



T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ANKARA İLİ ELMADAĞ İLÇESİ
DEVLET DEMİRYOLLARINA AİT ANKARA – KAYSERİ HATTININ 7 NOLU
TÜNEL HATTININ VE ALTERNATİF GÜZERGÂHIN AÇIK YARMAYA
DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

EMRE TOKMAK

Eylül 2019

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ANKARA İLİ ELMADAĞ İLÇESİ
DEVLET DEMİRYOLLARINA AİT ANKARA – KAYSERİ HATTININ 7 NOLU
TÜNEL HATTININ VE ALTERNATİF GÜZERGÂHIN AÇIK YARMAYA
DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

EMRE TOKMAK

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Mustafa FENER

EYLÜL 2019

Emre TOKMAK tarafından Doç. Dr. Mustafa FENER danışmanlığında hazırlanan “Ankara İli Elmadağ İlçesi Devlet Demiryollarına Ait Ankara – Kayseri Hattının 7 Nolu Tünel Hattının ve Alternatif Güzergâhın Açık Yarmaya Dönüştürülmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Başkan : (Doç. Dr. Mustafa FENER) (Ankara Üniv.)


Üye : (Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ) (Niğde Ömer Halisdemir Üniv.)

Üye : (Dr. Öğr. Üyesi M. Salih BAYRAKTUTAN) (Iğdır Üniv.)

ONAY:



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

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

Prof. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

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



Emre TOKMAK

ÖZET

ANKARA İLİ ELMADAĞ İLÇESİ
DEVLET DEMİRYOLLARINA AİT ANKARA – KAYSERİ HATTININ 7 NOLU
TÜNEL HATTININ VE ALTERNATİF GÜZERGÂHIN AÇIK YARMAYA
DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

TOKMAK, Emre

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Mustafa FENER

Eylül 2019, 75 sayfa

Bu çalışma Ankara İli, Elmadağ İlçesi sınırları içerisinde kalan Devlet Demiryollarına ait tren yolu hattı üzerinde bulunan T7 tünelinin açık yarmaya dönüştürülmesi kapsamında mevcut hattın ve yetkililer tarafından önerilen alternatif hattın zemin etütlerinin yapılması, belirlenen bu iki hattın açık yarmaya dönüştürülmesi durumunda güvenli şev açılarının hesaplanması ve en güvenli hattın belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Elmadağ Formasyonu olarak bilinen altta yer yer kil bantları içeren ayrıışmış grovak üstte ise farklı kalınlıklarda mercek şeklinde kireçtaşından oluşan heterojen bir istiften oluşmaktadır. Heterojen birimler düzenli tabakalardan oluşmadığı için şev tasarımlarında girdi parametresi olarak en düşük zemin karakterinin kullanılması şev güvenliği açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu hat boyunca da sondaj verilerinden elde edilen en düşük zemin parametreleri kullanılmıştır. Elde edilen parametrelerin şev güvenliği açısından mevcut ve alternatif hatlar için beş farklı açılarda (80° - 70° - 60° - 50° - 45°) Slide5.0 paket programında Fellenius, Basitleştirilmiş Bishop ve Basitleştirilmiş Jambuya göre modellenmiş sonuçlar değerlendirilerek en güvenli şev açısı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: demir yolu, tünel, şev açısı, açık yarma

SUMMARY

ANKARA PROVINCE ELMADAG DISTRICT TRANSFORMATION OF TUNNEL LINE 7 AND ALTERNATIVE ROUTES OF ANKARA – KAYSERI LINE FOR STATE RAILWAYS

TOKMAK, Emre

Nigde Omer Halisdemir University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geology Engineering

Supervisor : Doç. Dr. Mustafa FENER

September 2019, 75 pages

In this study, the existing line and the alternative line proposed by the authorities within the scope of converting the T7 tunnel on the open rail of the State Railways line within the borders of Elmadağ District of Ankara Province, to the open slit, the calculation of safe slope angles and the calculation of the safe slope angles. to determine the safe line. The disintegrated greywack, known as the Elmadağ Formation, consists of clay bands at the bottom and a heterogeneous sequence of limestone-shaped limestones of different thicknesses. Since heterogeneous units do not consist of regular layers, it is important to use slope safety as the input parameter in slope designs. Therefore, the lowest ground parameters obtained from drilling data were used along this line. For the slope safety of the obtained parameters, five different angles (80° - 70° - 60° - 50° - 45°) for the existing and alternative lines are evaluated in the Slide5.0 package program by evaluating the modeled results according to Fellenius, Simplified Bishop and Simplified Jambu. It has been identified.

Keywords: railway, tunnel, slope, open splitting

ÖN SÖZ

Bu yüksek lisans çalışmasında, Ankara İli, Elmadağ İlçesi sınırları içerisinde kalan Devlet Demiryollarına ait tren yolu hattı üzerinde bulunan T7 tünelinin açık yarmaya dönüştürülmesi kapsamında mevcut hattın ve yetkililer tarafından önerilen alternatif hattın zemin etütlerinin yapılması, belirlenen bu iki hattın açık yarmaya dönüştürülmesi durumunda güvenli şev açılarının hesaplanması ve en güvenli hattın belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Mustafa FENER'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi, sadece bu çalışmam boyunca değil, tüm öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi koruyuculuğumu üstlenen babam İsmail TOKMAK' a, annem Nihal TOKMAK' a, kardeşim Esra Yüce'ye, eşim L.Saliha TOKMAK' a, kızlarım Ebrarnisa ve Reyyannur'a ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGE VE KISALTMALAR	xiv
BÖLÜM I GİRİŞİ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Çalışma Alanının Yeri ve Ulaşımı	2
1.3 Coğrafi Konum ve Morfoloji	3
1.3 Önceki Çalışmalar	3
BÖLÜM II BÖLGESEL JEOLojİ	7
2.1 Genel Jeoloji ve Stratigrafi	7
2.1.1 Emir formasyonu	9
2.1.2 Elmadağ formasyonu	10
2.1.3 İmrahor kireçtaşı üyesi	11
2.1.4 Ortaköy formasyonu	11
2.1.5 Keçikaya formasyonu	12
2.1.6 Hasanoğlan formasyonu	12
2.1.7 Akbayır formasyonu	12
2.1.8 Haççili formasyonu	13
2.1.9 Mamak formasyonu	13
2.1.10 Tekke volkanitleri	14
2.1.11 Bozdağ bazaltı	14
2.1.12 Gölbaşı formasyonu	15
2.1.13 Alüvyon - yamaç molozu	15
2.2 İnceleme Alanı Jeolojisi	15
2.3 Yapısal Jeoloji, Tektonik ve Jeolojik Tarihçe	16
2.3.1 Kıvrımlar	16

2.3.2 Bindirmeler	16
2.3.3 Faylar ve depremsellik.....	16
2.4 Hidrojeoloji.....	18
BÖLÜM III MATERYAL VE METOT.....	19
3.1 Saha Çalışmaları ve Zemin Profili.....	19
3.2 Zemin Sondajı Çalışması	19
3.3 Laboratuvar Çalışmaları	22
BÖLÜM IV ARAŞTIRMA BULGULARI	22
4.1 Tasarıma Yönelik Hesaplama ve Değerlendirmeler	22
4.1.1 Zeminin Emniyetli Taşıma Gücü Hesapları	22
4.2 Hat Değerlendirmesi	25
4.2.1 Mevcut Tünelin Geçtiği Hat - Hat 1	26
4.2.1.1 Hat 1'de statik koşullarda 80° açıda yapılan şev analizi	30
4.2.1.2 Hat 1'de dinamik koşullarda 80° açıda yapılan şev analizi	31
4.2.1.3 Hat 1'de statik koşullarda 70° açıda yapılan şev analizi.....	33
4.2.1.4 Hat 1'de dinamik koşullarda 70° açıda yapılan şev analizi	35
4.2.1.5 Hat 1'de statik koşullarda 60° açıda yapılan şev analizi	37
4.2.1.6 Hat 1'de dinamik koşullarda 60° açıda yapılan şev analizi	38
4.2.1.7 Hat 1'de statik koşullarda 50° açıda yapılan şev analizi	40
4.2.1.8 Hat 1'de dinamik koşullarda 50° açıda yapılan şev analizi	42
4.2.1.9 Hat 1'de statik koşullarda 45° açıda yapılan şev analizi	44
4.2.1.10 Hat 1'de dinamik koşullarda 45° açıda yapılan şev analizi	45
4.2.2 Alternatif Hat - Hat 2	47
4.2.2.1 Hat 2'de statik koşullarda 80° açıda yapılan şev analizi	50
4.2.2.2 Hat 2'de dinamik koşullarda 80° açıda yapılan şev analizi	51
4.2.2.3 Hat 2'de statik koşullarda 70° açıda yapılan şev analizi	53
4.2.2.4 Hat 2'de dinamik koşullarda 70° açıda yapılan şev analizi	55
4.2.2.5 Hat 2'de statik koşullarda 60° açıda yapılan şev analizi	57
4.2.2.6 Hat 2'de dinamik koşullarda 60° açıda yapılan şev analizi	58
4.2.2.7 Hat 2'de statik koşullarda 50° açıda yapılan şev analizi.....	60
4.2.2.8 Hat 2'de dinamik koşullarda 50° açıda yapılan şev analizi	61
4.2.2.9 Hat 2'de statik koşullarda 45° açıda yapılan şev analizi	63
4.2.2.10 Hat 2'de dinamik koşullarda 45° açıda yapılan şev analizi	64
SONUÇLAR.....	67

KAYNAKLAR	70
ÖZ GEÇMİŞ	75



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Sondaj kuyularına ait kot, koordinat, derinlik ve yeraltı suyu durumu	20
Çizelge 4.1. SK-1’de SPT verilerinden elde edilen taşıma gücü parametreleri	22
Çizelge 4 2. SK-1’de SPT verilerinden elde edilen oturma bileşenleri.....	23
Çizelge 4.3. SK-3’ de SPT verilerinden elde edilen taşıma gücü parametreleri	23
Çizelge 4 4. SK-3’de SPT verilerinden elde edilen oturma bileşenleri.....	24
Çizelge 4.5. SK-6’ de SPT verilerinden elde edilen taşıma gücü parametreleri	24
Çizelge 4 6. SK-6’de SPT verilerinden elde edilen oturma bileşenleri.....	25
Çizelge 4.7. SK-5 yüksek plastisiteli kil zeminde yapılan SPT korelasyonu	28
Çizelge 4.8. SK-5 kuyusu siltli kum zeminde yapılan SPT deneyinden tahmin edilen içsel sürtünme açıları	29
Çizelge 4.9. Arazi ve laboratuvar verilerinin karşılaştırılması	29
Çizelge 4.10. SK-5 yüksek kumlu zeminde yapılan SPT deneyinden tahmin edilen içsel sürtünme açıları	49
Çizelge 4.11. Arazi ve laboratuvar verilerinin karşılaştırılması	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.....	2
Şekil 2.1. Çalışma alanının jeoloji haritası.....	8
Şekil 2.2. İnceleme alanına ait stratigrafik dikme kesiti.	9
Şekil 3.1 Proje alanı ve sondaj lokasyonları	20
Şekil 4.1. Şev tasarımı yapılan hatların hali hazır üzerindeki yeri.....	26
Şekil 4.2. 5 nolu sondajın karot sandık görüntüsü	27
Şekil 4.3. SK-5'te gözlenen kaya kütlelerinin RockLab parametreleri	28
Şekil 4.4. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	30
Şekil 4.5. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	30
Şekil 4.6. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	31
Şekil 4.7. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	31
Şekil 4.8. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	32
Şekil 4.9. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	32
Şekil 4.10. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	33
Şekil 4.11. Basitleştirilmiş Bishop'a göre yapılan şev analizi	34
Şekil 4.12. Basitleştirilmiş Jambu'ya göre yapılan şev analizi	34
Şekil 4.13. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	35
Şekil 4.14. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	35
Şekil 4.15. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	36
Şekil 4.16. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	37
Şekil 4.17. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	37
Şekil 4.18. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	38
Şekil 4.19. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	38
Şekil 4.20. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	39
Şekil 4.21. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	39
Şekil 4.22. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	40
Şekil 4.23. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	41
Şekil 4.24. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	41
Şekil 4.25. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	42
Şekil 4.26. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	42

Şekil 4.27. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	43
Şekil 4.28. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	44
Şekil 4.29. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	44
Şekil 4.30. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	45
Şekil 4.31. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	45
Şekil 4.32. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	46
Şekil 4.33. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	46
Şekil 4.34. SK-2 nolu sondajın karot sandık görüntüsü	47
Şekil 4.35. SK-2’de gözlenen kaya kütlelerinin Rocklab programında belirlenen içsel sürtünme parametreleri	48
Şekil 4.36. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	50
Şekil 4.37. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	50
Şekil 4.38. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	51
Şekil 4.39. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	51
Şekil 4.40. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	52
Şekil 4.41. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	52
Şekil 4.42. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	53
Şekil 4.43. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	54
Şekil 4.44. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	54
Şekil 4.45. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	55
Şekil 4.46. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	55
Şekil 4.47. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	56
Şekil 4.48. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	57
Şekil 4.49. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	57
Şekil 4.50. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	58
Şekil 4.51. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	58
Şekil 4.52. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	59
Şekil 4.53. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	59
Şekil 4.54. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	60
Şekil 4.55. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	60
Şekil 4.56. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	61
Şekil 4.57. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	61
Şekil 4.58. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	62
Şekil 4.59. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	62

Şekil 4.60. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	63
Şekil 4.61. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	63
Şekil 4.62. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	64
Şekil 4.63. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi	64
Şekil 4.64. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi	65
Şekil 4.65. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi	65



SİMGE VE KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklama
SPT	Standart Pernatrasyon Testi
UD	Örselenmemiş Numune Alıcısı
Kpa	Kilo Pascal
Kn	Kilo Newton



BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

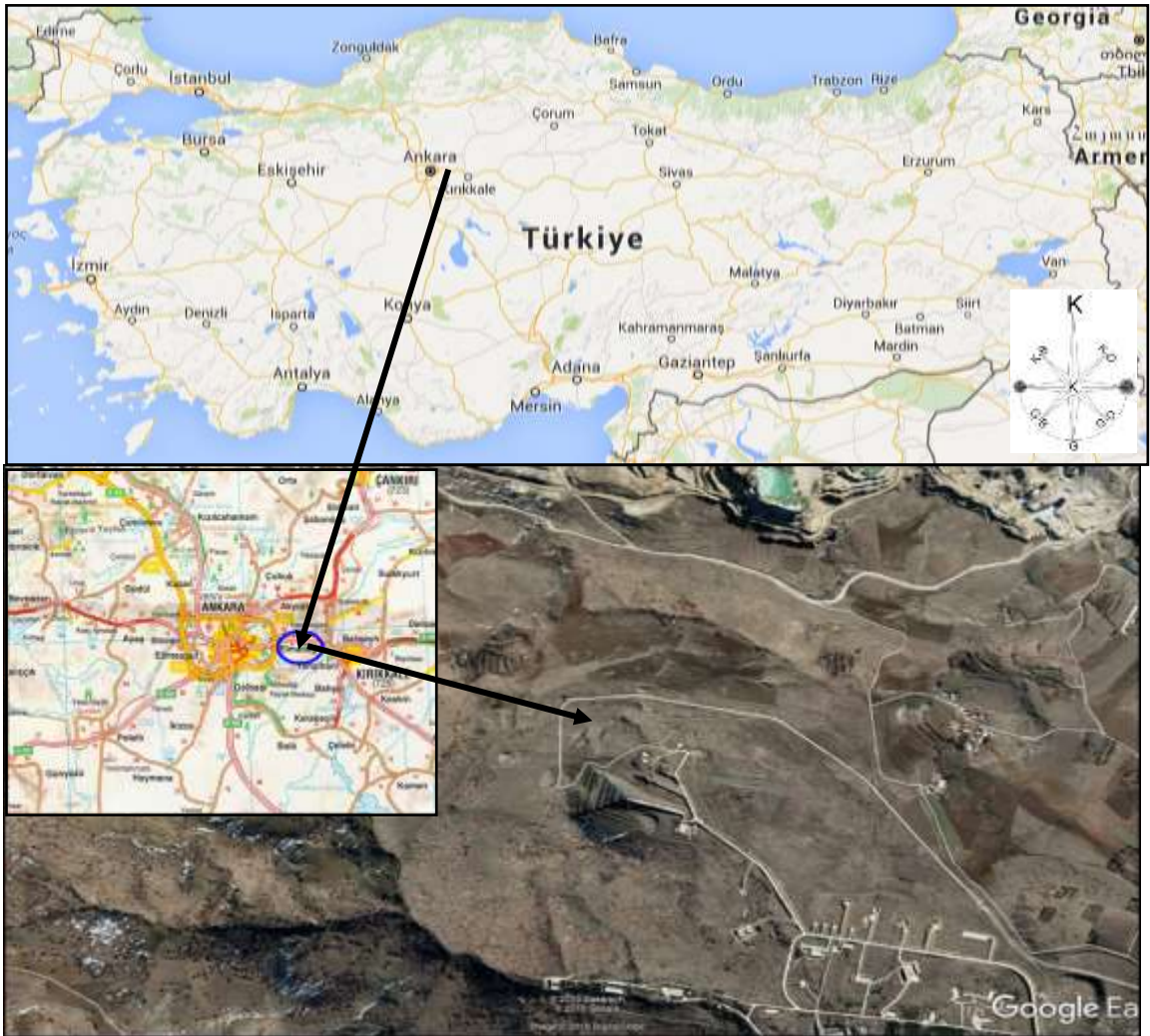
Bu çalışma Ankara İli, Elmadağ İlçesi sınırları içerisinde kalan Devlet Demiryollarına ait tren yolu hattı üzerinde bulunan T7 tünelinin açık yarmaya dönüştürülmesi kapsamında mevcut hattın ve yetkililer tarafından önerilen alternatif hattın zemin etütlerinin yapılması, belirlenen bu iki hattın açık yarmaya dönüştürülmesi durumunda güvenli şev açılarının hesaplanması ve en güvenli hattın belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Hazırlanan bu tez kapsamında mevcut hat (T7 tünelinin geçtiği hat) Hat 1 olarak tanımlanmış, mevcut hattın doğusunda yer alan alternatif hat ise 2. Hat olarak adlandırılmış, bu tez içerisinde ileriki bölümlerde Hat 1 ve Hat 2 olarak adlandırılmıştır. Bu kapsamda Nisan 2019'da arazi çalışması yapılmış, çalışma sahasında 6 farklı noktadan derinlikleri 20 ile 35 metre arasında değişen 6 noktada sondaj çalışması yapılmış, arazide farklı derinliklerde SPT deneyi yapılmış, birim aşırı kırıklı çatlaklı olmasından, bazı kuyularda masif kaya bloklarına rastlandığı için sağlıklı presiyometre ölçümleri alınamamıştır. Sondajlar wire-line takımıyla alınmış, zeminin bol kırıklı çatlaklı olmasından dolayı standart tek tüp numune alıcıyla karot alınamayacağı için, çift tüplü sistem kullanılmıştır. Laboratuvara getirilen numuneler üzerinde başta tek eksenli basınç deneyi olmak üzere kaya olarak nitelendirilen malzemelerden nokta yük ve yapılabilen nitelikli karotlar üzerinden üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Sondajlarda elde edilen zemin örnekleri üzerinde ise benzer şekilde temel fiziksel özelliklerin yanı sıra kesme kutusu ve yapılabilen noktalarda üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır.

