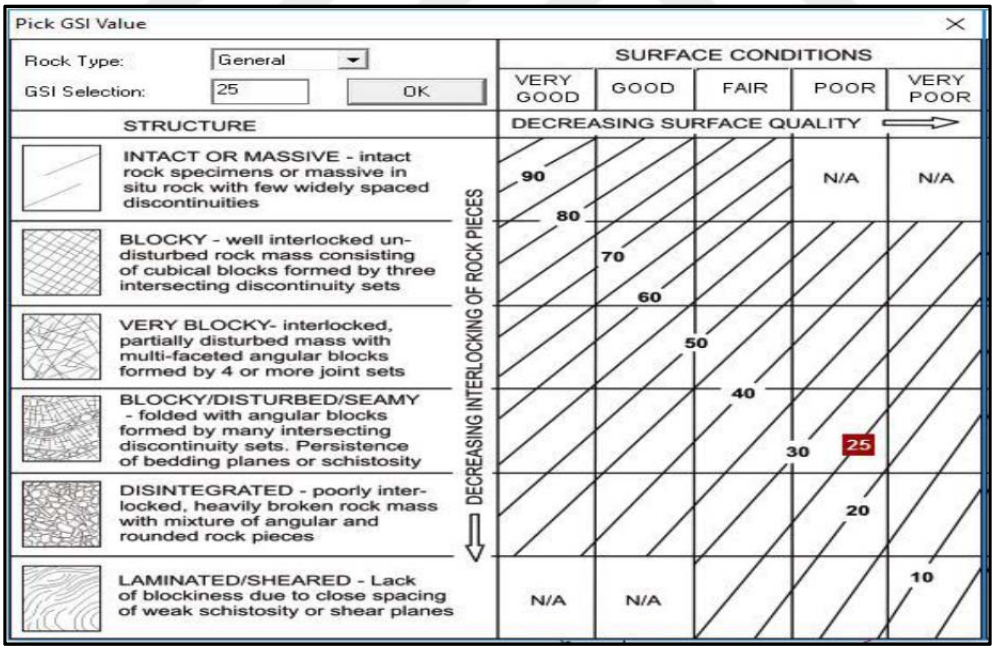
Şekil 4.10. Km:220+000' da bulunan marn birimine ait parametreler



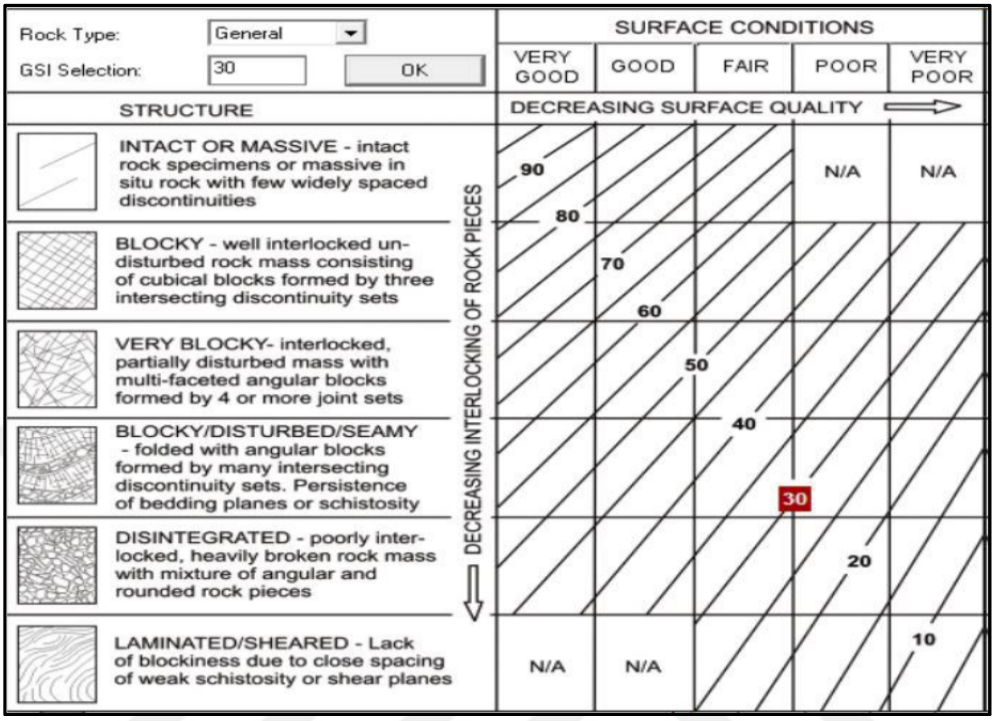
Şekil 4.11. Km:221+848' de bulunan marn birimine ait parametreler



Şekil 4.12. Km:222+000' da bulunan marn birimine ait parametreler



Şekil 4.13. Km:217+000-219+500 arası marn birimlerine ait seçilen GSI değeri



Şekil 4.14. Km:220+000'da marn birimlerine ait seçilen GSI değeri

4.3. Mühendislik Jeolojisi

4.3.1. Zeminlerin Mühendislik Özellikleri

Zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla inceleme alanından alınan numeneler üzerinde laboratuvar ortamında kıvam limitleri, elek analiz, su muhtevası, üç eksenli basınç deneyi, doğal birim hacim ağrılık deneyi ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır.

Kil ve Silt birimlerinde yapılan kıvam limitleri deneyi sonrası likit limit (LL) %28,2-67,7, plastik limit (PL) %16,3-27,1 ve plastisite indisi (PI) %15,5-40,6 aralığında bulunmuştur. Elek analizi ve atterberg limitleri deneyi sonucunda Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına Göre zemin sınıfı "CH-CL" (Yüksek Plastiseli Kil-Düşük Plastisiteli Kil) olarak belirlenmiş olup, Çizelge 4.9.'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.9. Zeminlerin PI sınıflandırması

KUYU NO	NUMUNE DERİNLİĞİ	Burmister (1951)		Leonards (1962)
		PLASTİSİTE DERECESİ	TANIMLAMA	PLASTİSİTE DERECESİ
SK-275	1,50-6,45	Düşük plastisiteli	Kil ve silt	Plastik
SK-276	1,50-6,45	Düşük plastisiteli	Kil ve silt	Plastik
SK-277	1,50-3,45	Düşük plastisiteli	Kil ve silt	Plastik
SK-279	1,50-4,95	Düşük plastisiteli	Kil ve silt	Plastik
SK-280	1,50-1,95	Düşük plastisiteli	Kil ve silt	Plastik
SK-288	2,50-4,95	Yüksek plastisiteli	Kil ve silt	Plastik
SK-289	2,50-13,95	Yüksek plastisiteli	Kil ve silt	Plastik

4.3.2. Kayaların Mühendislik Özellikleri

Marn biriminin mühendislik jeolojisi özelliklerinin belirlenmesi amacıyla inceleme alanından alınan numuneler üzerinde laboratuvarda ortamında (81 adet numune üzerinde) yapılan tek eksenli basınç deneyi sonucunda ortalama q_{un}= 24,57-37,50 MPa = 245,7-375 kg/cm^2 olarak tespit edilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımına göre marn birimi "düşük dayanımlı" kayaç sınıfına dâhil edilebilmektedir (Çizelge 4.6.). Marn birimi için laboratuvarda yapılan doğal birim hacim ağırlık deneyi sonucunda γ_n= 23-25 kN/m^3 aralığında tespit edilmiştir. Sondajlardan çıkarılan karotlar üzerinden RQD (kaya kalite göstergesi) değerleri hesaplanmış ve ortalama marn' a ait RQD değeri %56,36 olarak bulunmuştur. Marn, RQD sınıflamasına göre "Orta Kaliteli" kaya sınıfına dâhil edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.10. Tek eksenli basınç dayanımına göre kayaçların sınıflandırılması (Deere ve Miller, 1966)

Kayaç sınıfı	**Tek eksenli basınç dayanımı: q_{un} (kg/cm^2)**
Çok yüksek dayanımlı	> 2000
Yüksek dayanımlı	2000 - 1000
Orta dayanımlı	1000 - 500
Düşük dayanımlı	500 - 250
Çok düşük dayanımlı	< 250

Çizelge 4.11. Kayaçların kaya kalitesi (RQD) göre sınıflandırılması (Şekercioğlu, 2007)

RQD	**Kaya Tanımı**
100 - 90	Çok İyi Kaliteli
90 - 75	İyi Kaliteli
75 - 50	Orta Kaliteli
50 - 25	Kötü kaliteli
25 >	Çok Kötü Kaliteli

4.4. Kaya Şev Mühendisliği Sayısal Analiz

Şev duraylılıksi analiz yöntemleri diyagramlar, basit denklemler, hesap tablosu programları ve bilgisayar destekli yazılımları içerir. Bir şevin duraylılıksini belirlemede genellikle birden fazla yöntem kullanılabilir. Örneğin şev duraylılıksini hesaplamada öncelikle basit denklemler veya tablolardan yararlanılabilir, daha sonra ise detay analizler için bilgisayar destekli yazılımlar tercih edilebilir. Bilgisayar destekli bir yazılım kullanılması durumunda sonuçların doğruluğunu kontrol etmek amacıyla alternatif yazılımlar veya hesap tablosu kullanılması daha sağlıklı olacaktır.

Şev duraylılığı güvenlik katsayılarını hesaplamada analiz yöntemlerinin en kolay olanları basit bir cebirsel denklem kullanır. Sonsuz bir şevin duraylılıksini ve kohezyonlu zemindeki bir şevin hesaplanmasında basit denklemler bulunmaktadır. Günümüzde yazılımların gelişmesi ile birlikte gelişmiş analizler, karmaşık şevler

ile zemin ve yükleme koşulları için analizler yapmada bilgisayar destekli yazılım ve programlar sıklıkla kullanılmaktadır.

Gelişmiş bilgisayar yazılımlarında şev geometrisi, şev stratigrafisi, zemin kesme dayanım, boşluk suyu basıncı, dış yükler gibi özellikler hızlı ve pratik bir şekilde hesaplanabilmektedir. Bilgisayar programları en düşük güvenlik sayılarını, kritik kayma yüzeylerini göstermekte ve hem dairesel olan hem de dairesel olmayan kayma yüzeylerini rahatlıkla göstermektedir. Bu yazılımlar 2 ve 3 boyutlu olarak piyasada kullanılmaktadır.

Tez kapsamında kullanılan program da şev geometrisi, zemin özellikleri, boşluk suyu değerleri, depremsellik değerleri ve dış yükler gibi özelliklerin kullanıcı tarafından belirlenmesine izin vererek güvenlik sayısını hesaplamaktadır.

4.5. Kaya Şev Mühendisliği Farklı Analiz Yöntemleri

4.5.1. Bishop Yöntemi

Bir dilim üzerine etkiyen tüm bilinmeyen kuvvetler hesaba katılarak statik dengeyi tamamen sağlamak için yeterli varsayımlara bulunulmaktadır. Bishop, yaklaşımında statik dengeyi tamamen sağlamak için hangi adımların ve varsayımların gerekli olduğunu tanımlamıştır; ancak hiçbir spesifik varsayımdan ya da ayrıntıdan bahsetmemiştir. Bishop' un bu yöntemi Fellenius' un (1936) daha önce tanımladığı yönteme benzemekte olup, tanımları diğer yöntemler gibi iyi tanımlanmış varsayımlar grubu içermemektedir. Bishop yöntemi kayan kütleye ait her dilimin öncelikle teker teker sonrada dilimlerin tamamını değerlendirerek tüm kütlenin duraylılıksini araştırır.

4.5.2. Sadeleştirilmiş Bishop Yöntemi

Sadeleştirilmiş Bishop yönteminde kayma yüzeyinin dairesel ve dilimler arası kuvvetlerin yatay olduğu kabul edilir. Dairenin merkezi etrafındaki moment dengesi ve her dilim için düşey yöndeki kuvvet dengesi sağlanır.

Bu yöntem $\phi : 0$ için İsveç Daire Yöntemi e Basit Dilim Yöntemi ile aynı, özdeş değer verir; çünkü bu yöntemlerin hepsi de bir daire merkezi etrafındaki moment dengesini sağlarlar ve güvenlik katsayısı için tek değer verirler. Sadeleştirilmiş Bishop yöntemi özellikle yüksek boşluk suyu basınçlarının söz konusu olduğu efektif gerilme analizlerinde daha doğru sonuç verir.

4.5.3. Janbu Yöntemi

Bu yöntem temelde Sadeleştirilmiş Bishop yöntemine benzemekte olup, en dikkat çekici farklılığı herhangi bir yenilme yüzeyine uygulanabilmesidir. Herhangi bir şevi oluşturan zeminin, çok zayıf kaya, atık veya pasa malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri şev boyunca çok farklılık gösteriyorsa ve düşük kayma dayanımlı (kil vb.) düzlemsel yüzeylerin olduğu durumlarda dairesel yenilme esasına dayanan duraylılık yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Basitleştirilmiş Bishop yönteminden farklı bi kaç özelliği vardır. Kayma yüzeyi bir seri kritik daire kabulü yerine bir kayma yüzeyi kabulüne dayandırılır ve yatay kuvvetleri dengede kabul eder.

4.5.4. Morgenstern-Price Yöntemi

Bilgisayarda yapılabilen bu yöntemde genel şekilli kayma analizleri için önerilmektedir. Her dilim arasındaki kuvvetlerin değişimi kabulü esas alınmaktadır. Araştırmacılar bu yöntem sonuçlarının Bishop yöntem sonuçları ile arasında %2-7 arasında farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Bu yöntemin sonucunda elde edilen güvenlik katsayılarının Fellenius analizlerine göre güvenli tarafta kaldığı ortaya çıkarılmıştır.

4.5.5. Spencer Yöntemi

Spencer (1967)[145] (1973)[146] tarafından önerilen yöntem elle yapılabilmesine rağmen analiz sonuçları bilgisayar destekli yazılımlarla hızlı bir şekilde elde

edilmektedir. Bu yöntem bütün kayma yüzeylerinde moment ve kuvvet dengesini sağlamakla birlikte çekme çatlaklarının etkisini analizlere dâhil edebilmektedir.

Normal ve kayma gerilmelerinin bileşkelerinin paralel olduğu ve yatayla θ açısı yaptığı kabulünü yapmaktadır. Tez de kullanılan bilgisayar destekli Slide 2D proğramı içinde pratik ve kullanışlı olmasından dolayı bu tez analizlerinde Spencer Yöntemi kullanılmıştır.

4.6. Slide 2D Şev Duraylılık Analizi

Şev duraylılık hesaplamalarında şevin denge durumu güvenlik sayısının < 1, güvenlik sayısının>1, ve güvenlik sayısının:1 çıkmasına göre değerlendirilmektedir.

Çalışılan tez konusunda açılacak şevler demiryolu hızlı tren ana güzergâhı üzerindeki şevler olduğundan şevlerin güvenlik katsayıları depremli ve depremsiz olmak üzere iki farklı şekilde çözülmüştür. Her iki durumda çözülen şevlerin güvenlik katsayıları proje teknik kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Tez konusu şevlerin analiz sonrasında GK durumları teknik kriterlerine göre uzun dönem statik GK>1.50 ve uzun dönem deprem durumunda GK>1.10 şartlarını sağlamalıdır. Teknik kriterleri sağlamayan şevlerin duraylı olmamasından dolayı şevlerde iyileştirme yapılarak duraylı hale getirilmesi için alternatif iyileştirme yöntemleri değerlendirilmelidir. Proje kriterlerine göre güvenlik katsayıları Çizelge 4.12. de belirtilmiştir.

Çizelge 4.12. Teknik şartnameye göre güvenlik katsayıları (Proje Teknik Şartnamesi)

		DRENAJSIZ KAYMA DAYANIMI PARAMETRELERİ	EFEKTİF PARAMETRELER
KOŞULLAR	Uzun Dönem (Statik)	-	1,50
	Uzun Dönem Deprem (H>10 m Büyük İçin)	-	1,10
	Kısa Dönem (Statik)	1,50	-
	Sanat Yapısı Temeli İçeren Sanat Yapısı İçin	2,00	-

Tez çalışmasında Slide 2D yazılımı içinde analiz yöntemlerinden Spencer yöntemi tercih edilerek güvenlik sayısı değerleri ortaya konmuştur.

Slide 2D şev analizlerinde kullanılan değerler tek eksenli basınç deneyi, kayada üç eksenli deney, doğal birim hacim ağırlık deneyi, nokta yükleme deneyleri ile RocLab programı ile farklı şekillerde oluşturulmuştur. Çalışılan şev bölgesi tek bir nokta olmayıp demiryolu profilini takip ettiğinden birimlerin az da olsa farklı değerler almasından dolayı farklılıklar göstermektedir.

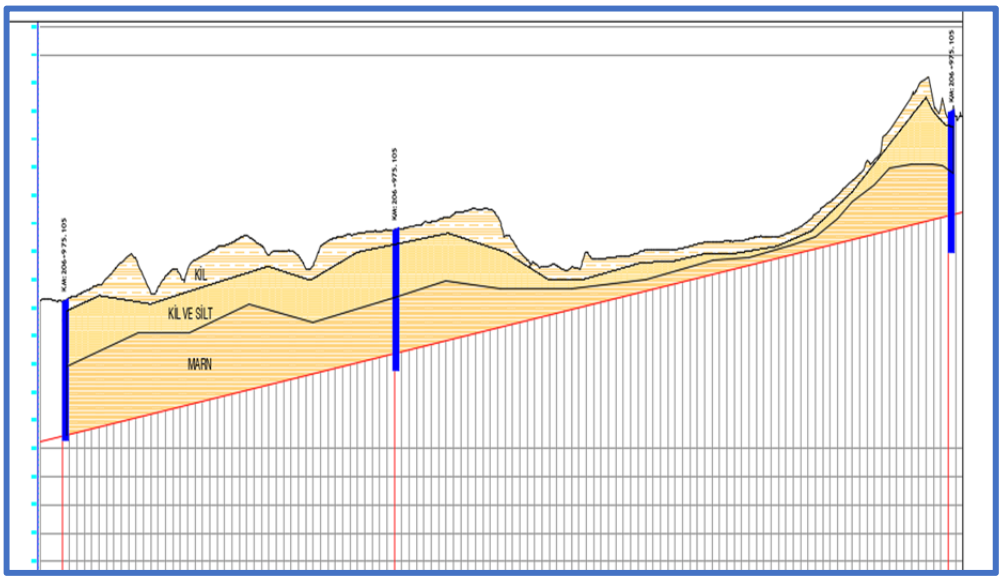
Şev duraylılığının tespitinden önce uygulanacak senaryolar için teknik şartname kriterlerinde belirtilen depremli ve depremsiz faktörler dikkate alınmış olup, hesaplamalarda GK kriterini Uzun dönem (Statik) olarak değerlendirilmiştir. Şevlerin uzun dönem (statik) değerlendirme senaryoları tasarlanırken 2 farklı şev eğim açıları analiz edilmiştir. Çalışma bölgesi içinde 3 farklı noktada 2 farklı şev eğim açıları dikkate alınarak toplam 6 analiz çalışması yapılmıştır.

Çalışılacak bölgede şevlerin yakınında herhangi bir yapı olmadığı ve arazinin tamamının tarım arazisi olduğu tespit edilmiştir. İnceleme alanında, Türkiye Deprem Tehlike haritasına göre (AFAD, 2018) yatay yer ivmesi değeri 01g dir. Temel zeminin kaya litolojide olması dolayısıyla birinci tasarım deprem ivmesi-OBE ve ikinci tasarım deprem ivmesi-SSE kapsamında değerlendirilmesi

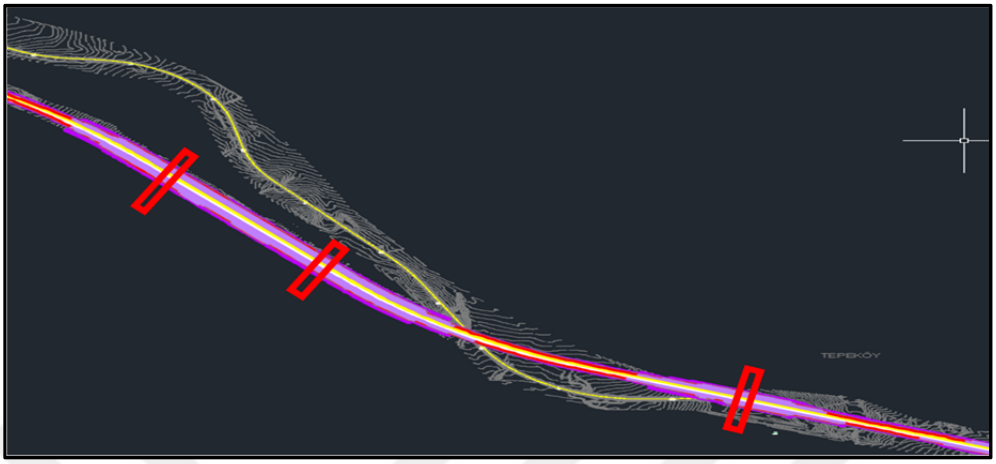
yapılarak etkili olacak yatay yer ivmesi değerinin 0.05g olacağı kabulü yapılmıştır. Duraylılık analizlerinde sismik yük katsayısı 0.05 olarak alınmıştır.