Elde edilen arazi deney verileri ve laboratuvar deney verileri şev tasarım programında doğrudan kullanılmıştır. Bazı derinliklerde nitelikli örselenmemiş numune alınmadığı için arazide yapılan SPT deneyleri kullanılarak dolaylı içsel sürtünme parametreleri belirlenmiş ve analizlerde bu veriler kullanılmıştır. Sondaj verilerinden de görüleceği üzere zemin Elmadağ Karmaşık Melanjı (metakonglomera-metagrovak) birimine ait olduğu için oldukça heterojen bir birimdir. Şev tasarımlarında heterojen zeminlerde yamaç duraylılığını kontrol eden ana unsur zayıf zeminin kendisidir, dolayısıyla

analizlerde tasarım güvenliği açısından elde edilen verilerin en düşük değerleri dikkate alınmıştır. Elde edilen veriler iki farklı güzergah için farklı şev aırlarında hem statik koşullarda hem de dinamik koşullarda analiz edilmiştir. Nihayi duraylılık değerlendirmesi dinamik analiz sonuçlarına göre yapılmıştır.

1.2 Çalışma Alanının Yeri Ve Ulaşımı

Çalışma alanı Ankara İli, Elmadag İlçesi sınırları içerisinde Elmadag ilçesinin doğunda yer almakta olup yaklaşık 1.5 km²'lik bir alanı kapsamaktadır.



Şekil 1.1. Çalışmanın yer bulduru haritası

1.3 Coğrafi Konum ve Morfoloji

Denizden yüksekliği 1135 m olan ve oldukça arızalı bir topografyaya sahip olan ilçenin batısı kısmen düzlüktür. Her tarafından derin vadilerle yarılmış yaylalar üzerinde aşınmış tepeler ve sırtlar yer alır. Güney batısında 1862 m. yüksekliğe sahip Elmadağ, kuzeyinde ise 1995 m. yüksekliğinde kütle halinde İdris Dağı bulunur. İlçeyi boydan boya geçerek akan ve kuzeyde Kızılırmak ile birleşen Kargalı Deresi kar ve yağmur suları ile beslenen düzensiz bir rejime sahip bir akarsudur.

Yöre kışları soğuk ve sert geçen karasal iklimin etkisi altındadır. Yüksek ve dağlarla çevrili olması sebebiyle gece-gündüz ve yaz-kış sıcaklıkları arasında büyük farklılıklar görülür. Kar yağışları Kasım ayında başlayıp Nisan ayına kadar sürer. En fazla yağış Ocak ayında görülür. Sonbahar mevsiminin son aylarında sis vardır. Rüzgar her yönden esse de güneydoğu yönünden esen rüzgar daha etkilidir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü).

1.4 Önceki Çalışmalar

Chaput (1931), bölgede ilk defa 1/135.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmış, incelenen birimlerin jeomorfolojik özelliklerini açıklamıştır. Ankara ve civarında daha çok gözlemsel olmak üzere, jeolojik incelemelerde bulunmuştur.

Taylor (1937), yılında yayınlanmış olan “Stability of Earth Slopes” isimli kitabında, şev duraylılığı genel tanımlamalarını yapmıştır.

Skempton, (1948) yılında yapmış olduğu “The $\phi=0$ Analysis for Stability and Its Theoretical Basis” isimli çalışmasında, içsel sürtünme açısının şev duraylılık analizlerinde kullanımını açıklamıştır.

Bailey ve Callien (1950), Ankara ve çevresindeki ofiyolitlerin jeolojisi ve tektoniğini inceleyerek, ilk defa “Ankara melanji” ismini vermişlerdir.

Terzaghi (1950), yılında yapmış olduğu “Mechanisms of Landslides” isimli çalışmasında, zeminlerde şev kayması özellikleri ve türlerini açıklamıştır.

Erol (1954), Ankara ve çevresinde ilk detaylı jeoloji çalışmasını yapmış, Ankara’da yaklaşık 8500 km²’lik bir alanın 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır. Bölgede uzun süre detaylı olarak stratigrafik, tektonik ve jeomorfolojik çalışmalarda bulunmuştur.

Janbu (1954), yılında yapmış olduğu “Application of Composite Slide Circles for Stability Analysis” isimli ve günümüzde kendi adıyla anılan duraylılık analizlerinde Janbu yöntemini tariflemiştir.

Bishop (1955), yılında yaptığı “The Use of The Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slope” isimli çalışmasında, günümüzde halen en yaygın kullanım alanına sahip olan ve kendi adıyla anılan, dairesel şev stabilite analizinde Bishop yöntemini tariflemiştir.

Erguvanlı ilk kez (1969), yılında yayınlanmış ve günümüzde halen basılmakta olan, inşaat mühendisliğinde temel kaynak kitap olarak kullanılan, “Mühendislik Jeolojisi” isimli kitabında, inşaat mühendisliği çalışmalarıyla ilgili temel bilgilere değinmiş ve bu çalışmalarda değerlendirmede kullanılan tüm jeolojik bilgileri açıklamıştır.

Erol vd.(1980), Ankara ili yerleşim alanı arazi kullanım haritasını hazırlamışlar, jeolojik birimlerin farklı özelliklerini belirtmişlerdir. Yaptıkları haritada; jeoloji, mühendislik jeolojisi, hidroloji, jeomorfoloji, toprak, eğim ve yapı gereçleri olmak üzere alt bölümler halinde değerlendirmişlerdir.

Akyürek vd. (1984), Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisini inceleyerek, formasyonları ve bölgenin jeolojik evrimini açıklamışlardır.

Akyürek vd. (1988), 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Çankırı E16 paftasının jeoloji haritasını hazırlayarak, formasyonları tanımlamış ve açıklamışlardır.

Akyürek vd. (1988), 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Ankara F15 paftasının jeoloji haritasını hazırlayarak, formasyonları tanımlamış ve açıklamışlardır.

Erol (1991), Ankara yöresinin jeomorfolojik gelişimini incelemiş, Ankara ve çevresinde görülen yer şekilleri ile onların yaşıtı olan jeolojik formasyonları karşılaştırmıştır.

Koçyiğit (1991), Ankara ve çevresinde pilot arazilerde çalışma yaparak bindirme faylarını tespit etmiş, Pliyosen'den itibaren sıkışmalı tektonik rejimin varlığından bahsetmiştir.

Varol ve Gökten (1994), Ankara Jura sekansı içinde bulunan nodüllü, kırmızımsı marnlı kireçtaşlarının fasiyes özellikleri ile depolanma ortamlarını belirlemiştir.

Seyitoğlu vd. (1997), Ankara ve civarında arazi gözlemleri yaparak, Miyosen ve sonrasında genişlemeli bir tektonik rejimin hakim olduğunu belirlemişler ve sistemi normal fayların varlığı ile tespit etmişlerdir. Çankırı baseni KD'sundaki normal faylanmalara bağlı kaya heyelanlarını incelemişler ve batı kenarı normal faylı, doğu kenarı bindirmeli kama geometrilerini ortaya koyarak, bunların neotektonik kökenli olduklarını belirtmişlerdir. Çankırı baseninden Ankara Elmadağ'a kadar uzanan neotektonik kama ile ilgili bulgularını tartışmışlardır.

Glass (2000), yılında yapmış olduğu "The Influence of Seismic Events on Slope Stability" isimli çalışmasında, depremlerin şevlerin duraylılığına etkisini incelemiştir.

Duru ve Aksoy (2002), 1/100.000 ölçekli Bolu H29 paftasının jeoloji haritasını hazırlayarak, formasyonları tanımlamış ve açıklamışlardır.

Ulusay ve Sönmez (2002), yılında yayınlanmış olan "Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri" isimli kitaplarında, kaya kütleleri ve süreksizliklerle ilgili tüm temel kavramları açıklamışlar ve genel sınıflama yöntemlerine değinmişlerdir.

Kök (2003), yılında hazırlamış olduğu "Ankara-Pozantı Otoyolu'nun 322+550-323+100 km.'leri (Niğde) Arasındaki Kesiminin Şev Stabilitesi Değerlendirmesi" isimli yüksek lisans tez çalışmasında, belirli bir formasyonda, kaya kütlesi özellikleri ve jeolojik dayanım indeksi yardımıyla sınır denge analizi yapmıştır.

Andaç (2004), yılında hazırlamış olduğu “Ovacık (Silifke) Kuvarsit Açık İşletmesinin Stabilité Değerlendirmesi” isimli yüksek lisans tez çalışmasında, Ovacık kuvarsit işletmesi şevlerinin duraylılık analizini Bishop yöntemiyle gerçekleştirmiştir.

Wyllie ve Mah (2004), yılında yayımlanmış olan ve Hoek ve Bray’in “Rock Slope Stability” isimli kitabının devamı olan “Rock Slope Engineering: Civil and Mining” isimli kitaplarında, şev duraylılık analizlerinin içerdđi tüm temel tanımlamalara, yöntemlere ve temel kavramlara değinmişlerdir.

Arioğlu ve Tokgöz (2005), yılında yayımlanan “Çözümlü Problemlerle Şev Stabilité Analizi” isimli kitaplarında, özellikle zemin şevleriyle ilgili temel kavramları tanımlayarak, çözümlü örnekler üzerinde durmuşlardır.

Keskin (2005), yılında hazırlamış olduğu “Etude de la Stabilité des Talus et de la Fosse Finale et des Verses à Steriles de la Carrière de Quartzite d’OvacıkKargıcak (Turquie)” isimli projede, Ovacık-Kargıcak kuvars kumtaşı ocağında, bilgisayar destekli şev duraylılık analizlerine değinmiştir.

Karpuz ve Hindistan (2006), yılında yayımlanmış olan “Kaya Mekaniği İlkeleri, Uygulamaları” isimli kitaplarında, kaya mekaniği ile ilgili tüm temel kavramları açıklamışlardır.

Kayabalı (2006), yılında yayımlanmış olan “Kaya Şev Mühendisliği” isimli çeviri kitabında, şev duraylılık analizlerinin içerdđi tüm temel tanımlamalara, yöntemlere ve temel kavramlara değinmiştir.

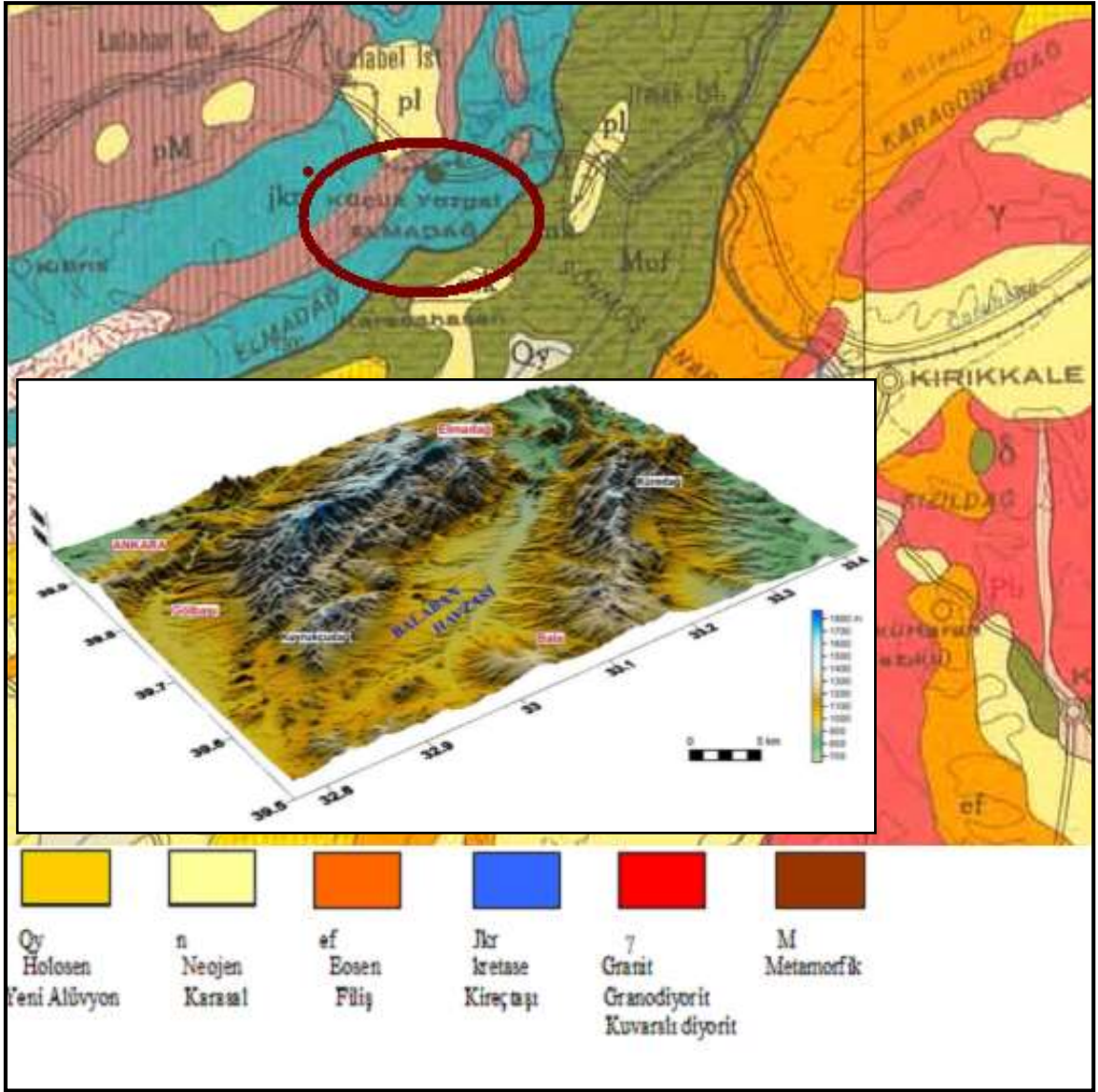
BÖLÜM II

BÖLGESEL JEOLJİ

2.1 Genel Jeoloji ve Stratigrafi

İnceleme alanı ve etrafında yaşıdan gence doğru aşağıda açıklanan formasyonlar üzerinde yer almaktadır (Şekil 2.2.). Bunlar;

- Emir formasyonu
- Elmadağ formasyonu
- İmrahor kireçtaşı üyesi
- Ortaköy formasyonu
- Keçikaya formasyonu
- Hasanoğlan formasyonu
- Akbayır formasyonu
- Hançili formasyonu
- Mamak formasyonu
- Tekke volkanitleri
- Bozdağ bazaltı
- Gölbaşı formasyonu
- Alüvyon-yamaç molozu



Şekil 2.1. Bölgenin 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası (MTA), üç boyutlu arazi modeli İleri (2007)

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR			
	RUWETENBERG		Alüvyon	Qa		Kum, çakıl			
SENOZOİK	TERSİYER	PLİYOSEN	Gölbashi Formasyonu	Tg		Diskordans Konglomera, kumtaşı, çakıltaşı			
			Bozdaş Bazalt	Tb		Diskordans Bazalt			
			Tekke Volkaniti	Tt		Diskordans Andezit, trakiandezit, tuf, aglomera			
		MİYOSEN	Mamak Formasyonu	Tma		Andezit, tuf, aglomera			
			Hançili Formasyonu	Th		kumtaşı, silttaşı, marn killi kç., tuf, jips, bitümlü şeyil			
			Akbayır Formasyonu	Ja		Diskordans Beyaz, krem ve kırmızı renkli çört bent ve yumrulu kireçtaşı			
		MESOZOİK	JURA	LİYAS	Hasanoğlan Formasyonu	Jh		Konglomera, kumtaşı silttaşı, kumlu kireçtaşı	
					Keçikaya Formasyonu	Trak		Diskordans Gri, beyaz renkli kireçtaşı	
			TRİYAS			Ortaköy Formasyonu	Trao		Spilit, diyabaz, tuf volkanit, aglomera
						İmrahor Formasyonu	Traoi		Volkaniklerle iliskili kireçtaşı
Elmadağ Formasyonu	Trael						Metakonglomera metakumtaşı, kumlu kçt. kumtaşı kireçtaşı		
Kireçtaşı Bloğu	PCkp						Kireçtaşı bloğu		
Kireçtaşı Bloğu	Pkb						Muskovit, kuvars şist, kalkışist, metavolkanit metakonglomera		
Emir Formasyonu	Trae						ÖLÇEKSİZ		

Şekil 2.2. İnceleme alanına ait stratigrafik dikme kesiti (Akyürek vd. 1988'den değiştirilerek alınmıştır.)