4.7. Slide 2D Şev Duraylılık Analizi Kritik Kesimlere Ait Yol Profil ve Planları

Demiryolu güzergâh seçiminde öncelikle başlangıç ve bitiş istasyonları seçilerek iki istasyon arasında Jeolojik ve Jeoteknik açıdan topoğrafyaya en uygun güzergâhın seçilmesine özen gösterilir. Bu tez kapsamında çalışılan bölge Konya İli Ereğli İlçesi Çakmak İstasyonu ile Niğde İli Ulukışla İlçesi İstasyonları arasında kalmaktadır. İki İstasyon arası mesafe yaklaşık 18 km olup, topoğrafyanın Ereğli Ovasından Ulukışla platosuna tırmanmaktadır. Çakmak İstasyonu arazi kotları 1120 m civarlarında olup, Ulukışla arazi kotları ise 1420 m civarındadır. İki istasyon arası mesafe kot farkları yaklaşık olarak 300 m civarındadır. 300 m' lik bu kesimde eğimin demiryolu teknik standartları içinde max. %1,6 olması durumunda bağlantı sağlanabilmektedir. Çalışılan tez konusu alanda demiryolu profil eğimi % 1,6 olup, çalışılan bölgeye ait autocad profil ve planları aşağıda (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16) gösterilmiştir.



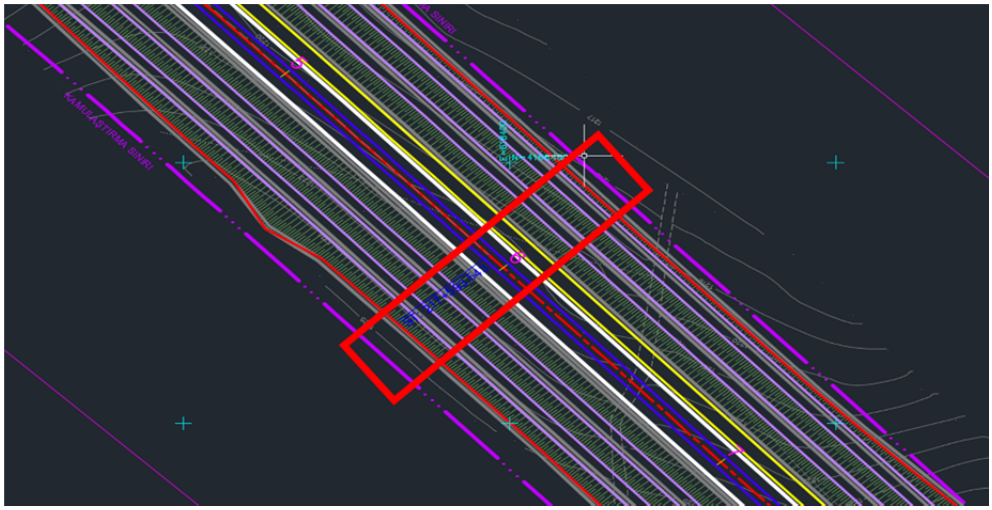
Şekil 4.15. Km:217+600-220+000 arası derin kazı güzergahı jeolojik kesiti



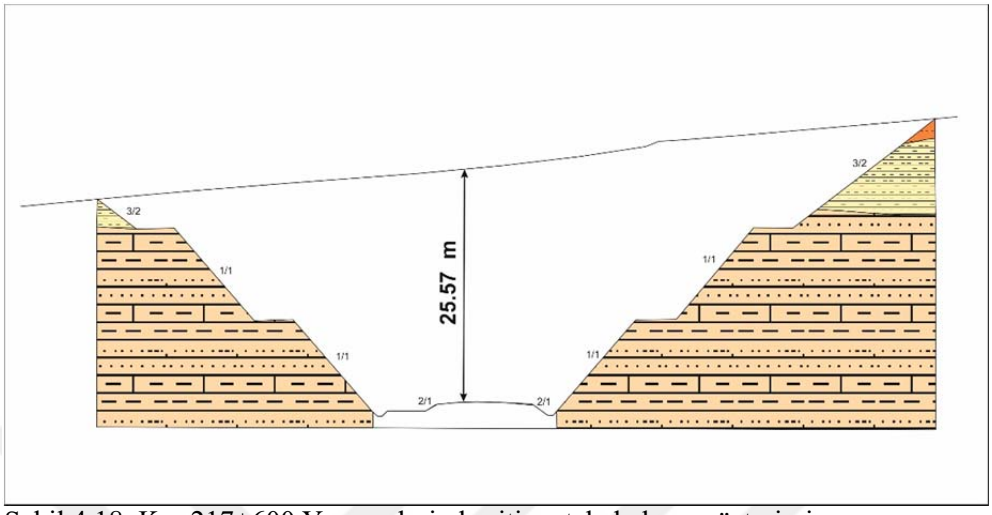
Şekil 4.16. Kritik kesit çalışılan bölgelerin autocad üzerinde genel yerleşim planı

4.8. Km:217+600 Slide 2D Şev Duraylılık Analizi

İlk çalışma bölgesinin (Km:217+600) birinci senaryosunda projenin şev eğimleri 2/3 (yatay/düşey) olarak dizayn edilmiş, ikinci senaryosunda ise alt palyelerin şev eğimleri 1/1 (yatay/düşey) üst palye şev eğimi ise 3/2 (yatay/düşey) olarak depremli ve depremsiz analizler yapılmıştır. Birince senaryoda Slide2D yazılımına girilen parametreler analizi yapılan şekiller ve çalışılan bölgenin genel yerleşim planı aşağıda gösterilmiştir.



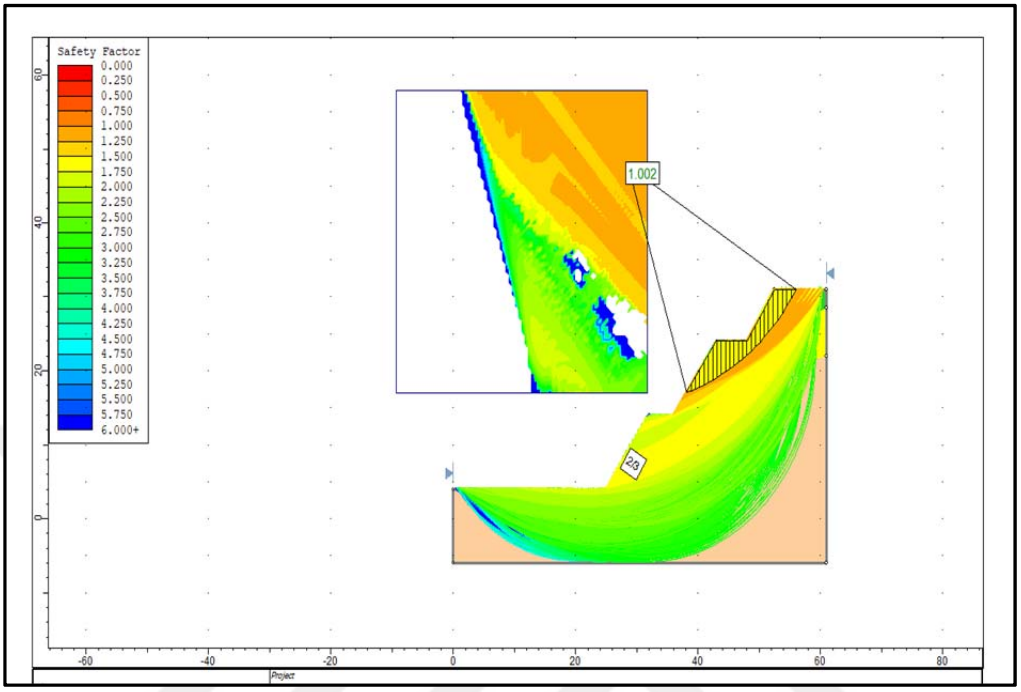
Şekil 4.17. Km:217+600 kritik kesit çalışılan bölgelerin genel yerleşim planı



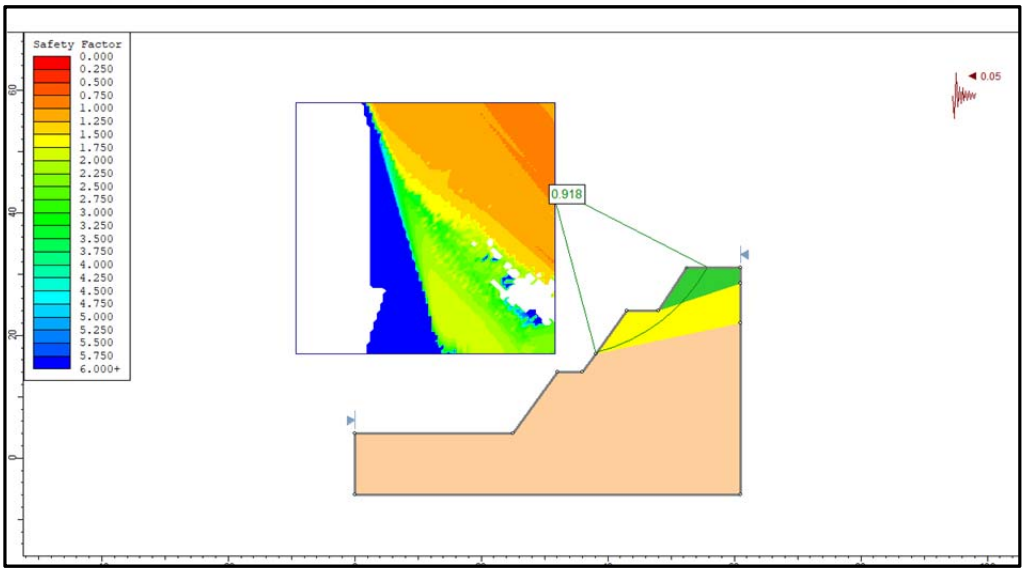
Şekil 4.18. Km:217+600 Yan şevlerin kesiti ve tabakaların gösterimi



Şekil 4.19. Km:217+600 kesitinde güney (sağ şev) şevler



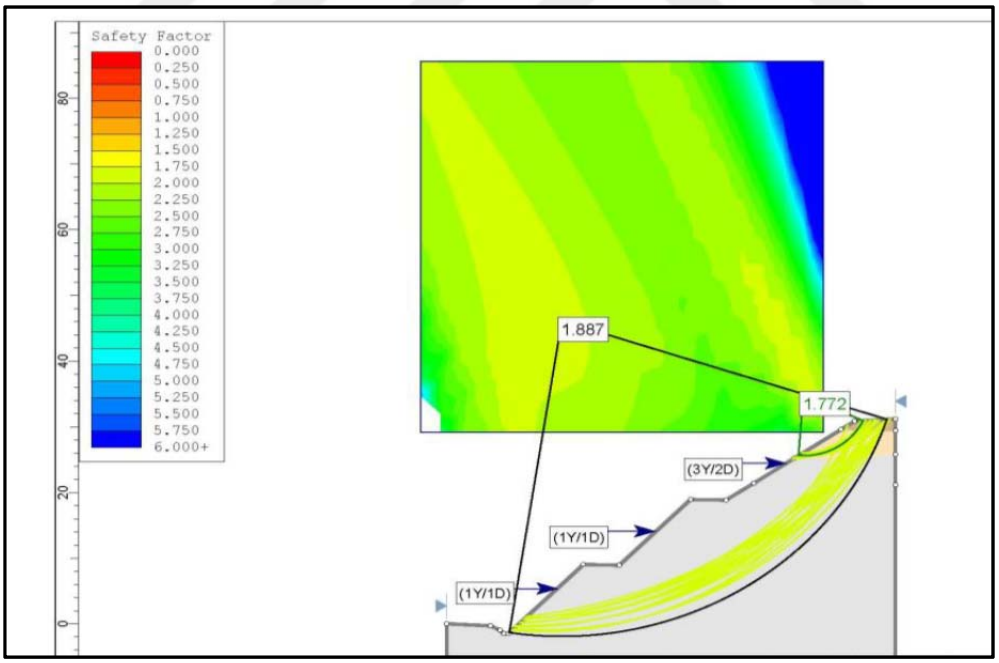
Şekil 4.20. Km:217+600 kesitinde Depremsiz sağ şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.002)



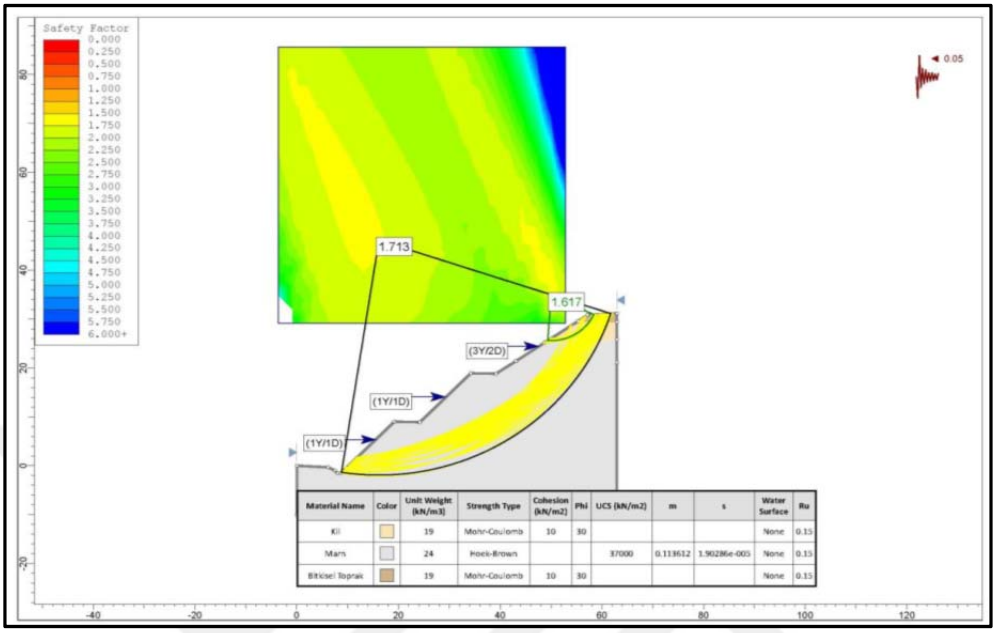
Şekil 4.21. Km:217+600 kesitinde Depremli sağ şev (2/3) için destekli duraylılık analizi (GK:0.918)

Birinci senaryoda Km:217+600 de sağ şev yüksekliği yaklaşık 32 m civarı olup, sol şev ise 25 m civarındadır. Uzun dönem şev duraylılığı incelemesi yapıldığından kritik olarak yüksek olan sağ şevin değerlendirilmesi yapılmıştır. Proje kriterlerine göre önce uzun dönem (statik) ve depremli analizler yapılmış ve statik durumda en küçük güvenlik sayısı:1.002, depremli durumda en küçük güvenlik sayısı ise:0.918 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem statik durumda ve depremli durumda analizi tamamlanan şevlerin proje koşullarını sağlamadığı ve şevlerin duraylı olmadığı görülmüştür.

İkinci senaryoda ise şev palyelerinde farklı senaryolar üzerinde çalışma yapılarak uzun dönem şev duraylılık analizleri yapılacaktır. Şev palyelerinde farklı şev açıları ve depremli depremsiz parametrelerlerin analizleri yapılmıştır. İkinci senaryoda Slide2D yazılımına girilen parametreler ve analizi yapılan şekiller aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Km:217+600 kesitinde Depremsiz sağ şev (alt palyeler 1/1 üst palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.77)



Şekil 4.23. Km:217+600 kesitinde Depremli sağ şev (alt palyeler 1/1 üst palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.61)



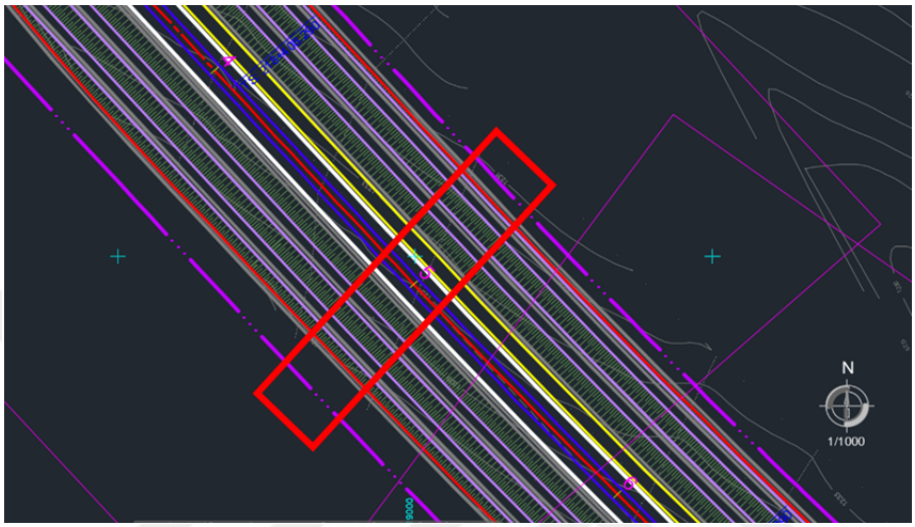
Şekil 4.24. Km:217-218 arası şevlerin drone ile çekilmiş görüntüsü

Birinci çalışma bölgesinin ikinci senaryosunda Km:217+600 de güney (sağ) şev yüksekliği yaklaşık 32 m civarı olup, kuzey (sol) şev ise 25 m civarındadır. Uzun dönem şev duraylılığı incelemesi yapıldığından kritik olarak yüksek olan güney (sağ) şevin değerlendirilmesi yapılmıştır. Birinci çalışma bölgesinin (Km:217+600) ilk senaryosunda şev açıları 2/3 (yatay/düşey) olması koşulunda şevlerin duraylılığı sağlanamamıştı. Km: 217+600' ün ikinci senaryosunda ise palyelerde farklı şev açıları değerlendirilerek analizler yapılmıştır. Kırmız kottan (ray kotu) yukarıya doğru litolojiler değerlendirildiğinde ilk iki palyenin marn birimlerinde oluştuğu son üst palyenin de kil ve nebati örtülerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Projedeki uzun dönem şev duraylılığı ve teknik şartname kriterleri göz önüne alındığında palyelerde farklı şev açıları uygulaması gerekliliği öngörülmüştür. En üst palye 3/2 (yatay/düşey) alt iki palye ise 1/1 (yatay/düşey) şev açıları dizayn edilerek depremli depremsiz analizler yapılmıştır. Proje kriterlerine göre önce uzun dönem (statik) ve depremli analizler yapılmış ve statik durumda en küçük güvenlik sayısı:1.77, depremli durumda en küçük güvenlik sayısı ise:1.61 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem statik durumda ve depremli durumda analizi tamamlanan şevlerin proje koşullarını sağladığı ve şevlerin uzun dönem duraylı kalacağı öngörülmüştür. Km:217+600' ün ilk senaryosunda şev açıları 2/3 (yatay/düşey) olarak tasarlanması sonrası şevlerin duraylı olmayacağı, ikinci senaryosunda ise alt palye şevlerinin 1/1 (yatay/düşey) üst palye şevlerinin 3/2 (yatay/düşey) eğimlerinde duraylı kaldığı tespit edilerek, ikinci senaryonun uygulanması daha uygundur.

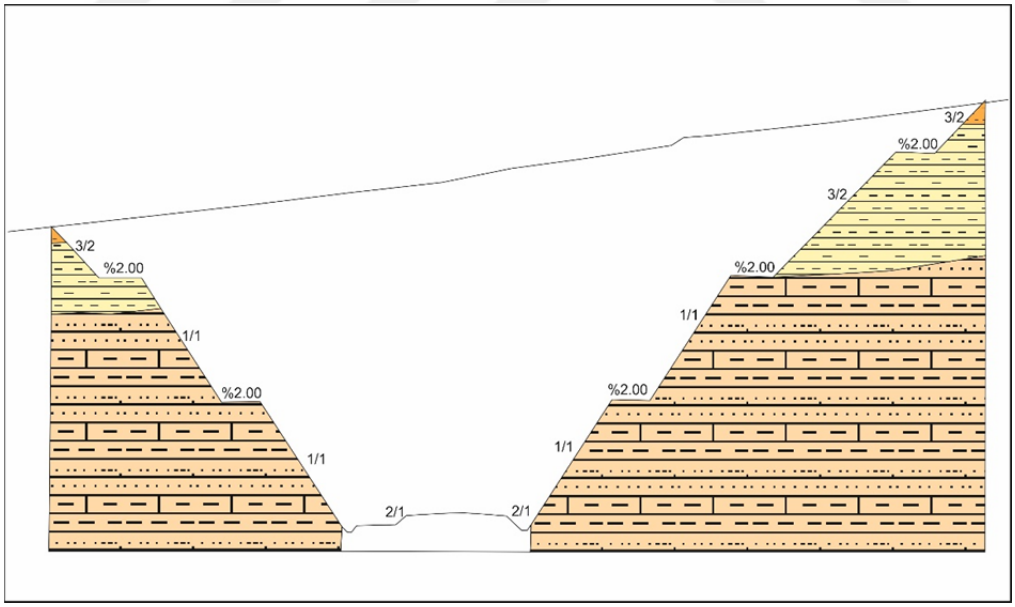
4.9. Km:218+500 Slide 2D Şev Duraylılık Analizi

İkinci çalışma bölgesi Km:218+500' ün birinci senaryosunda projenin şev eğimleri 2/3 (yatay/düşey) olarak tasarlanmış, ikinci senaryosunda ise alt palyelerin şev eğimleri 1/1 (yatay/düşey) üst palye şev eğimi ise 3/2 (yatay/düşey) olarak depremli ve depremsiz analizler yapılmıştır. Birince senaryoda Slide2D yazılımına

girilen parametreler ve analizi yapılan şekiller ve çalışılan kritik kesime ait genel yerleşim planı aşağıda Şekil 4.25.' te gösterilmiştir.