2.1.1 Emir Formasyonu

Bölgede otokton olarak izlenen en eski birimdir. İlk kez Akyürek vd. (1982), tarafından tanımlanmıştır. Çeşitli kırıntılı ve volkanik kayaların düşük dereceli metamorfizmaya uğramasıyla meydana gelen Emir Formasyonu, muskovitkuvarşist, serisit-kloritkuvarşist, serisit-klorit şist, fillit, kalkışist ve metavolkanitlerle temsil edilmektedir. Arazide, bol kırıntılı yapısıyla dikkati çeken birimin, ince taneli kesimlerinde kırıntılar

daha belirgindir. Hasanoğlan Kasabası'nın kuzeyindemercekler halinde metaultramafik kayalar içeren Emir Formasyonu'nun tabanıbölgede izlenemez. Üstte ise Orta-Üst Trias Elmadağ Formasyonu ile geçişlidir. Geçiş zonuna karşılık gelen kesimlerinde Alt Trias yaşlı *Meandrospira pusilla* (Ho), *Cyclogyra cf. Mahajeri* Brönniman et all, *Earlandia tintinniformis* (Misik), *Glomospirasp. fosiltleri* saptanmıştır(Akyürek vd. 1979a). Bu fosil topluluğuna ve üzerine gelen Elmadağ Formasyonu'nun yaşına dayanarak, Emir Formasyonu'nun yaşı Alt Trias olarak kabul edilmiştir.

2.1.2 Elmadağ Formasyonu

Birim bölgede güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanır. Elmadağ Formasyonu ilk kez Akyürek vd. (1982) tarafından kullanılmıştır. Elmadağ Formasyonu alttan üste doğru metamorfizması gittikçe azalan ve ilksel halini yer yer korumuş metaçakıltası, metakumtaşı, metasilttaşı, metaçamurtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, kireçtaşı ile volkarenit, aglomera, metavolkarenit ve metatüften oluşur. Elmadağ Formasyonu içinde değişik boyutlarda Karbonifer ve Permiyen yaşlı kireçtaşı ve kırıntılı bloklarına sıkça rastlanır. Karmaşık bir iç yapı gösteren Elmadağ Formasyonu altta Emir Formasyonu ile üstte ise Keçikaya Formasyonu ile geçişlidir. Birim yanal yönde metavolkarenit, metatüf, volkarenit, volkarenit ve aglomeradan oluşan Ortaköy Formasyonu ile girikdir. Elmadağ Formasyonu içinde kireçtaşı bantları bol fosillidir. Değişik lokalitlerde özellikle birimin alt düzeylerinde saptanan *Meandrospira dinarica* Kochansky-Devideand Pantic, *Glomospira densa* (Pantic), *Ammobaculites sp.*, *Trochammina sp.*, *Endothyranella sp.*, *Duostominidae?*, *Endothyra sp.*, fosiltleri ile Anisiyen yaşı belirlenmiştir. Üst düzeylerinde ise *Involutina gaschei*(Koehn-Zaninetti and Brönnimann). *Trochhammina almtalensis* Koehn-Zanninetti, *Glomospirella sp.*, *Involutina eomesozoica* Oberhauser, *Ophthalmidium sp.*, *Trocholina sp.*, *Ammobaculites sp.*, fosil topluluğuna göre Orta-Üst Trias yaşı saptanmıştır, halinde bulunan kireçtaşları bol fosillidir. Birimin değişik yerlerinde, özellikle alt seviyelerinde bulunan fosillere göre yaşı Orta-Üst Triyas olarak belirlenmiştir

2.1.3 İmrahor Kireçtaşı Üyesi

İmrahor kireçtaşı üyesi, Ortaköy Formasyonu'nun yayılım alanı içinde ayırtlanan bant şeklindeki kireçtaşlarından oluşur. İnce-orta tabakalanmalı, gri beyaz renkli, seyrek olarak da kırmızı renktedir. Volkanik kumtaşları ile geçişli olduğu yerlerde kumlu kireçtaşı özelliğindedir. Ayrıca İmrahor Üyesi, Ortaköy Formasyonu'nu oluşturan, spilit, diyabaz, tuf ve volkarenit ve aglomera arasındaki kireçtaşı ve Elmadağ Formasyonu'nu oluşturan kaya türlerinin arasındaki kireçtaşı batlarından oluşur. Aynı formasyonlar içinde ayırtlanamayan boyutlarda da yaygın olarak izlenir. İmrahor Üyesi altta ve üstte Ortaköy ve Elmadağ formasyonlarını oluşturan kaya türleri ile geçişlidir (Akyürek vd. 1982).

2.1.4 Ortaköy Formasyonu

Birim, Elmadağ Formasyonu'nun yayılımı içinde farklı kaya türü özellikleri ile ayırtlanmıştır. Ortaköy Formasyonu ilk kez Akyürek vd. (1982)'de kullanılmıştır. Ortaköy Formasyonu kısmen ilksel halini koruyan, kısmen de düşük dereceli metamorfizmaya uğramış spilitik bazalt, diyabaz gibi volkarenit ve aglomeralardan oluşur. Birim içerisinde sıkça izlenen Kireçtaşı bantları İmrahor Kireçtaşı Üyesi, daha az bulunan radyolaritler ise Radyolarit Üyesi olarak ayırtlanmıştır. Volkanik kayalarda ender de olsa yastık yapıların bulunduğu kısımlar bulunur. Ortaköy Formasyonu içinde Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları halinde görülür. Bazı yerlerde spilitler Üst Trias yaşlı kireçtaşlarını da sarmış olarak izlenir. Ortaköy Formasyonu, Elmadağ Formasyonu ve kısmen de Keçikaya Formasyonu'nun çökeli süresince bölgede etkin olan volkanizmanın ürünleri olup yanal olarak Elmadağ Formasyonu ve Keçikaya Formasyonu ile giriktir. Emir Formasyonu içinde ayırtlanamayan volkanitlerin varlığı, Ortaköy Formasyonu'nu oluşturan volkanitlerin Emir Formasyonu'nun çökeli anında da bölgeyi etkilediği ve çökeller arasına girdiği düşünülebilir. Birim üstte Keçikaya Formasyonu'nun üst düzeyleri ile örtülüdür.

2.1.5 Keçikaya Formasyonu

Bölgede, Elmadağ ve Ortaköy formasyonlarının yaygın olduğu kesimlerde izlenir. İlk kez Akyürek vd. (1982) tarafından Akbayır Formasyonu Gri, beyaz seyrek de olsa pembe renkli kireçtaşlarından oluşan birim, altta Elmadağ Formasyonu ve Ortaköy Formasyonu ile geçişlidir. Üstte ise Lias yaşlı Hasanoğlan Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Ortaköy Formasyonu'nu oluşturan volkanitler alt kesimlerde Keçikaya Formasyonu'na ait kireçtaşı parçalarını çökelim anında veya hemen sonra küçük parçalar halinde içine almıştır.

2.1.6 Hasanoğlan Formasyonu

İlk kez Akyürek vd. (1982)'de adlandırılan ve tanımlanan Hasanoğlan formasyonu bölgede küçük yüzlekler halinde genellikle Akbayır Formasyonu'nun altında izlenir. Altta kötü boylanmalı çakıлтаşı ile başlayan Hasanoğlan Formasyonu, üstte doğru kumtaşı, kumlu kireçtaşı ar dalanması olarak devam eder. Bu kaya türlerinin birbirleri içerisinde merceklenme ve kamalanmaları sıkça görülür. Birim içerisindeki çakıлтаşının elemanlarını granit, metakumtaşı, kuvars, metavolkanit, gnays, dasit ve trakit oluşturur. Hasanoğlan Formasyonu, Elmadağ Formasyonu üzerine taban çakıлтаşı ile uyumsuz olarak gelir. Üstte ise Dogger?-Malm yaşlı Akbayır Formasyonu'na kırmızı marn ve killi kireçtaşı ara katmanlı bir geçiş zoneuyla geçer.

2.1.7 Akbayır Formasyonu

Genel olarak, ince-orta tabakalı, çörtlü, hemipelajik biyomtritik kireçtaşları ile temsil edilen birim, ilk kez Akyürek vd. (1980) tarafından Akbayır Formasyonu adı altında incelenmiştir. Akbayır Formasyonu silis bant ve yumrulu, killi kireçtaşı ve kireçtaşından oluşur. Altta Hasanoğlan Formasyonu ile geçişli olan Akbayır Formasyonu, bazen Hasanoğlan Formasyonu olmaksızın doğrudan Elmadağ Formasyonu üzerine ince kırıntılı kireçtaşı düzeyleri ile gelir.

2.1.8 Haççili Formasyonu

Haççili Formasyonu ilk kez Akyürek vd. (1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim killi Kireçtaşı, Marn, Silttaşı, Kumtaşı, Konglamera ve Tüfit ardalanmasından oluşmaktadır ve yer yer Jips, bitümlüşeyl içerir. Bu ardalanmada yerel olarak bazı kaya türleri egemen duruma geçmektedir. Ayrıca birim içinde andezit siltleri gözlenmiştir. Killi Kireçtaşı ve marn beyaz, sarımsı beyaz renkte, orta tutturulmuş ince orta tabakalı olup silttaşı-kumtaşı ile ardalanmalıdır. Silttaşları gri renkli, az tutturulmuş, ince tabakalı ve laminalıdır. Konglamera ve kumtaşları sarımsı, boz renkli, az tutturulmuş ve tabakalanması belirsizdir. Haççili Formasyonu altta ve yanalda Kumartaş Formasyonu ile yanalda ise Mamak Formasyonu ile giriktir. Üstte ise Mamak ve Gölbaşı Formasyonları tarafından örtülür. Haççili Formasyonu, kenarlarında alüvyon yelpazelerinin (Kumtaşı Formasyonu) geliştiği karasal bir havzadaki ırnak ve gölde çökelmifitir. Göl ortamı, akarsu ortamına göre daha egemen olmuş giderek tümüyle göl karakterine geçmiştir. Gölde çökelim devam ederken bölgedeki etkinliği sürdüren volkanizmanın ürünlerinden Tüfitler çökeline katılmış, Andezitler ise siltler halinde çökellerin arasına girmiştir.

2.1.9 Mamak Formasyonu

Volkanizmanın yaygın olduğu kesimlerde ayırtlanmıştır. Mamak Formasyonu, Aglomera, Tüf ve Andezit, Bazalt bileşimli lavlardan oluşur. Aglomeralar beyaz, kırmızı renkli, tüf ile tutturulmuş değişik boyutlarda Andezit, Dasit, Bazalt çakıllarından oluşur. Bazı kesimlerde belirgin tabakalanma gözlenir. Aglomeralar arasında izlenen tüfler, değişik renklerde ve ince tabakalanmalıdır. Andezitler ise aglomeralar içinde siltler halinde izlenir. Mamak Formasyonu Kumtaşı Formasyonu ile geçişlidir. Yanal olarak Tekke volkanitleri ve Haççili Formasyonu ile giriktir. Üstte ise Bozdağ bazaltı tarafından örtülür. Mamak Formasyonu, girik olduğu birimlerde aynı yaşta, Üst Miyosen yaşlı olarak kabul edilmiştir. Mamak Formasyonu volkanizma merkezlerine yakın göllerde oluşmuş, volkaniklerin de zaman zaman etkin olduğu volkanosedimanter çökellerdir. Mamak Formasyonu, aglomera-andezit birimi algın vd. (1973), Eregez aglomerası Akyürek vd. (1980) ile eşdeğerdir.

2.1.10 Tekke Volkanitleri

Akyürek vd. (1984) tarafından adlandırılmıştır. Birim; Andezit, Trakiandezit, Bazalt daha az Tüf, Aglomera ve Dasitten oluşur. Andezitler, kırmızı, pembe, boz ve siyah renklidir. Andezitlerde akma izleri sıkça gözlenir. Tüfler; gri ve beyaz renklerde, çok ince taneli olup çoğunlukla andezit ve agromeralar arasında düzeyler halinde görülür ve andezit parçaları içerir. Tekke volkaniti, çoğunlukla Mamak Formasyonu ile giriktir. Kumartaş ve Hançili Formasyonları içinde siltler halinde de görülür. Tekke volkanitleri, yanal devamlılıklarında andezit ve bazalt gibi değişik mineralojik bileşimlerin geçişlerini göstermektedir. Tekke volkanitleri, girik veya içinde siltler halinde bulunduğu formasyonlarla eş yaşıdır. Değişik evrelerde oluşmuş bulunan birim üst miyosen yaşlı olarak kabul edilmiştir.

Birim, bölgede Miyosen zaman aralığında karasal koşulların sürdüğü sırada oluşan volkanizmanın ürünüdür. Bu volkanizmanın tüf ve lavları göl ve akarsularda çökmesini sürdüren kaya türlerinin içine siltler halinde sokulmuştur. Tekke volkanitinin alt düzeylerinde izlenen bazaltlar kaya türü özelliği gözetilerek ayırtlanmıştır. Bazalt; siyah koyu kahverengi, gaz boşluklu olup, akma yapısı göstermektedir.

2.1.11 Bozdağ Bazaltı

Birim ilk kez Akyürek vd. (1984) tarafından adlandırılmıştır. Elmadağ sırtı boyunca geniş yüzlekleri gözlenir. Bozdağ bazaltı; koyu siyah, sert, masif ve sarımsı ayrışma renklidir. Bol gaz boşluklu ve boşlukları kalsit ile doludur. Bazaltlarda yer yer akma yapıları ve altıgen soğuma eklemleri ile çok az da olsa andezit, bazaltik tüf, aglomera gözlenir. Bozdağ bazaltı, çoğunlukla Miyosen yaşlı volkanitler, tortullar ve volkanotortul kayaçlar üzerinde izlenir. Üst Miyosen yaşlı çökellerin de üzerinde olması nedeniyle birimin yaşı Pliyosen olarak kabul edilmiştir. Bozdağ bazaltı, bölgede etkin olan volkanitlere bağlı olarak gelişen en son volkanik ürünlerdir. Miyosen zaman aralığında bölgede etkin olan volkanitlere bağlı olarak gelişen en son volkanik ürünlerdir. Miyosen zaman aralığında bölgede etkin olan andezitik volkanizma, Pliyosen'de bazik karakterde devam etmiştir.

2.1.12 Gölbaşı Formasyonu

İlk kez Akyürek vd. (1984) tarafından adlandırılan birim, gri, boz, kırmızı renkli, tutturulmamış veya az tutturulmuş değişik boyda, farklı kökenli konglomera, kumtaşı çamurtaşından oluşur. Çoğunlukla tabakalanmasız olup bazı yerlerde yatay tabakalıdır. Kumtaşları ve çamurtaşları arasında moloz akması süreçleriyle oluşmuş konglomeralar yaygındır. Kumtaşı ve konglomeranın tane ve çakıllarını kuvarsit, bazalt, çeşitli kireçtaşları, diyabaz, metamorfik kayaç parçaları, radyolarit, serpantinit, gabro oluşturur. Çimento, kalsit ve kilden oluşmaktadır. Gölbaşı Formasyonu çoğunlukla ayrılmış olarak izlenir. Gölbaşı Formasyonu, Bozdağ bazaltı ve daha eski birimler üzerine uyumsuz olarak gelir. Üst sınırı ise izlenemez. Yanal devamlılığında Gölbaşı Formasyonunu oluşturan kaya türlerinde değişimler izlenir.

2.1.13 Alüvyon-Yamaç Molozu

Ankara ve dolayında alüvyon, küçük dere vadilerinde, Ankara Çayı vadisinde çökelmiş, fazla kalınlık göstermeyen genç çökellerdir. Daha çok kumlu killi silt bileşiminde izlenirlerse de, Dikmen Vadisi gibi, eğimli bir vadiye sahip olan mini akarsular, daha iri taneli malzeme biriktirmişlerdir. Yamaç Molozu, hemen hemen tüm eğimli morfolojik yapılarda izlenir. Kalınlığı 0,5–10 m arasında değişir. Kil-Silt boyutundan 2–3 m`lik bloklara kadar çok değişik boyutlarda malzeme içerir. Genellikle yakın çevrede yer alan kaya birimlerinden kopan iri taneli malzeme ile bunların ayrışma ürünlerinin birlikte, çoğunlukla gravite, yer yer de sel sularının etkisi ile yamaç eteklerinde birikerek belirli bir kalınlığa erişmişlerdir (Akyürek vd., 1997; Gümüş, 2016)

2.2 İnceleme Alanı Jeolojisi

İnceleme alanında 0,30 m'ye kadar bitkisel toprak, 7,50 m'ye kadar az çakıllı kumlu kilden oluşan Alüvyon ve daha derinlerde ise Altere Grovak ve Grovak birimleri yer almaktadır.