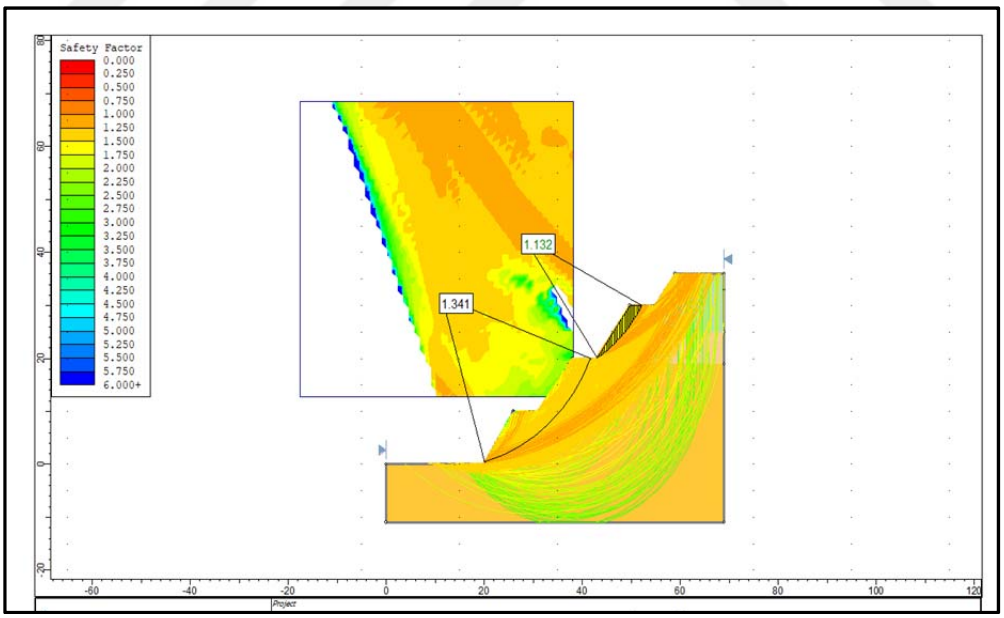
Şekil 4.25. Km:218+500 bölgesinin genel yerleşim planı



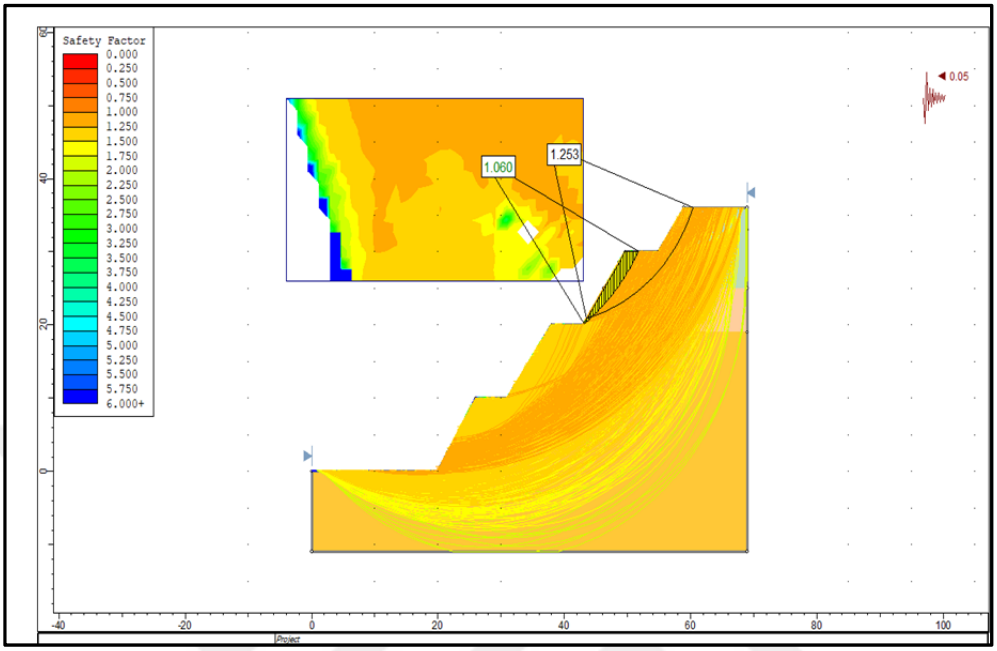
Şekil 4.26. Km:218+500 Yan şevlerin kesiti ve tabakaların gösterimi



Şekil 4.27. Km:218+500 bölgesi killi birim ile marn arasındaki dokanak sınırı



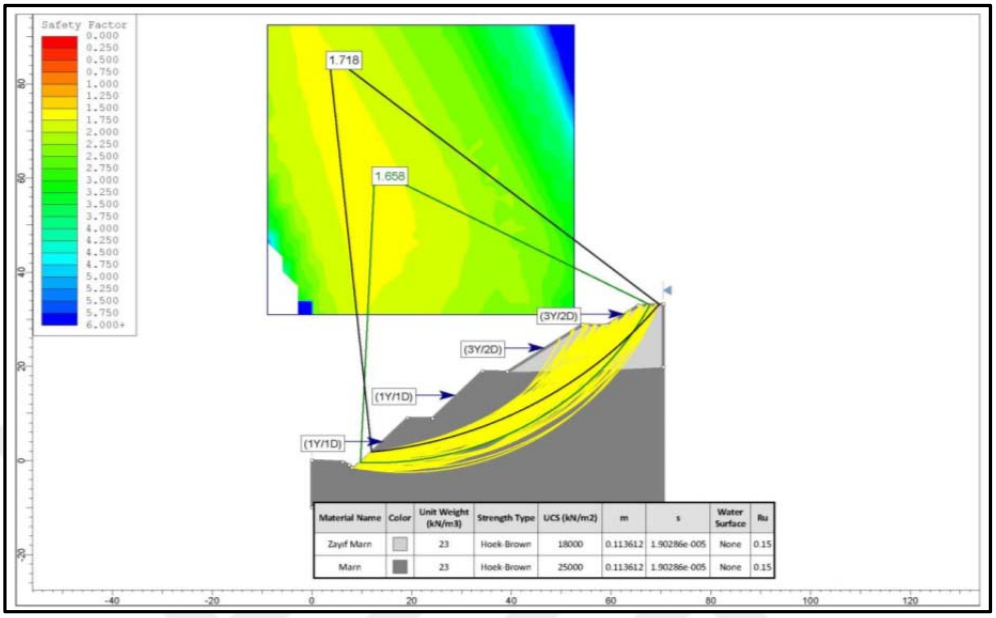
Şekil 4.28. Km:218+500 kesitinde Depremsiz güney (sağ) şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.13)



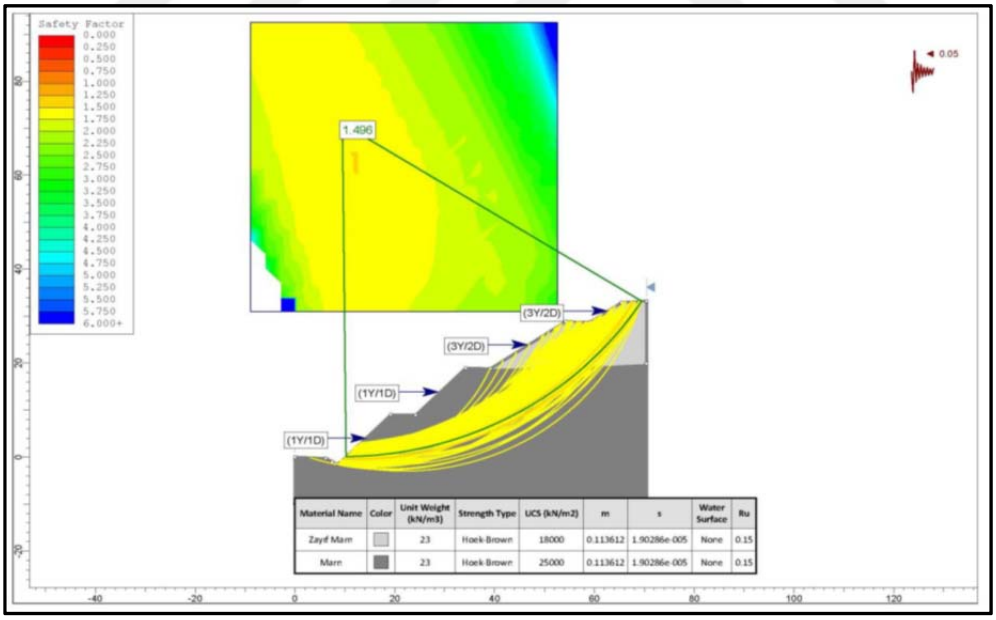
Şekil 4.29. Km:218+500 kesitinde Depremli güney (sağ) şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.06)

İkinci çalışma bölgesi Km:218+500' ün birinci senaryosunda güney (sağ) şev yüksekliği yaklaşık 34 m civarı olup, kuzey (sol) şev ise 24 m civarındadır. Uzun dönem şev duraylılığı incelemesi yapıldığından kritik olarak yüksek olan güney (sağ) şevin değerlendirilmesi yapılmıştır. Proje kriterlerine göre önce uzun dönem (statik) ve depremli analizler yapılmış ve statik durumda en küçük güvenlik sayısı:1.13, depremli durumda en küçük güvenlik sayısı ise:1.06 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem statik durumda ve depremli durumda analizi tamamlanan şevlerin proje koşullarını sağlamadığı ve şevlerin duraylı olmadığı görülmüştür.