2.3 Yapısal Jeoloji, Tektonik ve Jeolojik Tarihçe

2.3.1 Kıvrımlar

Kırıkkale il sınırları içerisinde jeolojik dağ oluşumları (Alpin Orojenezi'nin Anadolu Fazı), (Şengör ve Yılmaz, 1981) esnasında antiklinaller ve senklinaller oluşmuştur. Bu kıvrımlar Hodar (Çamlıca) Köyü'nün güneyinden başlayarak Organize Sanayi Bölgesi, üniversite yerleşim alanından Hacıballı Köyü'ne doğru uzanır. Bu kıvrımlı yapılar güneybatı-kuzeydoğu istikametinde Eosen filişlerinin kıvrımlı yapılarıdır (Akıncı vd., 2008).

2.3.2 Bindirmeler

Kırıkkale ilinin batı kesiminde Kılıçlar Beldesi, Irmak Beldesi'nin bulunduğu alanlarda jeolojik olarak ofiyolitli birimler izlenmektedir. Bu birim kendinden daha genç bir birim olan Eosen yaşlı filişler üzerine bindirme şeklinde geldiği açık şekilde izlenmektedir. Bindirme fayı da denilen bu yapı Bedesten Köyü'nden başlayarak Kılıçlar Beldesi Hacıballı, Keçili Köyü'nün batısından geçerek Ortaköy ve Kuru Köyü'ne kadar güneybatı-kuzeydoğu istikametinde uzanır. Bu yapı tektonik bir fay olmayıp, stratigrafik bir oluşumdur (Akıncı vd., 2008).

Keskin ilçesi'nde bulunan yaşlı birimlerden olan metamorfik, kireçtaşı, dolomit ve mermerlerin daha genç birimler üzerine bindirme şeklinde gelmektedir. Bunlar tektonik pencere şeklindedir. Ayrıca bu birim içerisinde asidik magmanın yükselmesi ile ters faylanma meydana gelmiştir. Aynı şekilde Gülkonak (Maşat) Köyü yerleşim alanında tektonik pencere ve ters faylanma gözlenmektedir (Öztürk vd., 1983).

2.3.3 Faylar Ve Depremsellik

Kırıkkale ili merkezine yakın olan faylanmalar Delice ilçesinde izlenir. Bu fay Ezinepazarı Fayı(1) olup, Çorum-Sungurlu istikametinden gelerek Çerikli Beldesi'nden Delice Irmağı ve örtü birimlerinin altından geçerek Herekli ve Mehmetbeyobası Köyü'ne kadar uzanır. Bu faylanmaya bağlı yan bir fay da Delice ilçesi güneyinde

izlenmektedir. Yine Çorum istikametindeki faylanmaya paralel olarak gelişmiş ve Tatlıca Köyü'nden itibaren Tavaözü, Halitli, Çamurabatmaz, Karafakılı köylerine kadar uzanan ve diğer kolu da Göçbeyli, Olunlu köylerinde bir faylanma görülmektedir. Bu faylanmalardan ana fay ve Kılıçözü'ndeki faylanma sağ yönlü doğrultu atımlı olarak gelişmiştir. Delice'nin güneyindeki faylanma ise sol yönlü doğrultu atımlı olarak izlenmektedir.

Sungurlu'dan itibaren gelişen faylanma doğu istikametinde gelişerek Erbaa yakınlarında Kuzey Anadolu Fayı'na birleşir. Bu faylanma Kuzey Anadolu Fayı'nın Anadolu içerisine doğru bir uzanımıdır.

Ülkemiz, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Orta Anadolu Ova Bölgesi ve Ege graben Sistemi olarak deprem üreten 4 ana tektonik bölgeye ayrılmaktadır.

Kırıkkale ili, Orta Anadolu ova bölgesi olarak tanımlanan tektonik bölgede yer almaktadır. Kırıkkale ilini tehdit eden başlıca fay sistemleri;

Kırıkkale – Erbaa Fayı

Kırşehir – Keskin Fayı

Tuz Gölü Fayı

Niksar yakınlarında Kuzey Anadolu Fayı'ndan ayrılarak Güneybatıya doğru Amasya, Çorum illerini izleyerek Kırıkkale'ye gelen yaklaşık 300 km uzunluğunda bir fay olan Kırıkkale – Erbaa Fayı (Şengör vd. 1985) üzerinde meydana gelen yıkıcı bir deprem bilinmemektedir. Bu fay üzerinde zaman zaman hafif şiddette depremler olmaktadır. Delice sınırında, Kırıkkale Fayı ucunda 7 Şubat 2000 tarihinde meydana 3,8 ve 3,9 magnitudündeki depremler en güncel depremlerdir(URL – 1, 2000).

Kırşehir – Keskin Fayı üzerinde 19 Nisan 1938 tarihinde 6,6 magnitudünde (URL – 1, 2000) meydana gelen deprem afetinde 149 kişi hayatını kaybetmiş, 3860 konut ağır derecede hasar görmüştür.

Tuz gölü Fayı, Köşker ile Bor arasında yaklaşık 200 km uzunlukta yer alan bir fay sistemidir (Görür vd.1984). Uzun süredir sessiz olan bu fay üzerinde yıkıcı bir deprem olması halinde Kırıkkale ili etkilenebilecektir.

2.4 Hidrojeoloji

- **Yerüstü Suları:** İnceleme alanında en önemli yüzey suyu Kargalı Deresi'dir.
- **Yeraltı Suyu:** Proje kapsamında açılan sondaj kuyularında herhangi bir yeraltı suyuna rastlanmamıştır.



BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

3.1 Saha Çalışmaları ve Zemin Profili

Projenin yapılacağı alan içerisindeki zemin birimlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, zemin profilinin ortaya konması ve yeraltı suyunun varlığının tespiti için 6 adet, 20 ile 35 m arasında değişen farklı derinliklerde toplam 150 m wire-line sistemde karotlu sondaj çalışması yapılmıştır.

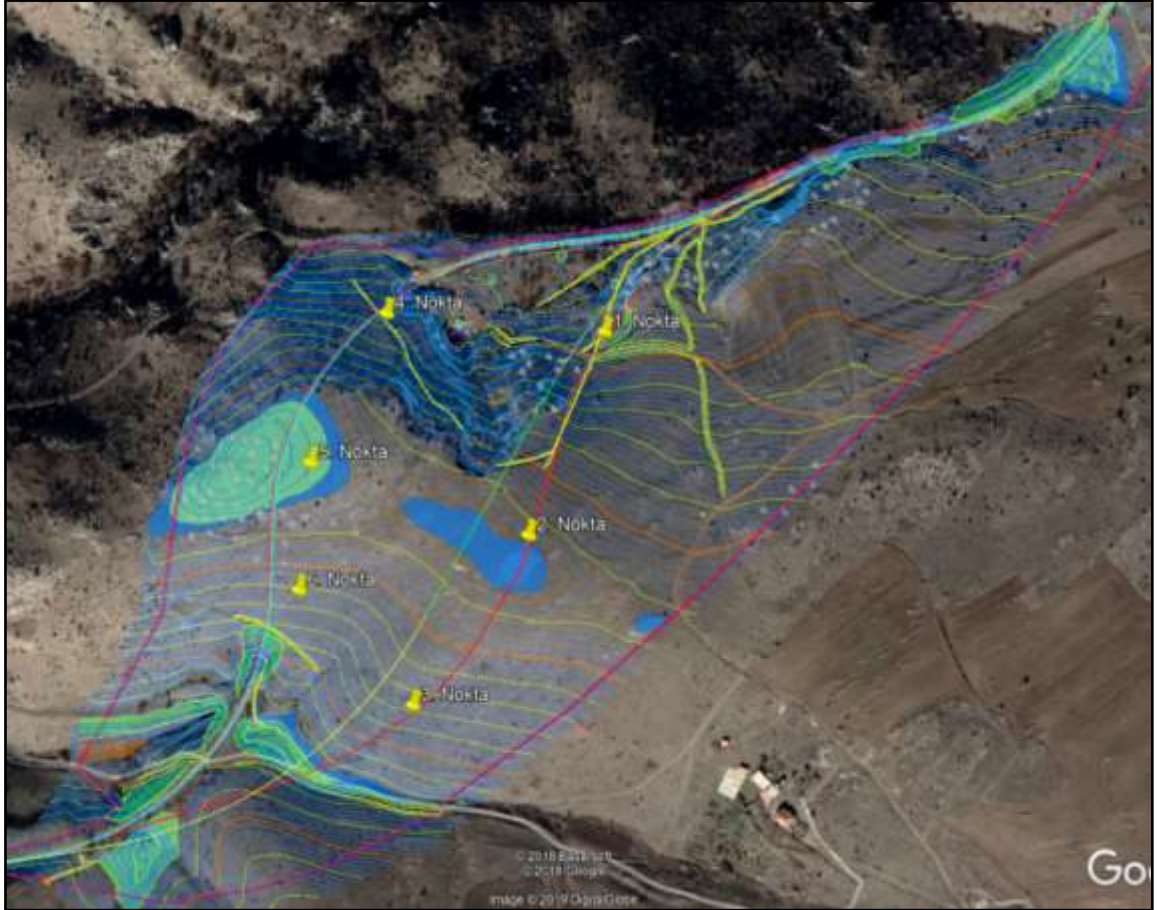
3.2 Zemin Sondajı Çalışması

Hiçbir sondaj kuyusunda auger ile ilerleme yapılmamış wire-line takımı ile tam bot karot alınmıştır. İlerleme esnasında toprak zemine rastlandığında S.P.T. (Standart Penetrasyon Test) deneyi yapılmış, örselenmiş (SPT) ve örselenmemiş (UD) örnekler alınmış ve yeraltı suyu durumu işlenmiştir. Bu kapsamda tüm kuyulardan tam bot karot alınmıştır. Açılan kuyularda presiyometre deneyi yapılmış ancak zemin aşırı derecede kırıklı çatlaklı ve heterojen olmasından dolayı genişleme yapmış, presiyometre probu tam edersan sağlamamıştır. Dolayısıyla kuyulardan sağlıklı presiyometre deney verisi elde edilememiştir.

Hazırlanan karot sandıklarına bakıldığında zeminin oldukça heterojen olduğu üstte yaklaşık 15-20 metreler arasında ayrılmış grovak kayasının olduğu onun altında yer yer bloklu çakıllı siltli kum ve az siltli yüksek plastisiteli kil biriminin olduğu, karot veriminin oldukça düşük olduğu, karot alama işlemi sırasında sağlam kaya blokları arasındaki zayıf zeminin yıkanarak tüp içerisine dolmadığı görülmüştür. Sadece 4 nolu sondaj kuyusunda (mevcut tünelin doğuya bakan çıkışı) diğer sondaj verilerinden farklı olarak oldukça yüksek karot verimine sahip kireçtaşı birimin kestigi, yer yer ofiyolitik melanj ürünü birimlere rastlanmıştır. Yapılan hiçbir kuyuda yeraltı suyuna ratlanmamıştır. Sondaj kuyularına ait kot, koordinat, derinlik ve yeraltı suyu durumu Çizelge 3.1’de ve sondaj lokasyonları Şekil 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sondaj kuyularına ait kot, koordinat, derinlik ve yeraltı suyu durumu tablosu

Lokasyon No	X Koordinatı	Y Koordinatı	Z Koordinatı (Kot) (m)	Derinlik (m)	YASS (m)
SK – 1	523328.195	4420550.768	1041	20	Yok
SK – 2	523352.733	4420369.386	1082	35	Yok
SK – 3	523337.483	4420195.354	1057	20	Yok
SK – 4	523158.085	4420470.832	1054	20	Yok
SK – 5	523165.487	4420329.858	1085	32	Yok
SK – 6	523204.924	4420233.797	1066	32	Yok



Şekil 3.1. Proje Alanı ve Sondaj Lokasyonları

3.3 Laboratuvar alışmaları

Sondajlardan alınan SPT (örselenmiş numune) ve tam boy alınan karot örneklerinden 41 adet numune üzerinde temel indeks özellikleri, 35 adet numune üzerinde elek analizi, 26 adet numune üzerinde tek eksenli basınç deneyi, 6 adet numune üzerinde üç eksenli basınç deneyi, 6 adet numune üzerinde kesme kutusu deneyi ve 5 adet numune üzerinde ise kanalı kesme deneyi yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçları sondaj değerlendirme loğlarında sunulmuştur. Alınan karot örneklerinde kaya birimleri üzerinde kaya mekaniği deneyleri, zemin birimleri üzerinde ise zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır.



BÖLÜM IV

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Tasarıma yönelik hesaplama ve değerlendirmeler

4.1.1 Zeminin emniyetli taşıma gücü hesapları

Proje demiryolu hattı olduğu için herhangi bir temel kazısı olmayacak hat traversleri zemin üzerine doğrudan oturtulacak ve üzerine balast kaplaması yapılacaktır. Dolayısıyla elimizde herhangi bir temel verisi (temel genişliği, temel derinliği vs) olmadığı için taşıma gücü ve diğer bileşenleri nümerik olarak SPT verilerinden elde edilmiştir. Sondaj verilerine bakıldığında kazı taban kotundaki SPT verileri dikkate alınmıştır. Buna göre SK-1, SK-3 ve SK 6 kuyularındaki en düşük SPT N_{30} değerleri kullanılmış sonuçlar aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Çizelge 4.1. SK-1 'de SPT verilerinden elde edilen taşıma gücü parametreleri

Bearing capacity of sand (kPa)			
Soil Type	Reference	N_{60}	$N_{1,60}$
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) ^{1,3}	q_{ult} 1201.93	
		q_{allow} 400.64	
	Terzaghi (1943) ^{1,3}		q_{ult} 1225.95
			q_{allow} 408.65
	Eurocode (2005) ¹		
		Design Approach 1	817.30
		Design Approach 2	441.06
	Burland & Burbridge (1984) ²		
		Inducing mean-sigma stress	329.75
		Inducing mean stress	608.40
		Inducing mean+sigma stress	1122.50

Çizelge 4.2. SK-1 'de SPT verilerinden elde edilen oturma bileşenleri

Settlements in sand (cm)			
Soil Type	Reference	N _{SPT}	N ₆₀
Sand	Bazaraa (1967)	4.23	5.29
	Duncan & Buchignani (1976)	2.64	3.35
	Parry (1977)	1.45	1.81
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	1.50	2.05
	2. O.C. sands **	0.50	0.68
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	1.58	2.16
	2. O.C. sands **	0.53	0.72

Bu hesaplamalara göre zeminin taşıma gücü 329 kPa olarak, maksimum oturma miktarı da 5.29 cm olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3. SK-3' de SPT verilerinden elde edilen taşıma gücü parametreleri

Bearing capacity of sand (kPa)			
Soil Type	Reference	N ₆₀	N _{1,60}
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) ^{1,3}	q _{ult}	620.35
		q _{allow}	206.78
	Terzaghi (1943) ^{1,3}	q _{ult}	582.73
		q _{allow}	194.24
	Eurocode (2005) ¹	Design Approach 1	388.49
		Design Approach 2	229.13
		Burland & Burbridge (1984) ²	
	Inducing mean-sigma stress	130.63	
	Inducing mean stress	241.02	
	Inducing mean+sigma stress	444.68	

Çizelge 4.4. SK-3' de SPT verilerinden elde edilen oturma bileşenleri

Settlements in sand (cm)			
Soil Type	Reference	N_{SPT}	N_{60}
Sand	Bazaraa (1967)	8.19	10.24
	Duncan & Buchignani (1976)	5.38	6.90
	Parry (1977)	2.81	3.52
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	3.78	5.17
	2. O.C. sands **	1.26	1.72
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	3.99	5.46
	2. O.C. sands **	1.33	1.82

Bu hesaplamalara göre zeminin taşıma gücü 130 kPa olarak, maksimum oturma miktarı da 10.24 cm olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. SK-6' de SPT verilerinden elde edilen taşıma gücü parametreleri

Bearing capacity of sand (kPa)				
Soil Type	Reference	N_{60}	$N_{1,60}$	
Cohesionless soils	Meyerhof (1956) ^{1,3}	q_{ult} 775.44		
		q_{allow} 258.48		
	Terzaghi (1943) ^{1,3}		q_{ult} 726.16	
			q_{allow} 242.05	
	Eurocode (2005) ¹	Design Approach 1		484.10
		Design Approach 2		278.31
		Burland & Burbridge (1984) ²		
		Inducing mean-sigma stress		178.53
		Inducing mean stress		329.40
		Inducing mean+sigma stress		607.75

Çizelge 4.6. SK-6' de SPT verilerinden elde edilen oturma bileşenleri

Settlements in sand (cm)			
Soil Type	Reference	N _{SPT}	N ₆₀
Sand	Bazaraa (1967)	6.56	8.19
	Duncan & Buchignani (1976)	4.22	5.38
	Parry (1977)	2.25	2.81
	Burland & Burdridge (1985)		
	1. N.C. sands *	2.77	3.78
	2. O.C. sands **	0.92	1.26
	Terzaghi et al. (1996)		
	1. N.C. sands *	2.92	3.99
	2. O.C. sands **	0.97	1.33

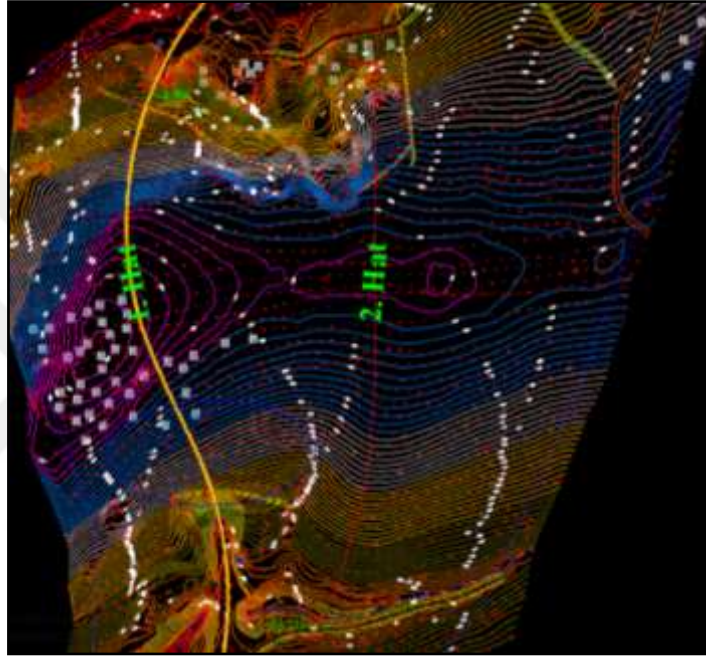
Bu hesaplamalara göre zeminin taşıma gücü 178 kPa olarak, maksimum oturma miktarıda 8.19 cm olarak belirlenmiştir.