Km:218+500' de farklı senaryolar üzerinde çalışma yapılarak uzun dönem şev duraylılık analizleri yapılacaktır. Şev palyelerinde farklı şev açıları ve depremli depremsiz parametrelerlerin analizleri yapılmıştır. İkinci senaryoda Slide2D yazılımına girilen parametreler ve analizi yapılan şekiller aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.30. Km:218+500 kesitinde Depremsiz sağ şev (alt palyeler 1/1 üst palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.65)



Şekil 4.31. Km:218+500 kesitinde Depremli sağ şev (alt palyeler 1/1 üst palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.496)



Şekil 4.32. Km:218+500 civarı şevlerde çalışan makine ve ekipman görüntüsü



Şekil 4.33. Km:218+500 civarı şev çalışma bölgesi görüntüsü



Şekil 4.34. Km:218-500-219+00 civarı şev çalışma bölgesi ve aç kapa sanat yapısı görüntüsü

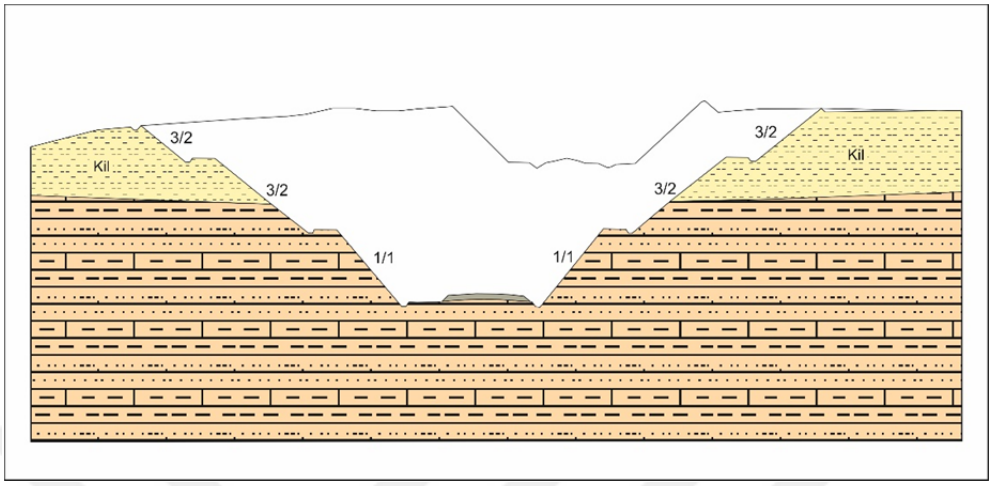
İkinci senaryo da Km:218+500 de sağ şev yüksekliği yaklaşık 34 m civarı olup, sol şev ise 24 m civarındadır. Uzun dönem şev duraylılığı incelemesi yapıldığından kritik olarak yüksek olan sağ şevin değerlendirilmesi yapılmıştır. İkinci çalışma bölgesi Km:218+500' ün birinci senaryosunda şev açıları 2/3 (yatay/düşey) olması koşulunda şevlerin duraylılığı sağlanamamıştı. İkinci senaryoda ise palyelerde farklı şev açıları değerlendirilerek analizler yapılmıştır. Kırmız kottan (ray kotu) yukarıya doğru litolojiler değerlendirildiğinde ilk iki palyenin marn birimlerinde oluştuğu son üst palyenin de kil ve nebati örtülerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Projedeki uzun dönem şev duraylılığı ve teknik şartname kriterleri göz önüne alındığında palyelerde farklı şev açıları uygulaması gerekliliği öngörülmüştür. Km:217+000-219+000 arası demiryolu profili uzun metrelerde tek yarma içinden geçmektedir. Devamlılığı olan ve litolojileri birbirlerine yakın yarmalarda farklı tiplerde şev eğim açıları uygulaması yapmak hem Jeoteknik açıdan ilerleyen zamanlarda sorunları beraberinde getireceği aşikardır. Ayrıca uzun

ve tek tip yarmalarda şev eğimlerinin farklı olması sonucunda palyeleri boy profilde birbirine uyumlu şekilde birleştirebilme zorluğu ortaya çıkacak ve görüntü açısından da estetik olmayacaktır. O yüzden Km:217+000-219+000 arası yarmalarda bulunan şev eğimlerinin birbirleriyle uyumlu olması gereklidir. En üst palye 3/2 (yatay/düşey) alt iki palye ise 1/1 (yatay/düşey) şev açıları dizayn edilerek depremli depremsiz analizler yapılmıştır. Proje kriterlerine göre önce uzun dönem (statik) ve depremli analizler yapılmış ve statik durumda en küçük güvenlik sayısı:1.65, depremli durumda en küçük güvenlik sayısı ise:1.496 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem statik durumda ve depremli durumda analizi tamamlanan şevlerin proje kriterlerini karşıladığı ve şevlerin uzun dönem duraylı kalacağı öngörülmüştür.

İkinci çalışma bölgesi olan Km:218+500' ün ilk senaryosunda şev açıları 2/3 (yatay/düşey) dizayn edilmesi sonrası şevlerin duraylı olmayacağı, ikinci senaryoda ise alt palye şevlerinin 1/1 (yatay/düşey) üst palye şevlerinin 3/2 (yatay/düşey) eğimlerinde duraylı kaldığı tespit edilerek, ikinci senaryonun uygulanması daha uygundur.

4.10. Km:220+000 Slide 2D Şev Duraylılık Analizi

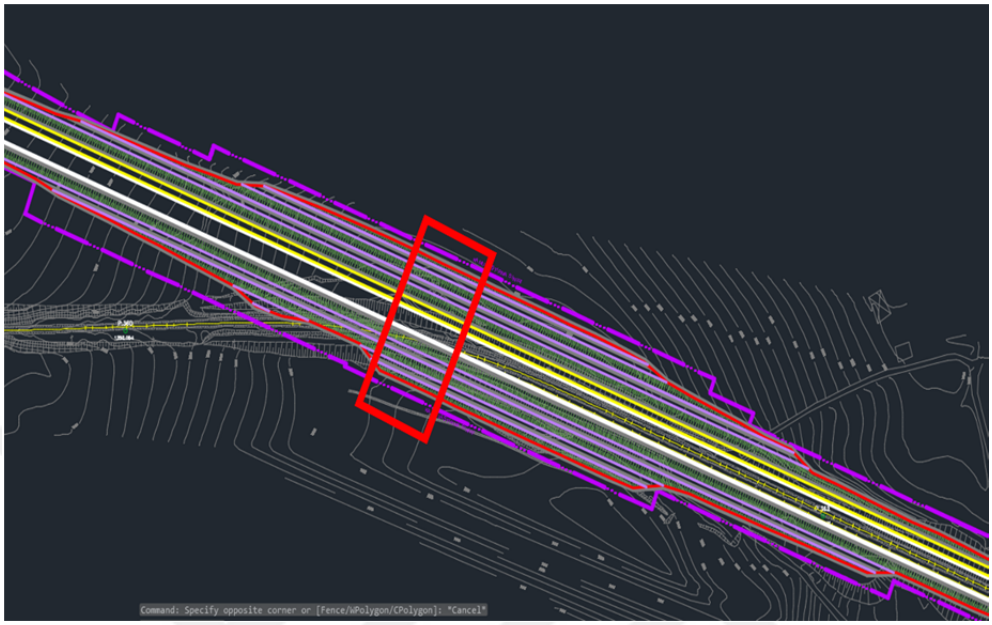
Üçüncü çalışma bölgesi olan Km:220+000' ın birinci senaryosunda projenin şev eğimleri 2/3 (yatay/düşey) olarak dizayn edilmiş, ikinci senaryoda ise alt palyelerin şev eğimleri 1/1 (yatay/düşey) üst palye şev eğimi ise 3/2 (yatay/düşey) olarak depremli ve depremsiz analizler yapılmıştır. Birince senaryoda Slide2D yazılımına girilen parametreler ve analizi yapılan şekiller aşağıda gösterilmiştir.



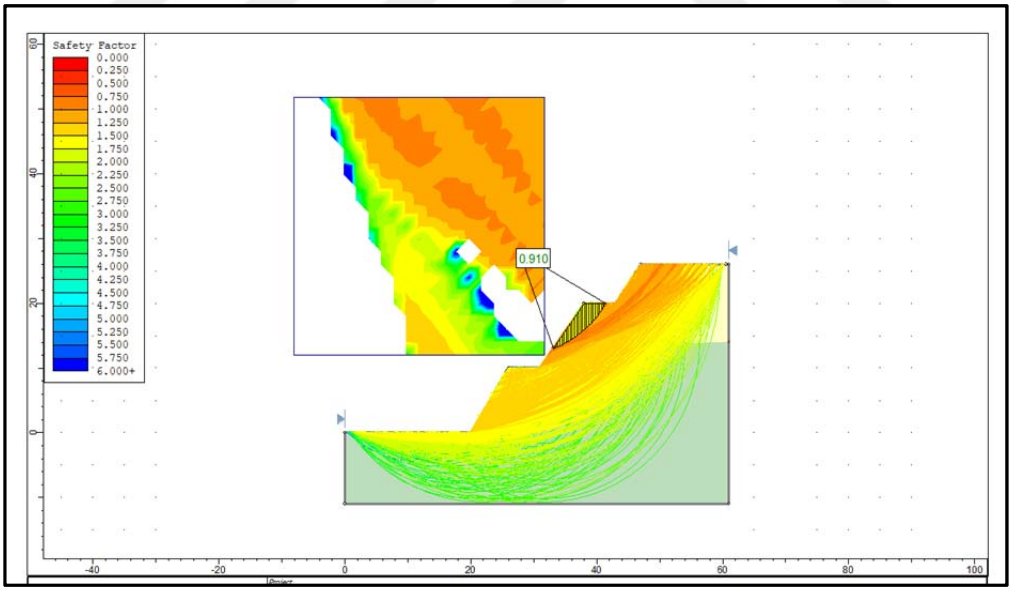
Şekil 4.35. Km:220+000 Yan şevlerin kesiti ve tabakaların gösterimi



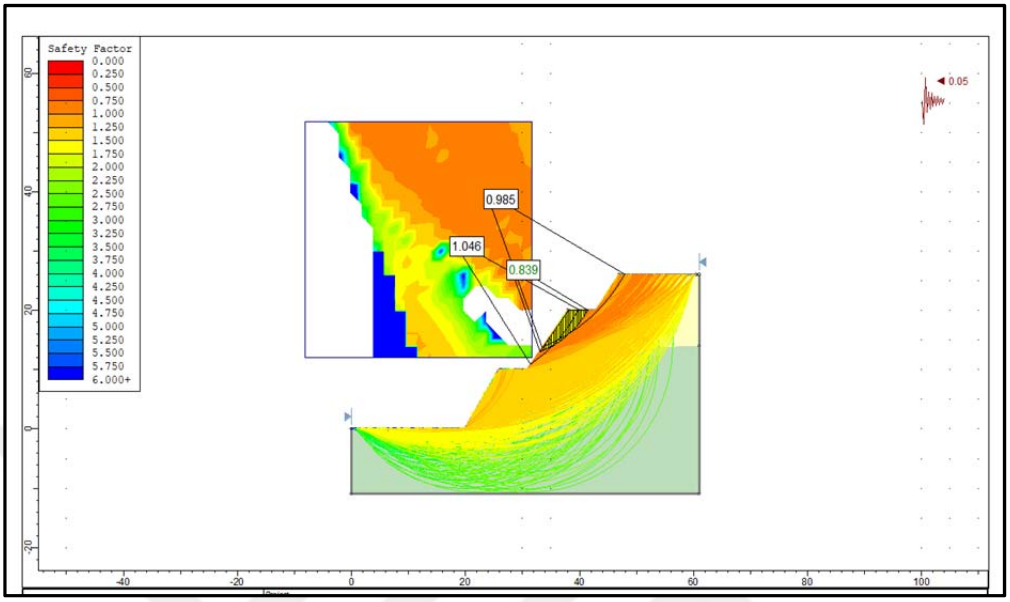
Şekil 4.36. Km:220+000 Yan şevlerin görünümü