Tüm kuyular birlikte değerlendirildiğinde bu proje için tasarımda kullanılacak emniyetli taşıma gücü tüm kuyular içerisinde en düşük olan 130 kPa (13.25 ton/m²) olarak, maksimum oturma miktarı ise 10.24 cm olarak alınması önerilmiştir. Projede servis yükü 500 kPa (50 ton/m²) olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla zeminle ilgili tüm tasarımlarda bu değerler kullanılmalıdır.

4.2. Hat Değerlendirilmesi

Bu kapsamda; mevcut güzergah üzerinden 3 adet farklı derinliklerde sondaj yapılmış elde edilen sondaj verileri kullanılarak yapılması planlanan sandık tipi açık yarmanın güvenli şev açısının tespiti yapılmıştır. Karot verilerinden de anlaşılacağı üzere hat tipik Elmadağ Formasyonu olarak bilinen altta yer yer kil bantları içeren ayrılmış grovak üstte ise farklı kalınlıklarda mercek şeklinde kireçtaşından oluşan heterojen bir istiften oluşmaktadır. Heterojen birimler düzenli tabakalardan oluşmadığı için şev tasarımlarında girdi parametresi olarak en düşük zemin karakterinin kullanılması şev güvenliği açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu hat boyunca da sondaj verilerinden elde edilen en düşük zemin parametreleri kullanılmıştır. Birimlerin içsel sürtünme parametreleri hem doğrudan sondaj verilerinden elde edilmiş hem de dolaylı olarak birtakım nümerik değerlendirmelerle karşılaştırılmıştır. Çalışma alanı içerisinde

idare tarafından birbirine alternatif iki hat belirlenmiştir. Bu proje kapsamında mevcut tren yolu güzergâhı Hat 1 olarak diğer güzergah ise Hat 2 olarak kabul edilmiş şev tasarımları bu hatlara göre yapılmıştır. Hat 1 üzerinde en derin kazının yapılacağı nokta ile kazı taban kotu arasında yaklaşık 60 metrelik bir kot farkı bulunmaktadır. Analizlerde yüzey topoğrafyası hat üzerinde aynı olmadığı için yarmaların en yüksek kotları dikkate alınarak şev tasarımı yapılmıştır. Aşağıdaki şekilde analizi yapılan hatlar görülmektedir.



Şekil 4.1. Şev tasarımı yapılan hatların hali hazır üzerindeki yerleri

4.2.1. Mevcut Tünelin Geçtiği Hat – Hat 1

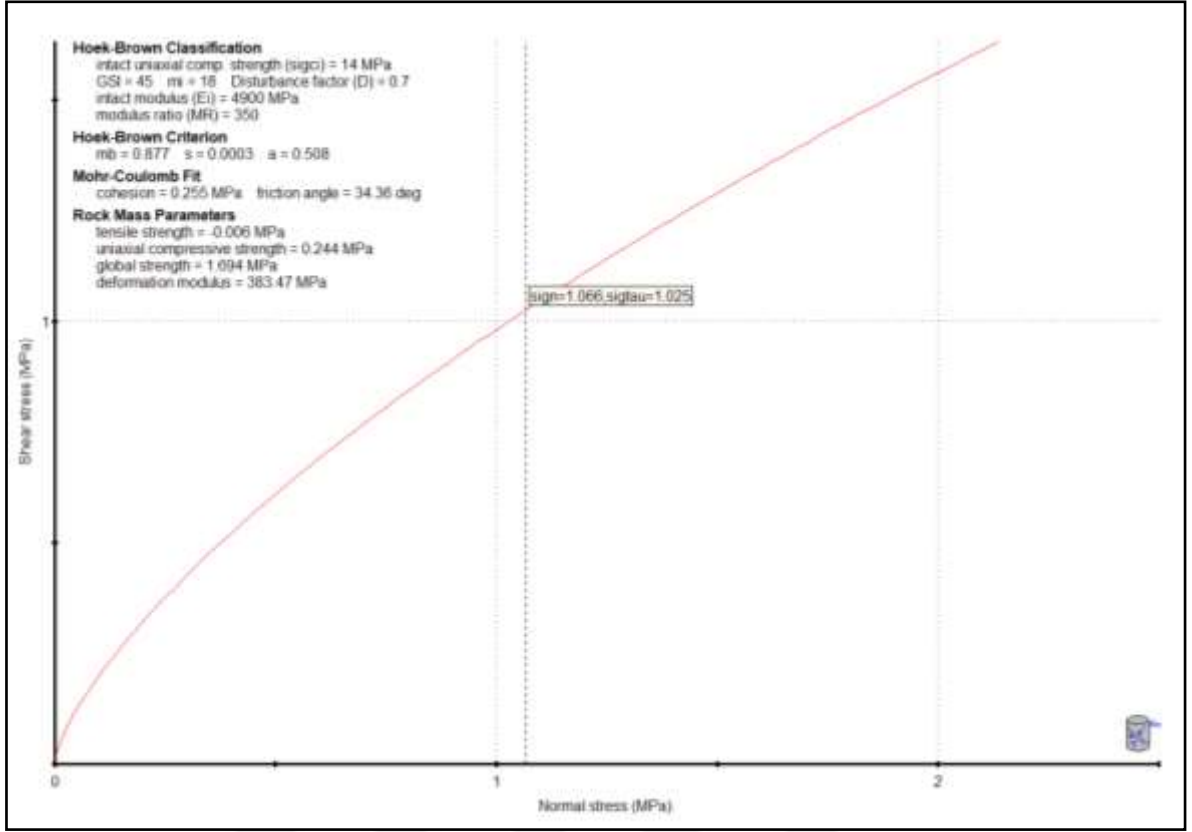
Bu hat 4, 5 ve 6 nolu sondaj kuyusunun bulunduğu bölgeye isabet etmektedir, analizler en yüksek kota sahip SK-5 kuyu baz alınarak yapılmıştır. Sondaj ve laboratuvar verilerine bakıldığında üstten itibaren yaklaşık 19 metrelik kısmın aşırı derecede ayrışmış grovak birimi olduğu 19-21 metreler arasında yüksek plastisiteli kil bandının geçildiği onun altında yaklaşık 7 metrelik bir ayrışmış grovağın olduğu ve en altta ise sırasıyla yüksek plastisiteli kil ve silt aralanmasının olduğu görülmüştür. Analizlerde kullanılan arazi deney sonuçları ve laboratuvar deney sonuçları aşağıdaki tabloda

sunulmuş olup şev güvenliği açısından en düşük değerler kullanılmıştır. Analizler 5 farklı şev açısı için yapılmış olup sonuçlar aşağıda sunulmuştur. Girdi parametreleri olarak hem arazi verilerinden elde edilen değerler hem de doğrudan laboratuvarında yapılan deney sonuçları kullanılmıştır. Kaya kütlelerine ait birimlerin içsel sürtünme değerlerinin elde edilmesinde RockLab programı toprak zemin olarak değerlendirilen birimlerin içsel sürtünme parametreleri ise SPTCor programından elde edilmiştir. Güvenli tarafta kalmak için analizlerde düşük değerler dikkate alınmıştır.



Şekil 4.2. SK 5 nolu sondajın karot sandık görüntüsü

Buna göre; Ayrışmış grovak kaya kütlelerinin içsel sürtünme değerleri ise Mohr - Clomb hipotezine göre RocLab programında hesaplanmış olup Kohezyon 255 kPa, içsel sürtünme açısı ise 34.36° olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3. SK-5'te gözlenen kaya kütesinin RockLab programında belirlenen içsel sürtünme parametreleri

Çizelge 4.7. SK-5 yüksek plastisiteli kil zeminde yapılan SPT korelasyonu

Friction angle for cohesionless soils (°)				
Soil Type	Reference	N _{SPT}	N ₆₀	N _{1,60}
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	34.80	33.76	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	29.80	28.76	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	24.80	23.76	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	27.65	26.31	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	29.90	28.85	
Sandy	Japan Road Association (1990)	25.95	24.80	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			28.42
Sandy	Meyerhof (1959)	33.20	32.69	

Çizelge 4.8. SK-5 kuyusu siltli kum zeminde yapılan SPT deneyinden tahmin edilen içsel sürtünme açıları

Friction angle for cohesionless soils (°)				
Soil Type	Reference	N _{SPT}	N ₆₀	N _{1,60}
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	37.00	35.73	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	32.00	30.73	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	27.00	25.73	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	30.49	28.86	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	32.12	30.84	
Sandy	Japan Road Association (1990)	28.42	27.00	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			30.32
Sandy	Meyerhof (1959)	34.27	33.65	

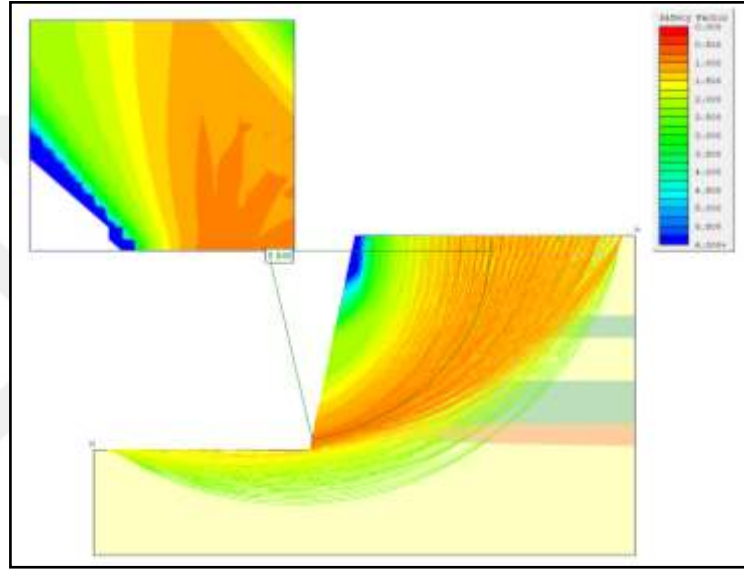
Çizelge 4.9. Arazi ve laboratuvar verilerinin karşılaştırılması

Birim	Laboratuvar Deney Sonuçlarından Elde Edilen İçsel Sürtünme Parametreleri			Arazi Deney Sonuçlarından Elde Edilen İçsel Sürtünme Parametreleri		
	Kohezyon C (kPa, MPa)	İçsel Sürtünme Açısı Ø	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³) (γ _n)	Kohezyon C (kPa- MPa)	İçsel Sürtünme Açısı Ø	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³) (γ _n)
Ayrışmış Grovak	Doğrudan Belirlenememiştir.	Doğrudan Belirlenemiştir.	22.2	255 kPa	37.59°	22.2
Yüksek Plastisiteli Siyah Kil	83 kN	5°	20.0	101.42	15.0°	20.0
Siltli Kum	4 kN	23°	18.6	132.23	30.80°	18.6

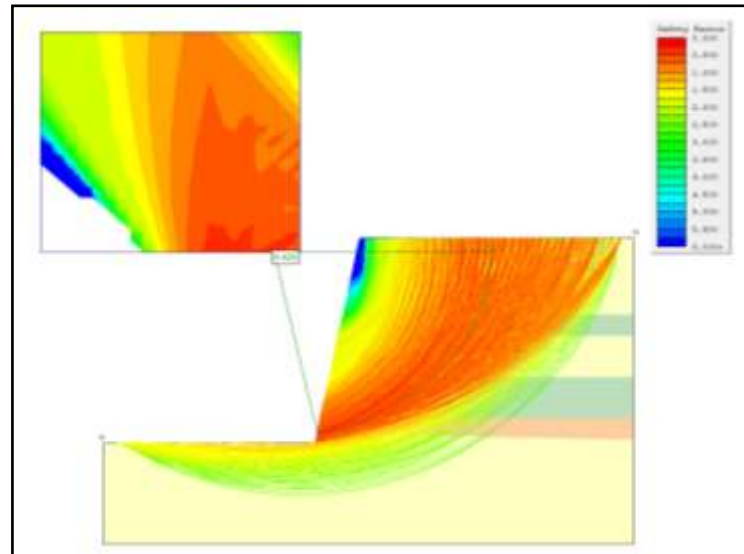
Şev tasarım analizlerinde tablodan da görüldüğü üzere ayrışmış grovaklar için kütleli bazda içsel sürtünme açısı (Ø) 37.59°, kohezyon 255 kPa olarak alınmıştır. Yüksek plastisiteli kilin içsel sürtünme açısı doğrudan belirlenen 15.0° ve kohezyon 101 kN olarak değerlendirilmiştir. En altta bulunan siltli kil birimi için ise benzer şekilde

laboratuvarda doğrudan belirlenen kohezyon değeri 4 kN ve içsel sürtünme açısı ise 23° olarak alınmıştır. Şev güvenliği açısından ayrıışmış grovokların arasına ince tabakalı kil seviyeleri modellenmiştir. Hat 1 için beş farklı açılarda ($80^\circ - 70^\circ - 60^\circ - 50^\circ - 45^\circ$) Slide5.0 paket programında Fellenius, Basitleştirilmiş Bishop ve Basitleştirilmiş Jambuya göre modellenmiş sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

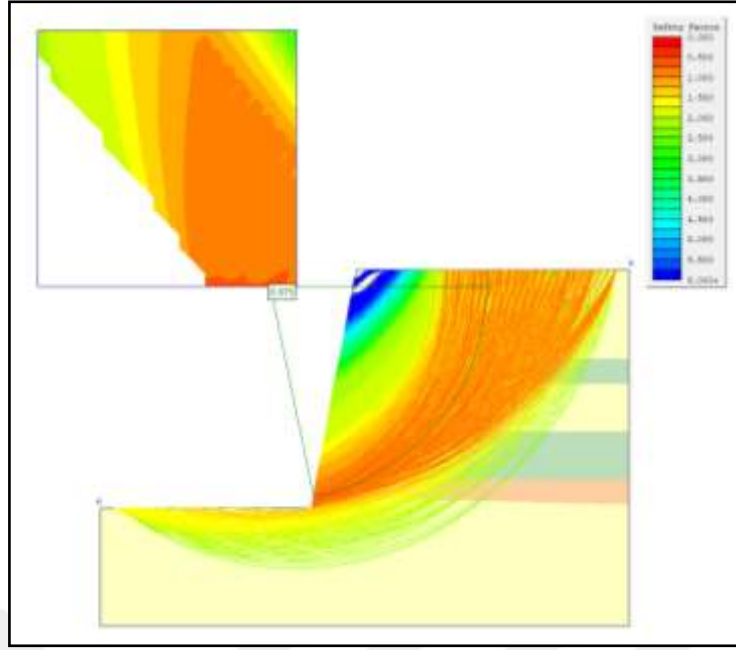
4.2.1.1 Hat 1' de Statik Koşullarda 80° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.4. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.84)

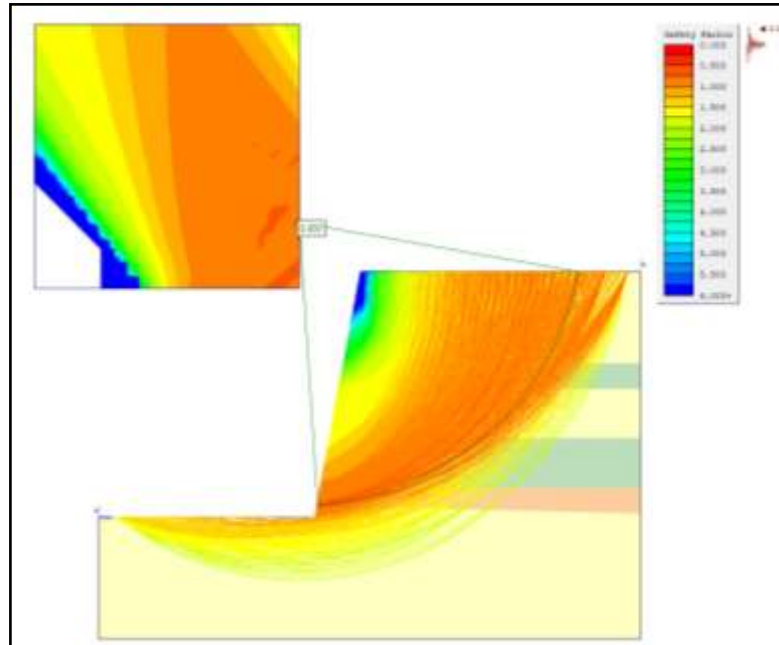


Şekil 4.5. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (Fs:0.42)

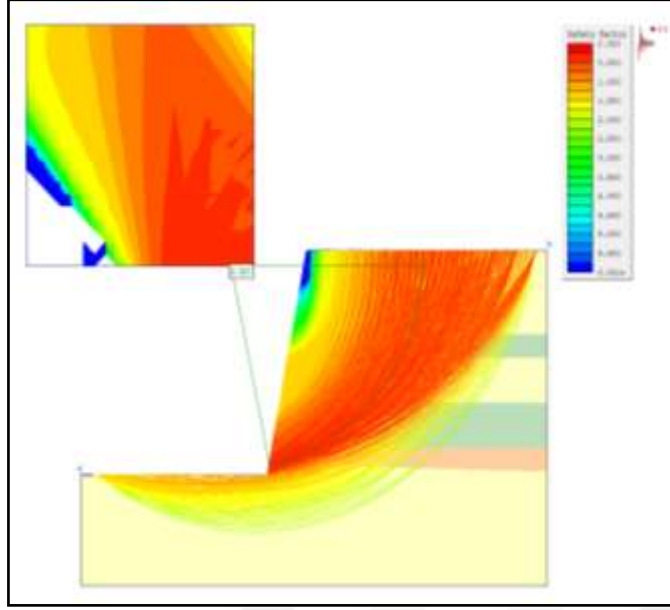


Şekil 4.6. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.67)

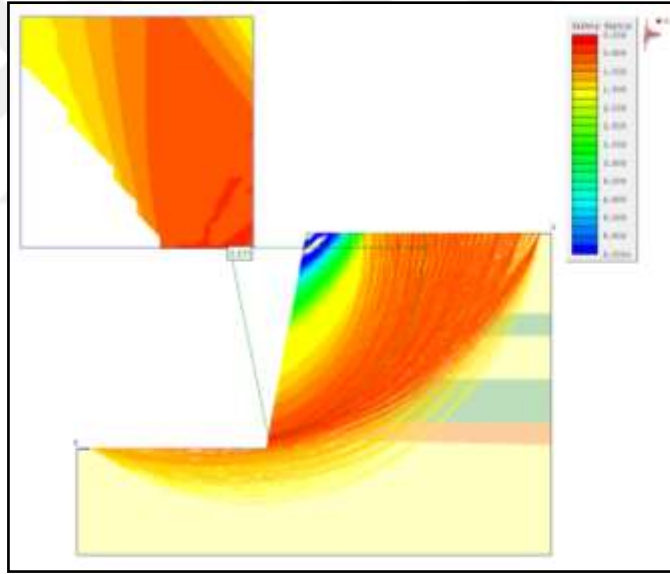
4.2.1.2 Hat 1' de Dinamik Koşullarda 80° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.7. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.69)



Şekil 4.8. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.34)

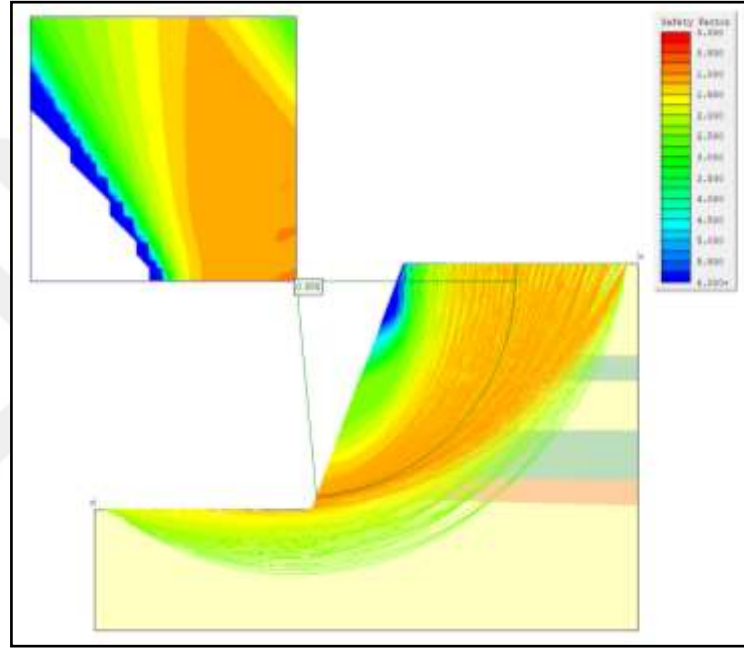


Şekil 4.9. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.43)

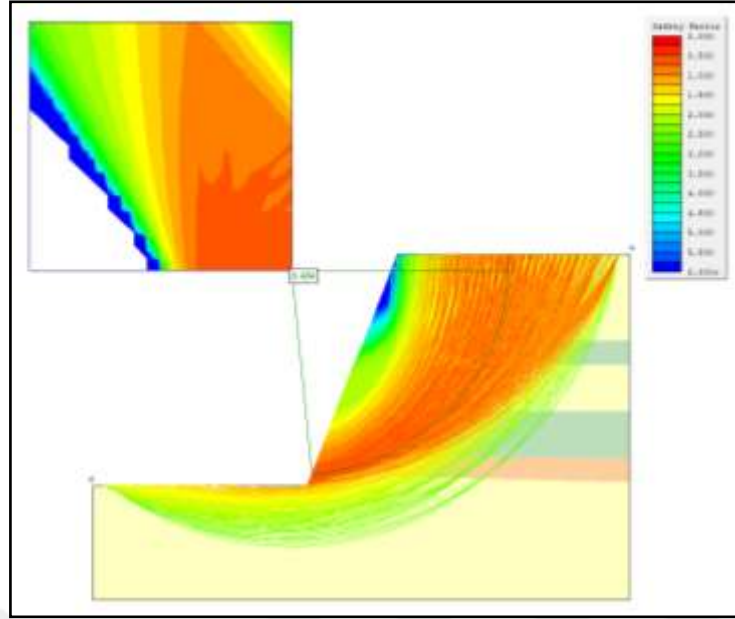
Statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.84 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.42 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 0.43 olduğu görülmüştür. Dolayısıyla açılacak 80°'lik şevlerin güvenli bir şekilde durmayacağı görülmüştür. İlave olarak deprem yükü

altında yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.69 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.34 olduğu ve basitleştirilmiş Jambuya göre ise 0.43 olduğu görülmüştür. Her iki durum için yapılan analizlerden de anlaşılacağı üzere şevlerin 80° açılması durumunda güvenli olmayacağı görülmüştür.

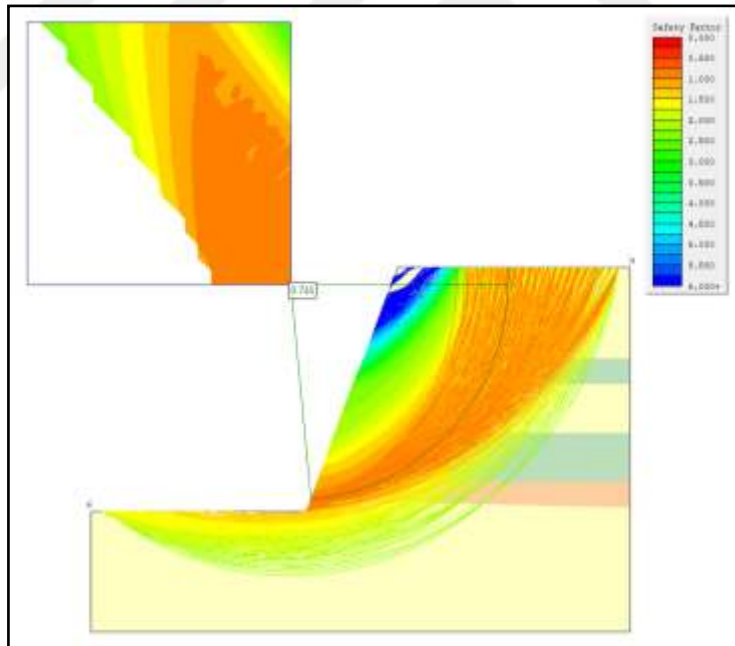
4.2.1.3 Hat 1' De Statik Koşullarda 70° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.10. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.89)

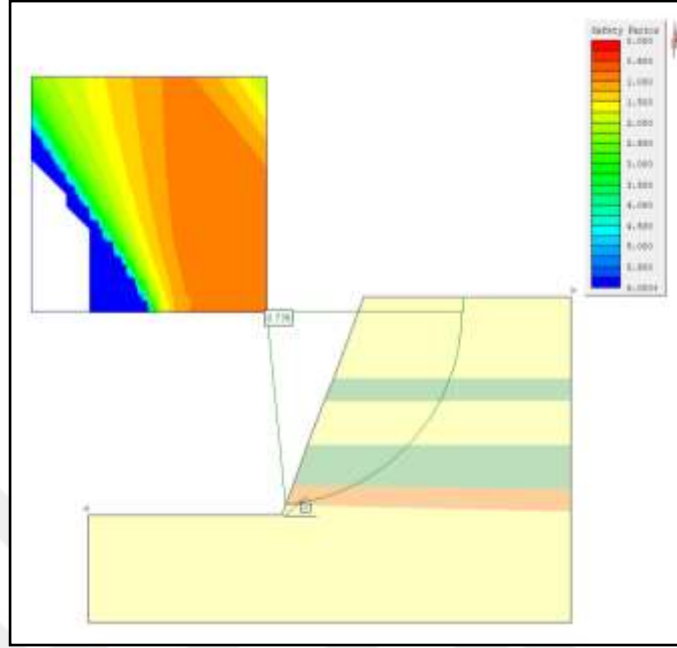


Şekil 4.11. Basitleştirilmiş Bishop'a göre yapılan şev analizi (FS:0.48)

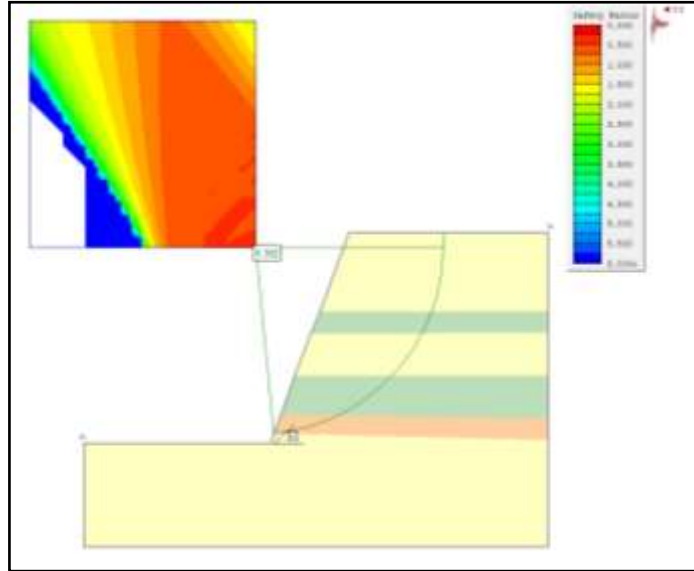


Şekil 4.12. Basitleştirilmiş Janbu'ya göre yapılan şev analizi (FS:0.75)

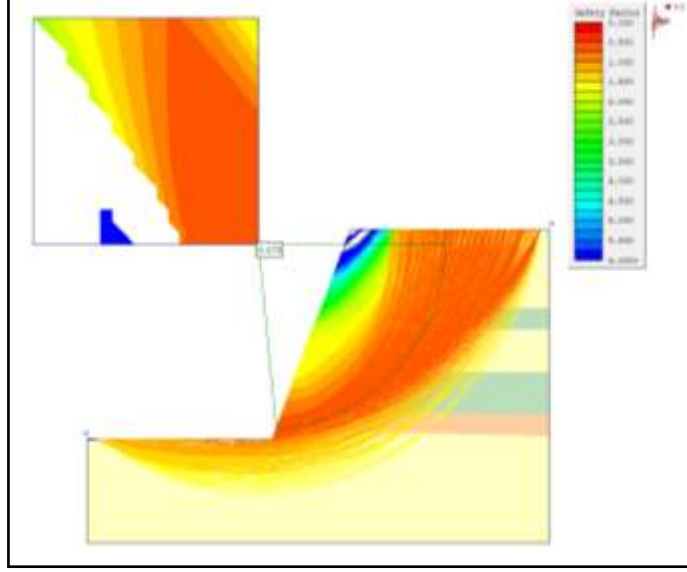
4.2.1.4 Hat 1' de Dinamik Koşullarda 70° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.13. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.74)



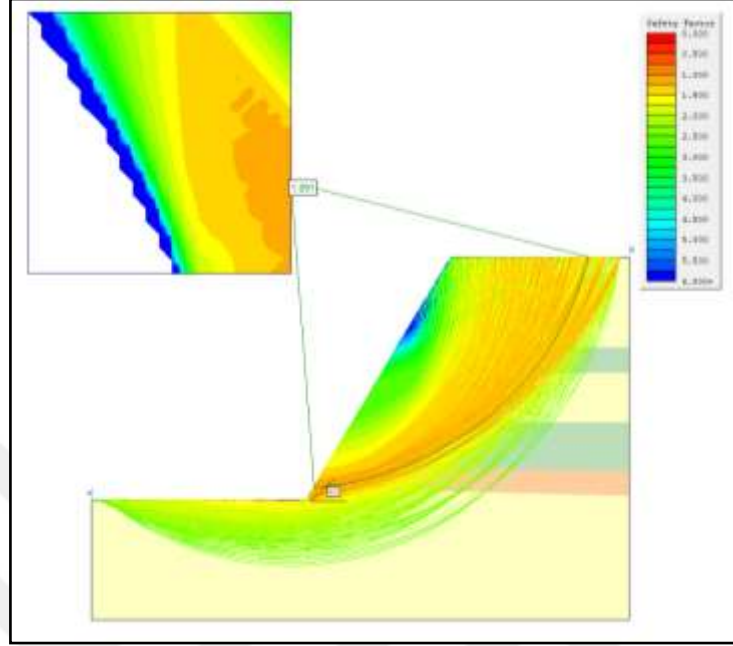
Şekil 4.14. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.38)



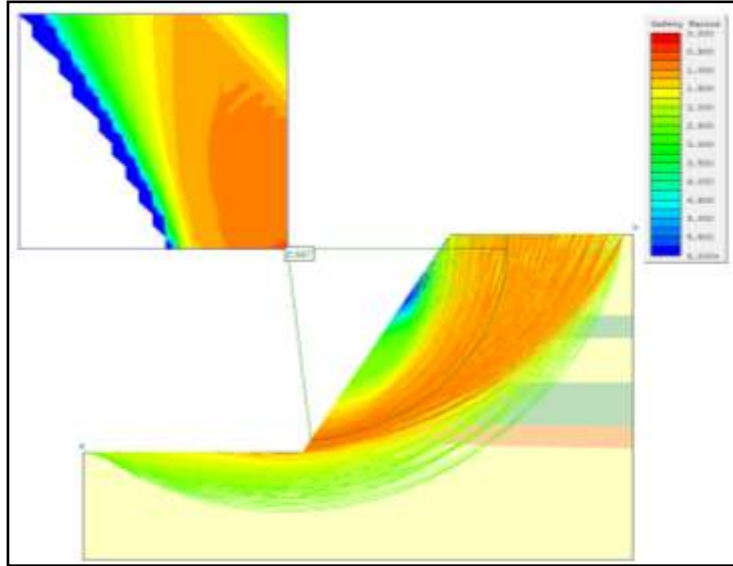
Şekil 4.15. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.47)

Şevin eğim açısının düşürülmesi durumunda statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında en düşük güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.89 olduğu, Bishop'a göre 0.48 olduğu ve Jambu'ya göre ise 0.74 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla şev açısının 10° düşürülmesi durumunda bile yarmaların güvenli bir şekilde durmayacağı görülmüştür. İlave olarak deperem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.73 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.38 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 0.47 olduğu görülmüştür. Her iki durum için yapılan analizlerden de anlaşılacağı üzere şevlerin 70° açılması durumunda güvenli olmayacağı görülmüştür.