Şekil 4.37. Km:220+000 kritik kesit çalışılan bölgelerin autocad üzerinde genel yerleşim planı



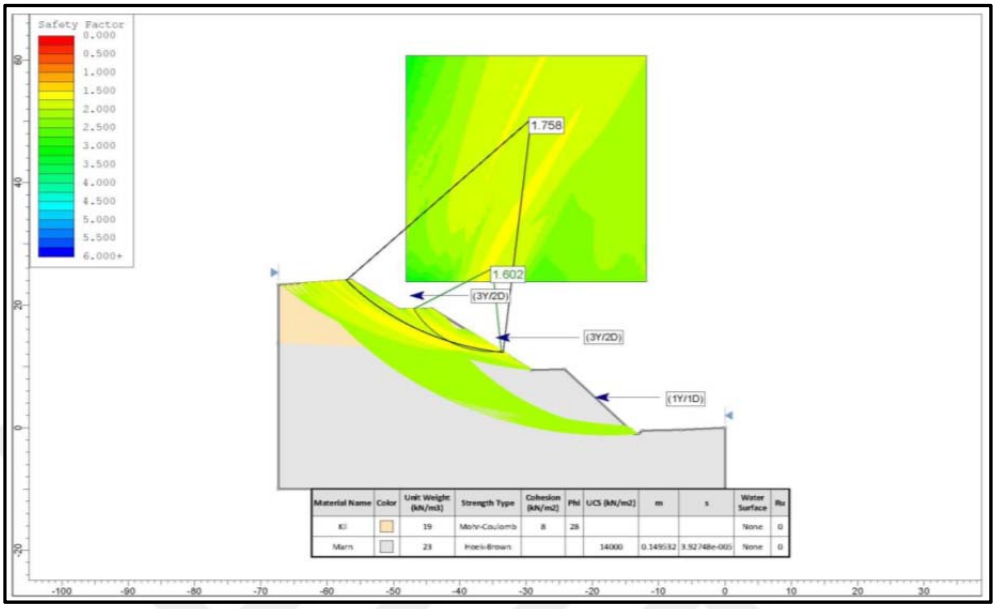
Şekil 4.38. Km:220+000 kesitinde Depremsiz güney (sağ) şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:0.91)



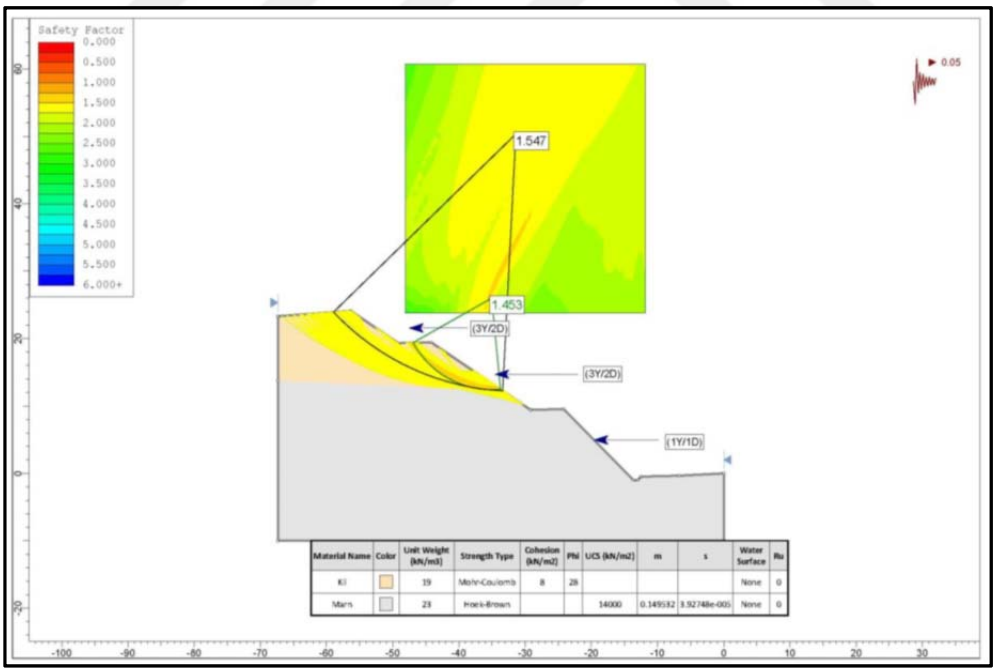
Şekil 4.39. Km:220+000 kesitinde Depremli güney (sağ) şev (2/3) için desteksiz duraylılık analizi (GK:0.83)

Çalışılan kritik kesit olan Km:220+000' de güney (sağ) şev yüksekliği yaklaşık 26 m civarı olup, kuzey (sol) şev ise 25 m civarındadır. Şev yüksekliklerinin birbirine çok yakın olmasından dolayı hem güney (sağ) hem kuzey (sol) şevin değerlendirilmesi yapılmıştır. Proje kriterlerine göre önce uzun dönem (statik) ve depremli analizler yapılmış ve statik durumda en küçük güvenlik sayısı:0.91, depremli durumda en küçük güvenlik sayısı ise:0.83 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem statik durumda ve depremli durumda analizi tamamlanan şevlerin proje kriterlerini sağlamadığı ve şevlerin duraylı olmadığı görülmüştür.

Üçüncü kritik çalışma bölgesi olan Km:220+000' da şev palyelerinde farklı senaryolar üzerinde çalışma yapılarak uzun dönem şev duraylılık analizleri yapılacaktır. Şev palyelerinde farklı şev açıları ve depremli depremsiz parametrelerlerin analizleri yapılmıştır. İkinci senaryoda Slide2D yazılımına girilen parametreler ve analizi yapılan şekiller aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.40. Km:220+000 kesitinde Depremsiz kuzey (sol) şev (alt palye 1/1 üst iki palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.60)



Şekil 4.41. Km:220+000 kesitinde Depremli kuzey (sol) şev (alt palye 1/1 üst iki palye 3/2) için desteksiz duraylılık analizi (GK:1.45)



Şekil 4.42. Km:220+000 çalışma bölgesinin havadan drone görüntüsü

Çalışılan kritik kesit Km:220+000' ın ikinci senaryosunda güney (sağ) şev yüksekliği yaklaşık 26 m civarı olup, sol şev ise 25 m civarındadır. Uzun dönem şev duraylılığı incelemesi yapıldığından ve iki şev yükseklikleri de birbirine çok yakın olduğundan bu bölgede kuzey (sol) şevin değerlendirilmesi yapılmıştır. Km:220+000 çalışma bölgesinin birinci senaryosunda şev açıları 2/3 (yatay/düşey) olması koşulunda şevlerin duraylılığı sağlanamamıştı. İkinci senaryosunda ise palyelerde farklı şev açıları değerlendirilerek analizler yapılmıştır. Kırmız kottan (ray kotu) yukarıya doğru litolojiler değerlendirildiğinde ilk palyenin marn birimlerinde oluştuğu son üst iki palyenin de marn, kil ve nebati örtülerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Projedeki uzun dönem şev duraylılığı ve teknik şartname kriterleri göz önüne alındığında palyelerde farklı şev açıları uygulaması gerekliliği öngörülmüştür. En üst iki palye 3/2 (yatay/düşey) alt palye ise 1/1 (yatay/düşey) şev açıları dizayn edilerek depremli depremsiz analizler yapılmıştır. Proje kriterlerine göre önce uzun dönem (statik) ve depremli analizler yapılmış ve statik durumda en küçük güvenlik sayısı:1.60, depremli durumda en küçük güvenlik sayısı ise:1.45 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem statik durumda ve depremli

durumda analizi tamamlanan şevlerin proje kriterlerini karşıladığı ve şevlerin uzun dönem duraylı kalacağı öngörülmüştür.

Çalışılan kritik kesit olan Km:220+000' da birinci senaryosunda şev açıları 2/3 (yatay/düşey) olarak düzenlenmesi sonrası şevlerin duraylı olmayacağı, ikinci senaryosunda ise alt palye şevinin 1/1 (yatay/düşey) üst palye şevlerinin 3/2 (yatay/düşey) eğimlerinde duraylı kaldığı tespit edilerek, ikinci senaryonun uygulanmasının daha uygun olacağı anlaşılmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tezde, Niğde ili Ulukışla İlçesi ile-Konya İli Ereğli İlçesi Çakmak mahallesi arasında kalan demiryolu güzergâhındaki derin yarma şevleri mühendislik jeolojisi açısından incelenmiştir. Derin yarma şevlerin duraylılık sorunları değerlendirilmiş ve bilgisayar destekli Slide 2D programı ile analizler yapılarak çıkan sonuçlar doğrultusunda önerilerde bulunulmuştur. Demiryolu derin yarmalarının olduğu yaklaşık 11 km' lik bölümde ve bu tez kapsamında çalışılan bölgede 17 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Demiryolu güzergâhı boyunca yarmaların ve sondajların hepsi incelendiğinde jeolojik formasyonların çalışılan bölgede benzerlikler gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışılan yarma bölgesinde bu tez kapsamında 3 farklı km' de seçilen kritik şevler üzerinde yoğunlaşılmış ve analizleri Slide 2D yazılımında yapılmıştır.

Çalışma bölgesinde açılan sondaj kuyuları ve logları incelendiğinde 0,5 m – 8 m aralığında kil ve silt, bazı bölgelerde ise 0,5 m-16,5 m arası kil-siltten oluştuğu görülmüştür. Kil ve silt bulunan tabakaları ise marn-kiltaşı-silttaşı ardalanması takip etmektedir. En üst tabakada bulunan kil ve silt birimlerinde alınan numuneler ve laboratuvarda yapılan deneyler sonrasında zemin birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre CL-CH olarak tanımlanmıştır. Kil ve silt birimlerinde yapılan kıvam limitleri deneyi sonrasında likit limit (LL) %28,2-67,7, plastik limit (PL) %16,3-27,1 ve plastisite indisi (PI) %15,5-40,6 aralığında bulunmuştur. Kil ve silt birimlerinde yapılan doğal birim hacim ağırlık deneyi sonrasında killer için ortalama doğal birim hacim ağırlıkları γn =17,50-18,50 kN/m^3 olarak belirlenmiştir. Üç eksenli basınç deneyleri sonucunda kil için ortalama c (kohezyon) = 7,4-10 MPa =7400-10000 kPa ve ortalama ϕ (içsel sürtünme açısı) = 28°-30° olarak belirlenmiştir.