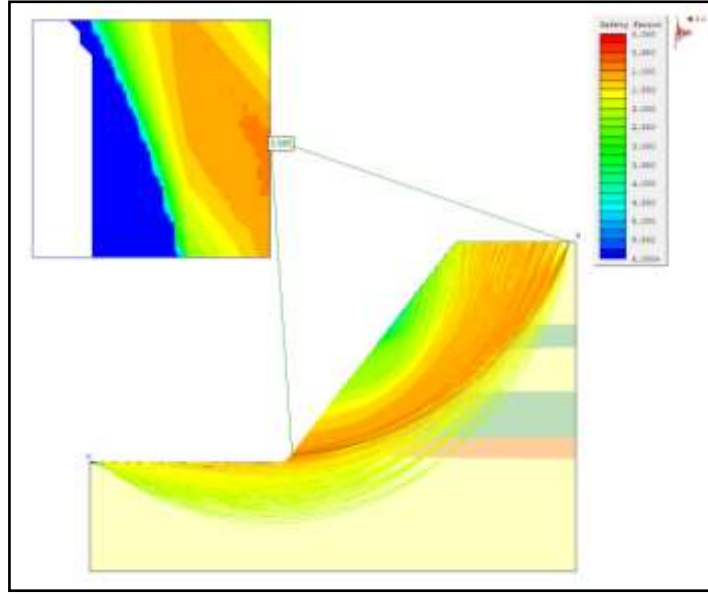
4.2.1.5 Hat 1' de Statik Koşullarda 60° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.16. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.09)

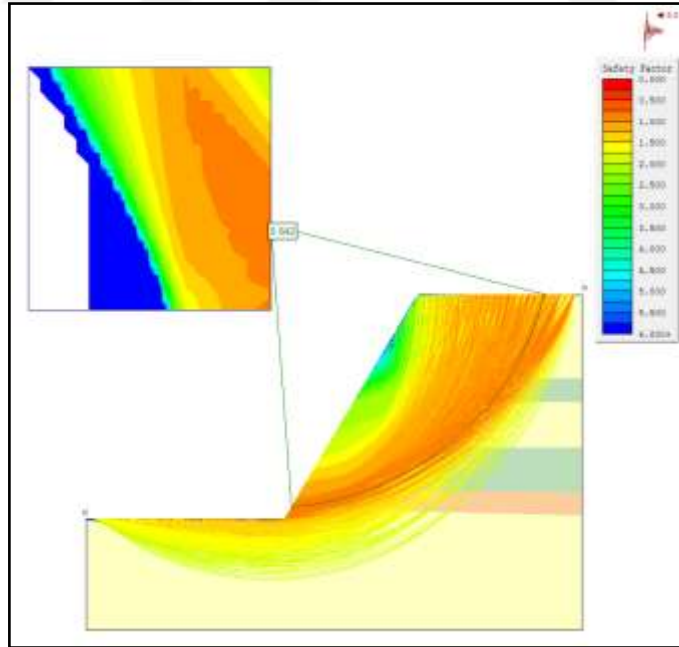


Şekil 4.17. Basitleştirilmiş bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.64)

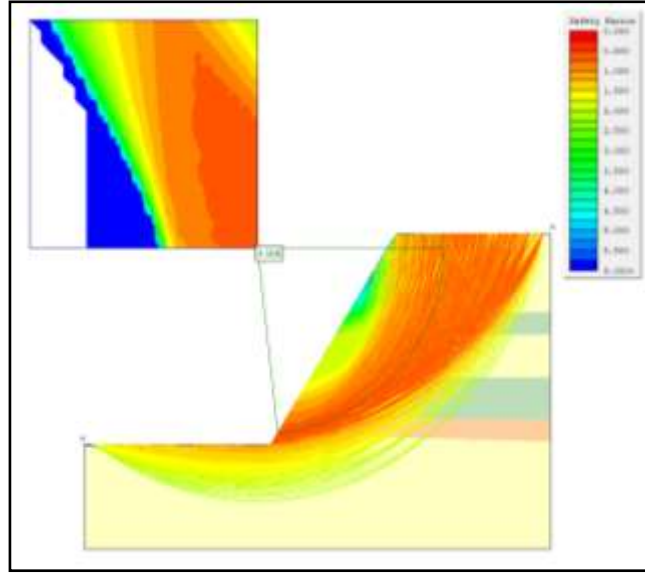


Şekil 4.18. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.88)

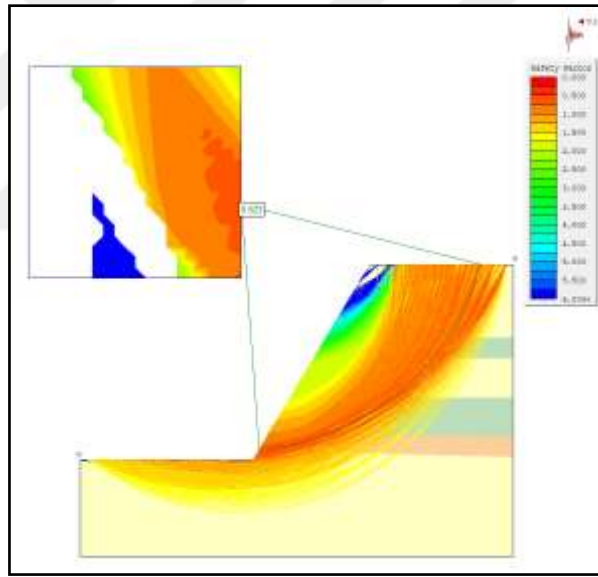
4.2.1.6 Hat 1' de Dinamik Koşullarda 60° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.19. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.84)



Şekil 4.20. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.508)

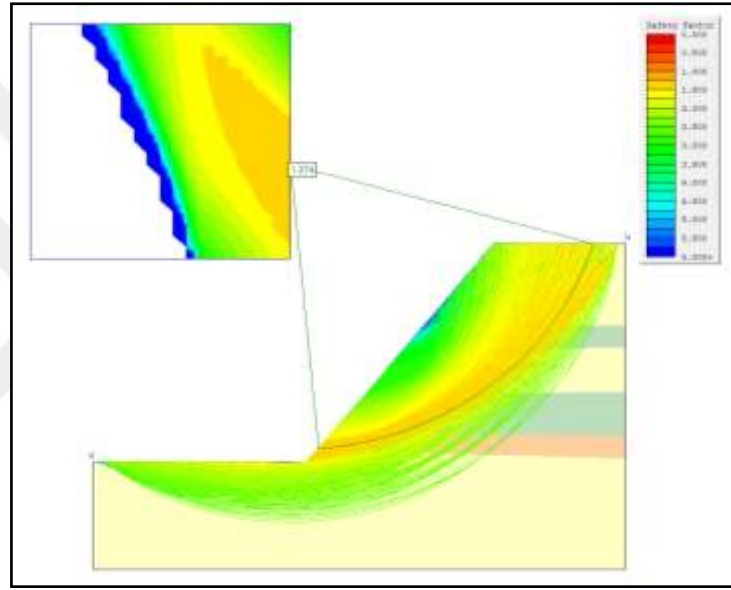


Şekil 4.21. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.62)

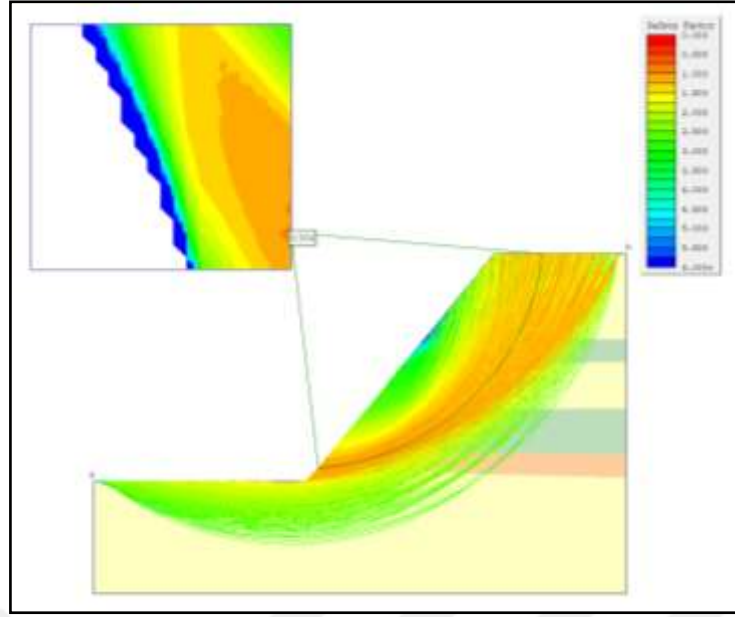
Şevin eğim açısının düşürülmesi durumunda statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.09 olduğu, Bishop'a göre 0.64 olduğu ve Jambu'ya göre ise 0.96 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla şev açısının 60° olması durumunda sadece Fellenius'a göre güvenlik katsayısı 1'in üzerinde Bishop ve

Jambu'ya göre 1'in altındadır. Deperem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.84 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.51 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 0.62 olduğu görülmüştür. Her iki durum için yapılan analizlerden de anlaşılacağı üzere şevlerin 60° açılması durumunda güvenli olmayacağı görülmüştür.

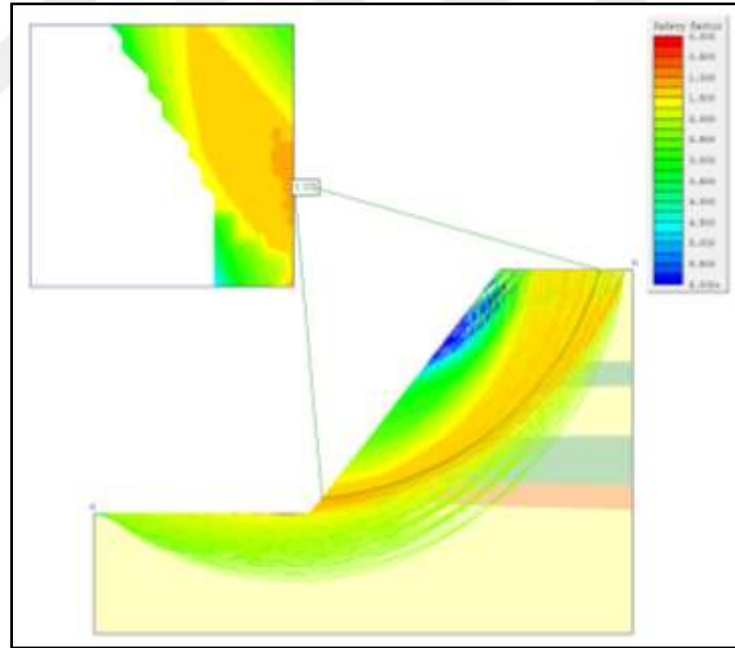
4.2.1.7 Hat 1' de Statik Koşullarda 50° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.22. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.27)

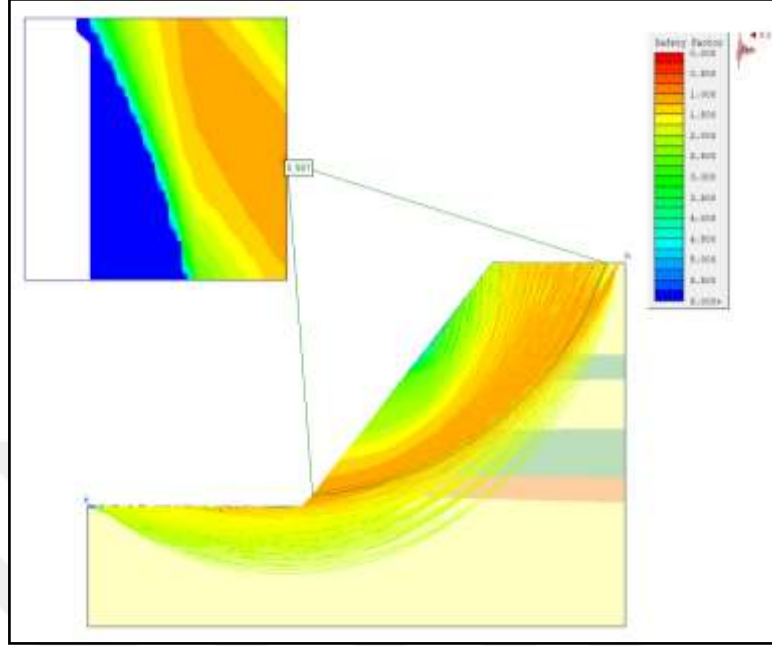


Şekil 4.23. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.91)

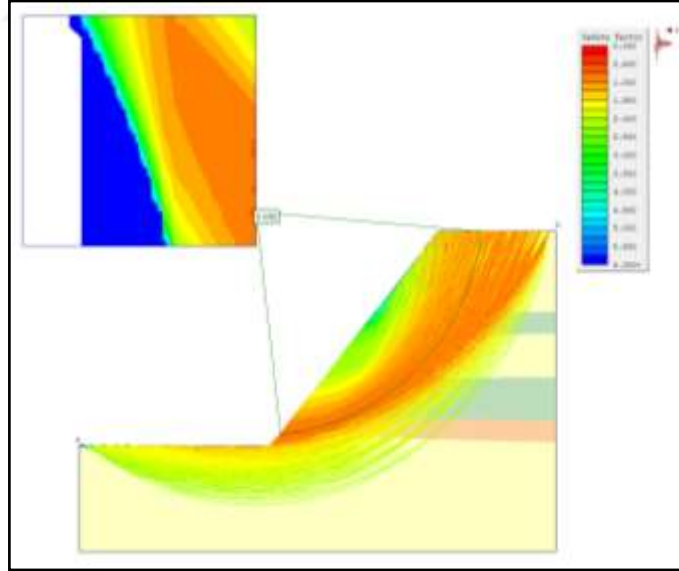


Şekil 4.24. Basitleştirilmiş Janbu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.17)

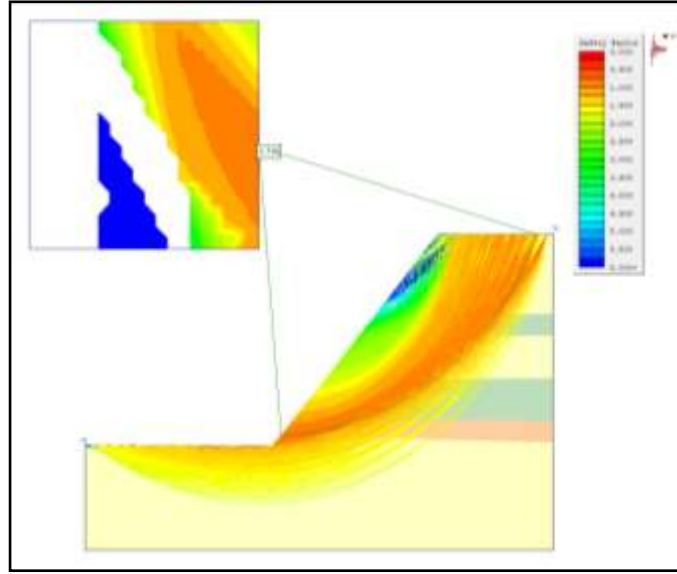
4.2.1.8 Hat 1' de Dinamik Koşullarda 50° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.25. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.98)



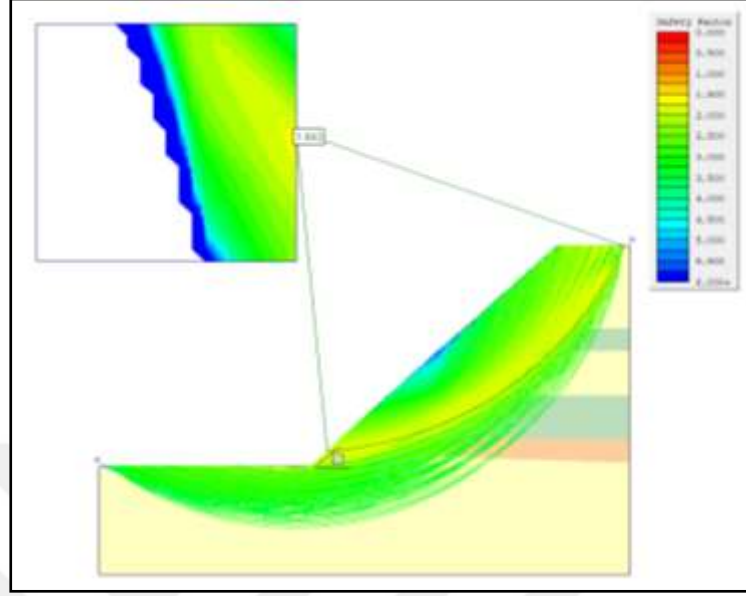
Şekil 4.26. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.69)



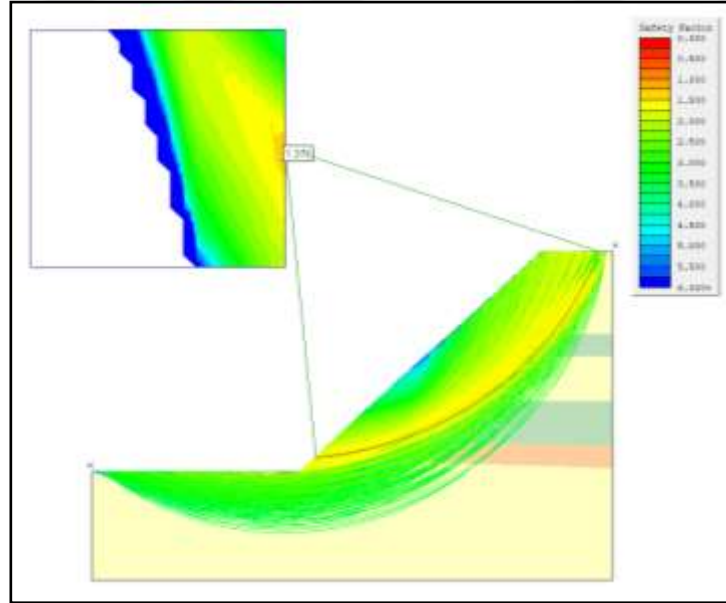
Şekil 4.27. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.80)

50° şevlendirilen yarmaların statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.27 olduğu, Bishop'a göre 0.91 olduğu ve Jambu'ya göre ise 1.17 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla şev açısının 50°'ye düşürülmesi durumunda Fellenius ve Jambu'ya göre şevlerin stabilitesini koruyacağı görülmüştür. İlave olarak deperem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.98 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.69 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 0.89 olduğu görülmüştür. Her ne kadar statik durum için açılacak şevler güvenli olsa da dinamik koşullar için kritik denge konumuna yakındır.