81 adet numune üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneyi sonrasında marn biriminin ortalama q_{un}= 24,57-37,50 MPa = 245,7-375 kg/cm^2 olarak tespit edilmiştir. Buna göre marn birimi tek eksenli basınç dayanımına göre "düşük

dayanımlı" kayaç sınıfına dâhil edilmiştir. Laboratuvarda yapılan doğal birim hacim ağırlık deneyi sonrası marn birimine ait γ_n= 23-25 kN/m^3 aralığında tespit edilmiştir. Kaya da (marn) üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Üç eksenli basınç deneyi sonucunda ortalama c (kohezyon) = 4,96 MPa =4960 kPa ve ortalama ϕ (içsel sürtünme açısı) = 34,5° olarak belirlenmiştir. Laboratuvar ortamında 10 adet numune üzerinde yapılan nokta yükleme deneyi sonunda, nokta yükü dayanımı ortalama (I_s) =1,70 MPa olarak belirlenmiştir. Sondaj kuyularından alınan karotlar üzerinden RQD (kaya kalite göstergesi) değerleri hesaplanmış ve marn'ın ortalama RQD değeri %56,36 olarak belirlenmiştir. İnceleme alanına şev bölgesinde bulunan marn, RQD sınıflamasına göre "Orta Kaliteli" kaya olarak tanımlanmaktadır.

Derin yarma bölgesi içinde kalan şev duraylılığı analizleri 3 (üç) kritik kesitte 2 farklı senaryo üzerinde proje kriterleri dikkate alınarak uzun dönem statik ve uzun dönem depremli koşullarda yapılmıştır. Tüm analiz yöntemlerinde Slide 2D yazılımı içinde Spencer Yöntemi tercih edilmiştir.

217+600 kritik kesitinin birinci senaryosunda bütün şev açıları 2/3 (yatay/düşey), ikinci senaryoda ise alt şevler 1/1 (yatay/düşey), üst şev ise 3/2 (yatay/düşey) olacak şekilde öncelikle statik daha sonra depremli şekilde analiz yapılmıştır. 217+600 kritik kesitinin birinci senaryosunda şev analizleri uzun dönem statik koşulda en küçük GK:1.002 uzun dönem deprem durumunda ise en küçük GK:0.918 olarak hesaplanmıştır. Depremli GK<1.10 olduğu için şevlerde duraysızlık söz konusudur. 217+600 kritik kesitinin ikinci senaryosunda uzun dönem statik koşulda en küçük GK:1.77 uzun dönem deprem durumunda ise en düşük GK:1.61 olarak bulunmuştur. Uzun dönem depremli GK>1.10 uzun dönem statik GK>1.50 olduğu için şevlerde duraysızlık söz konusu değildir.

218+500 kritik kesitinin birinci senaryosunda bütün şev açıları 2/3 (yatay/düşey), ikinci senaryosunda ise alt şevler 1/1 (yatay/düşey), üst şev ise 3/2 (yatay/düşey) olacak şekilde öncelikle statik daha sonra depremli şekilde analiz yapılmıştır. 218+500 kritik kesitinin birinci senaryosunda şev analizleri uzun

dönem statik koşulda en küçük GK:1.13 uzun dönem deprem durumunda ise en küçük GK:1.06 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem depremli GK<1.10 ve uzun dönem statik GK<1.50 olduğu için şevlerde istenilen koşullar sağlanmamaktadır. 218+500 kritik kesitinin ikinci senaryosunda şev analizi uzun dönem statik koşulda en küçük GK:1.65 uzun dönem deprem durumunda ise en küçük GK:1.49 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem depremli GK>1.10 ve uzun dönem statik GK>1.50 olduğu için şevlerde duraysızlık söz konusu değildir.

220+000 kritik kesitinin birinci senaryosunda bütün şev açıları 2/3 (yatay/düşey), ikinci senaryoda ise alt şev 1/1 (yatay/düşey), üst şev ise 3/2 (yatay/düşey) olacak şekilde öncelikle uzun dönem statik daha sonra uzun dönem depremli şekilde analiz yapılmıştır. 217+600 kritik kesitinde birinci senaryonun uzun dönem statik koşulda en küçük GK:0.91 uzun dönem deprem durumunda ise en küçük GK:0.83 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem depremli GK<1.10 ve uzun dönem statik GK<1.50 olduğu için şevlerde duraysızlık söz konusudur. 220+000 kritik kesiti ikinci senaryosunda uzun dönem statik koşulda en küçük GK:1.60 uzun dönem deprem durumunda ise en küçük GK:1.45 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem depremli GK>1.10 ve uzun dönem statik GK>1.50 olduğu için şevlerde duraysızlık söz konusu değildir.

Çalışılan tez kapsamında imalatlar demiryolu ulaşımı ile alakalı olup, can ve mal güvenliği gibi faktörler birinci önceliklidir. Şevlerde yapılan farklı senaryoların birinci bölümlerinde bazı bölgelerde GK>1.0 olduğu görülmüştür. GK>1.0 olması Jeoteknik açıdan limit denge söz konusu olmasına rağmen yapılan imalatların demiryolu gibi önemli bir hizmet sektöründe olmasından dolayı şartname kriterleri ve uzun dönem duraylılık göz önünde bulundurulmalıdır. Proje kriterleri de imalat esnasında yapılabilecek hatalardan, zeminin ve kayaçların zamana bağlı değişimlerinden, mevsimlerin hızlı değişmeleri sonucunda yağmur ve yaraltısuyu değişimleri gibi hesaplanamayan faktörlerden dolayı GK değerlerini, limit dengenin üzerinde kabul etmiştir.

Yarmalarda şev iyileştirme alternatifleri olarak fore kazık, istinat duvarı, şevleri çelik hasır ve betonla kaplama, taş pere kaplama, zemin çivileri, şev açılarını değiştirme gibi farklı alternatif imalatlar günümüzde kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında çalışılan bölgelerde bulunan yarmalar 25 m-40m arası derinlikte, iki ve daha fazla palyelerden oluşmakta ve yaklaşık 11 km uzunluğundadır. Gözlemlenen bu durumlar dikkate alındığında şevler de alternatif iyileştirme yöntemleri içinde Jeoteknik açıdan duraylılığın sağlanabilmesi için; imalat kolaylığı, kısa zamanda yapılması, ekonomik olması gibi nedenlerden dolayı şev açılarında iyileştirmeler yapılması en uygun alternatif imalat yöntemi olarak önerilmektedir.

KAYNAKLAR

AFAD; 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı.

Altun İ., Sevin M., Ayhan A., 1986, Karapınar-Ereğli (KONYA) ve Ulukışla (Niğde) Masifi Civarının Jeolojisi M.T.A Raporu Derleme no: 8090.

ASTM (American society for testing and materials), 1994. Annual Book of ASTM Standarts-Section 4, Construction, V. 0408 Soil and Rock; Building Stones. ASTM Publication.

Baş, H. 1986. Ulukışla-Çamardı (Niğde) Volkanitlerinin bazı petrolojik ve jeokimyasal özellikleri. TMMOB Jeoloji müh. Odası yayını, Sayı:26.

Dellaloğlu, A. A. ve Aksu, R. 1986. Ereğli (Konya)-Ulukışla-Çiftehan-Çamardı (Niğde) dolayının jeolojisi ve petrol olanakları. TPAO. rapor no: 2205.

Duncan, J.M, Wright, S.G., 2005. Zemin Şevlerinin Duraylılığı. Fersa Matbaacılık, Ankara, 299s

Dursun A. İ., 2006. Ereğli-Ulukışla Havzası Ulukışla Formasyon'unun (Ulukışla ve Çevresi) Petrol Hazne Kaya Özellikleri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, s68

Genç, D., 2011. Zemin Mekaniği ve Temeller. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, No.100, Ertem Basım Ltd.Şti., Ankara, 848s.

Hizmet Alım İşi Jeolojik Jeoteknik Etüt Raporu. Akademi Jeolojik Jeoteknik Etüd Proje Müh. Müş. İnş. San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, 191s.

Hizmet Alım İşi Tünel Jeolojik Jeoteknik Etüt Raporu. Enye İnşaat San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, 29s.

Hizmet Alım İşi Jeolojik Jeoteknik Etüt Raporu. Enye İnşaat San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, 140s.

Hizmet Alım İşi Yarma Şevleri Geoteknik Değerlendirme Raporu. Progeo Proje Mühendislik Müş. San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, s90-94

Ketin, İ. ve Akarsu, R. 1965. Ulukışla Tersiyer Havzasının jeolojik etüdü hakkında rapor. TPAO, no: 339.

Murat, A.,Temur S., 1995, Karaman (Ayrancı-Karaman) yöresi talk yatakları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu II.Bölge Müdürlüğü, Konya-Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 38, Sayı 1,95-102.

Özdemir A., 2006. Ereğli-Ulukışla Havzası Güney Formasyonunun Jeolojisi ve Petrol Hazne Kaya Özelliklerinin İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, s94

Salman M., 2010. Ereğli-Ayrancı-Karapınar (Konya) Yöresi'nin Linyit Olanakları ve Ekonomik Değerinin Tespiti. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, s71

Sonel, N., Sarı, A., 2004., Ereğli-Ulukışla (Konya-Niğde) Havzasının Hidrokarbon Potansiyelinin İncelenmesi., Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(4):393-403.

TCDD, Demiryolu Güzergah Jeolojik-Jeoteknik-Geoteknik Etütlerinin Yapılmasına Ait Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi, Ankara, 2015, s25

Ulusay, R., 2010. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, No.38, Güncelleştirilmiş, Güncelleştirilmiş 5. Baskı, Yıldızlar Ofset, Ankara, 458s

Wyllie, D. C., Mah, C. W., 2006. Kaya Şev Mühendisliği. Gazi Kitabevi Tic. Ltd. Şti., Fersa Matbaacılık, Ankara, 437s

Yoldaş, R. 1973. Niğde-Ulukışla bitümlü şist alanının jeolojisi ve ekonomik olanakları. Yayımlanmamış MTA raporu, no: 5050.

ÖZGEÇMİŞ

Selahattin YAPRAK, 1986 yılında Mersin İli Mut ilçesinde doğdu. İlkokul ve öğrenimini Mut Gazi İlkokulu'nda, Ortaokul öğrenimini Mut Cumhuriyet Ortaokulu'nda, Lise Eğitimini Mut Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2004 yılında Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Sınıf Öğretmenliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2007 yılında TCDD 6. Bölge Müdürlüğü Adana da memur olarak işe başladı. 2008 yılında Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nden Sınıf Öğretmeni olarak mezun oldu. 2011 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği lisans eğitimine başladı. 2014 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği'nden Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda lisansüstü eğitimine başladı. 2007 yılından bu yana TCDD 6. Bölge Müdürlüğünde çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.