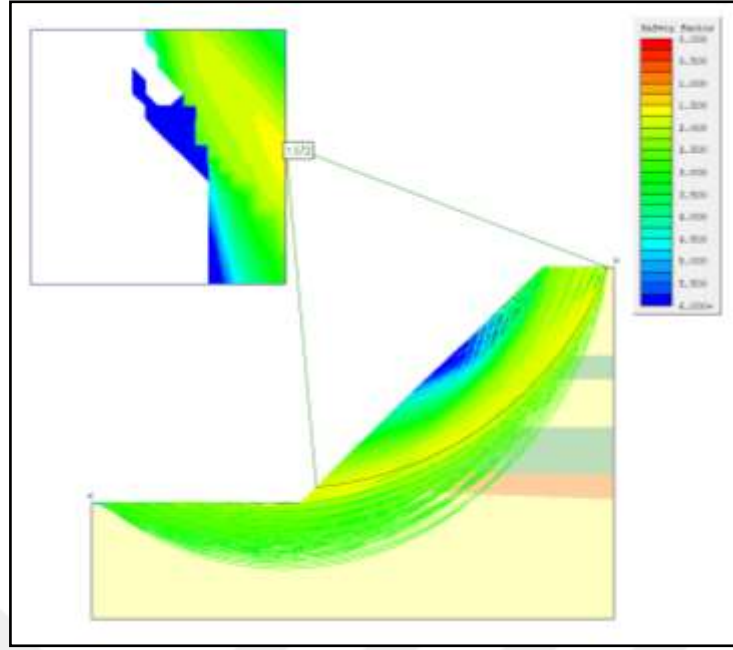
4.2.1.9 Hat 1' de Statik Koşullarda 45° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.28. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.64)

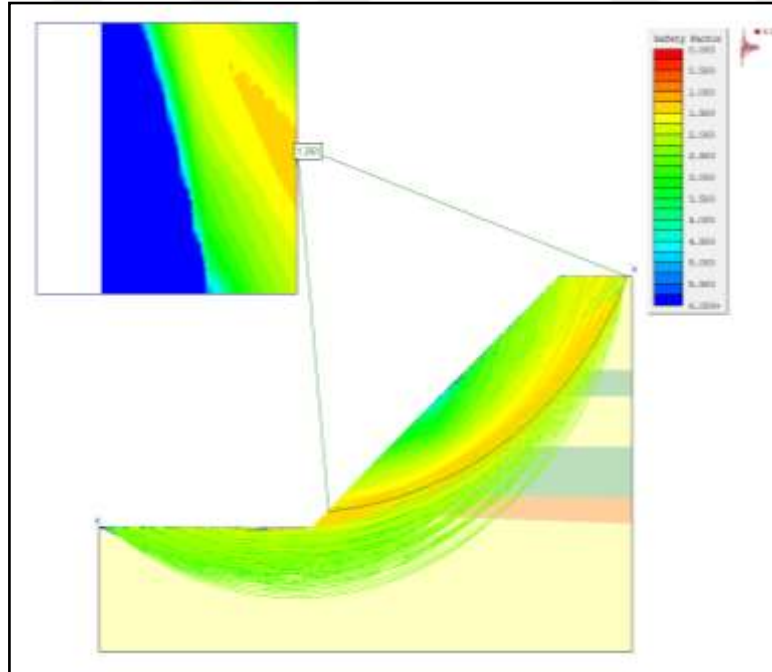


Şekil 4.29. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.37)

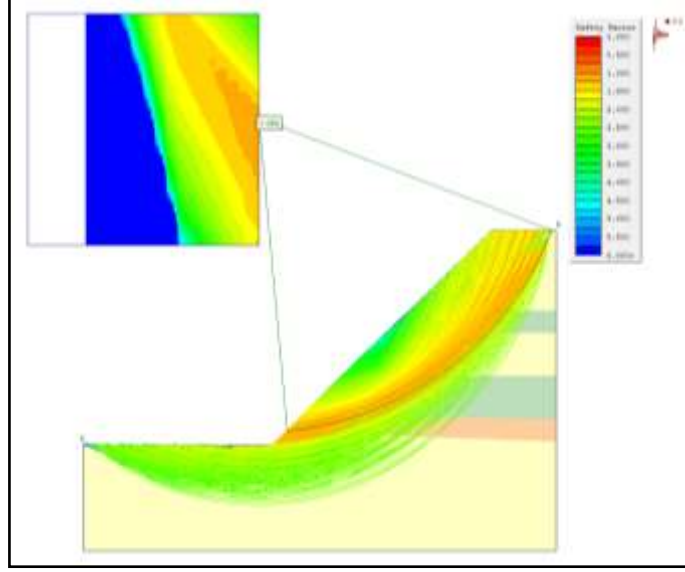


Şekil 4.30. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.57)

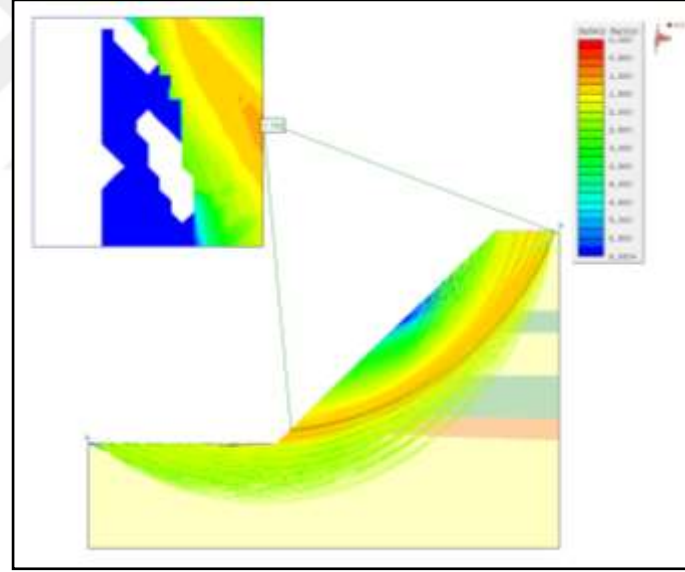
4.2.1.10 Hat 1' de Dinamik Koşullarda 45° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.31. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.26).



Şekil 4.32. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.005)



Şekil 4.33. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.10)

45° şevlendirilen yarmaların statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.64 olduğu, Bishop'a göre 1.37 olduğu ve Jambu'ya göre ise 1.57 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla şev açısının 45°'ye düşürülmesi durumunda tüm yöntemlere göre şevlerin stabilitesini korayacağı

görülmüştür. İlave olarak deperem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.26 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 1.005 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 1.11 olduğu görülmüştür. Analiz şekillerinden de anlaşılacağı üzere şevin 45° açılması durumunda hem statik koşullarda hem de dinamik koşullarda herhangi bir duraysızlık problemi beklenmemektedir.

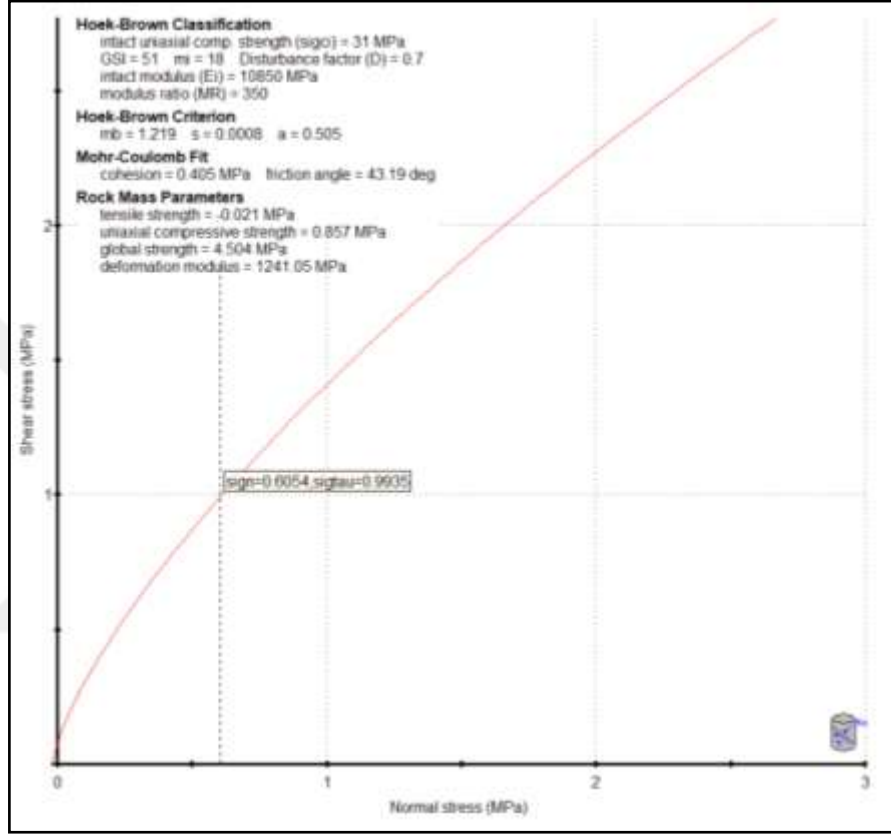
4.2.2 Alternatif Hat – Hat 2

Bu hat 1, 2 ve 3 nolu sondaj kuyusunun bulunduğu bölgeye isabet etmektedir. Sondaj ve laboratuvar verilerine bakıldığında üstten itibaren yaklaşık 25 metrelik kısmın aşırı derecede ayrılmış grovak birimi olduğu, onun altında kuyu sonuna kadar çakıllı siltli kum biriminden oluştuğu gözlenmiştir. Analizlerde kullanılan arazi deney sonuçları ve laboratuvar deney sonuçları aşağıdaki tabloda sunulmuş olup şev güvenliği açısından en düşük değerler kullanılmıştır. Analizler 5 farklı şev açısı için yapılmış olup, şev tasarım yükseklikleri vaziyet planından 45 m olarak belirlenmiştir. Girdi parametreleri olarak hem arazi verilerinden elde edilen değerler hem de doğrudan laboratuvarda yapılan deney sonuçları kullanılmıştır. Kaya kütesine ait birimlerin içsel sürtünme değerlerinin elde edilmesinde RockLab programı toprak zemin olarak değerlendirilen birimlerin içsel sürtünme parametreleri ise SPTCor programından elde edilmiştir. Güvenli tarafta kalmak için analizlerde düşük değerler dikkate alınmıştır. SK-2 sondaj verilerinin 35'den sonraki kısımları SK-1 ve SK-2'den korale edilerek alınmıştır.



Şekil 4.34. SK-2 nolu sondajın karot sandık görüntüsü

Buna göre; Ayrıışmış grovak kaya kütlesinin içsel sürtünme değeri ise Mohr - Clomb hipotezine göre RocLab programında hesaplanmış olup Kohezyon 405 kPa, içsel sürtünme açısı ise 43.19° olarak belirlenmiş, alttaki çakıllı siltli kumun doğrudan belirlenen kohezyonu 18 kPa, dolaylı belirlenen içsel sürtünme açısı ise 33.07°'dir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. SK-2'te gözlenen kaya kütlesinin RockLab programında belirlenen içsel sürtünme parametreleri

Çizelge 4.10. SK-5 yüksek kumlu zeminde yapılan SPT deneyinden tahmin edilen içsel sürtünme açıları

Friction angle for cohesionless soils (°)				
Soil Type	Reference	N _{SPT}	N ₆₀	N _{1,60}
Angular and well-grained soil particles	Dunham (1954)	45.20	43.07	
Round and well-grained or angular and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	40.20	38.07	
Round and uniform-grained soil particles	Dunham (1954)	35.20	33.07	
Sandy	Ohsaki et al. (1959)	41.08	38.32	
Sandy	Muromachi et al. (1974)	40.41	38.25	
Sandy	Japan Road Association (1990)	37.58	35.20	
Sandy	Hatanaka & Uchida (1996)			35.72
Sandy	Meyerhof (1959)	37.66	36.72	

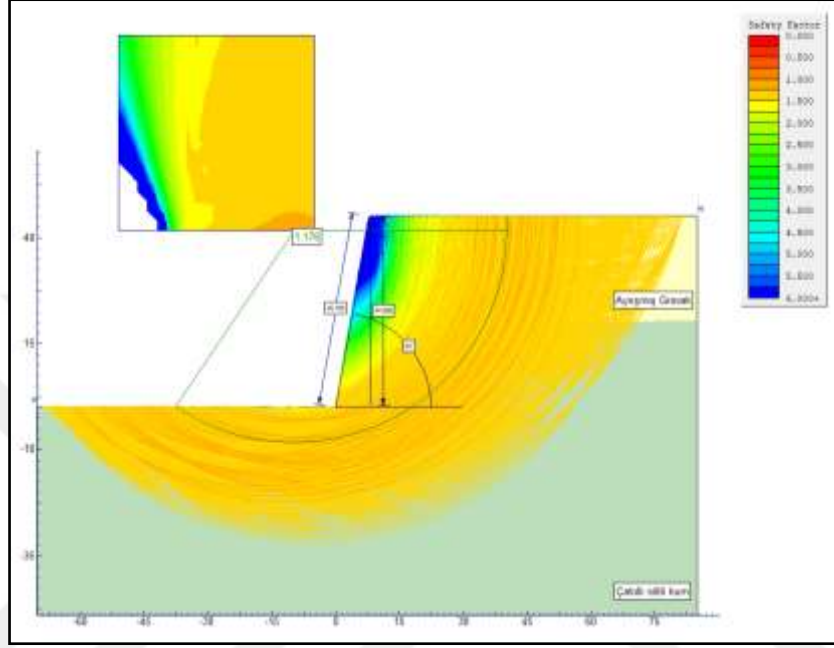
Çizelge 4.11. Arazi ve laboratuvar verilerinin karşılaştırılması

Birim	Laboratuvar Deney Sonuçlarından Elde Edilen İçsel Sürtünme Parametreleri		Arazi Deney Sonuçlarından Elde Edilen İçsel Sürtünme Parametreleri			
	Kohezyon C (kPa, MPa)	İçsel Sürtünme Açısı Ø	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³) (γ _n)	Kohezyon C (kPa- MPa)	İçsel Sürtünme Açısı Ø	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³) (γ _n)
Ayrıışmış Grovak	Doğrudan Belirlenememiştir.	Doğrudan Belirlenemiştir.	21.5	405 kPa	43.19°	21.5
Çakıllı Siltli Kumlu	12 kN	18°	20.3	132.23	33.07°	20.3

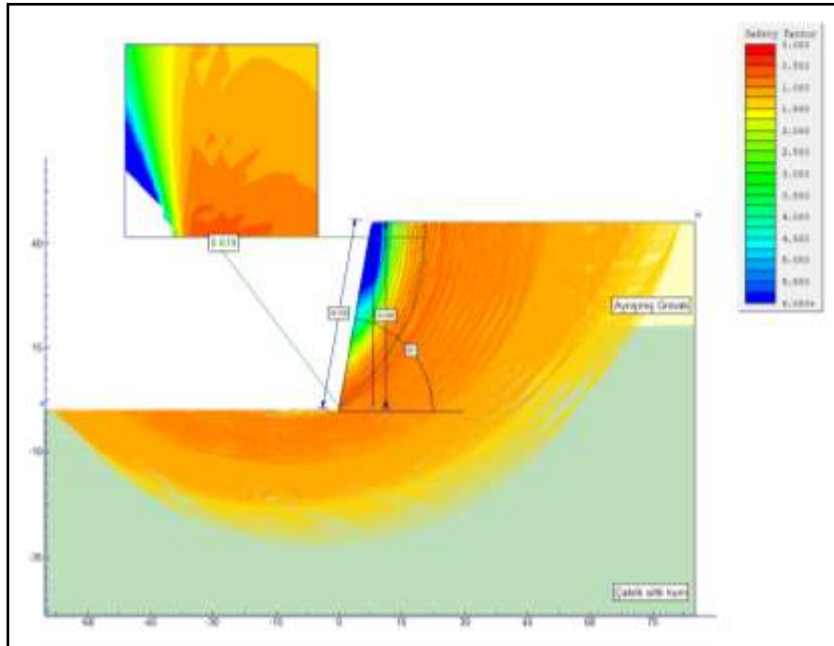
Şev tasarım analizlerinde tablodan da görüldüğü üzere ayrıışmış grovaklar için kütleli bazda içsel sürtünme açısı (Ø) 43.19°, kohezyon 405 kPa olarak alınmıştır. En altta bulunan çakıllı siltli kum'un benzer şekilde laboratuvar da doğrudan belirlenen kohezyon değeri 12 kN ve içsel sürtünme açısı ise 18° olarak alınmıştır. Şev güvenliği açısından ayrıışmış grovakların arasına ince tabakalı kil seviyeleri modellenmiştir. Hat 2 için beş farklı açılarda (80° - 70° - 60° - 50° - 45°) Slide5.0 programında Fellenius,

basitleştirilmiş Bishop ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre modellenmiş sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

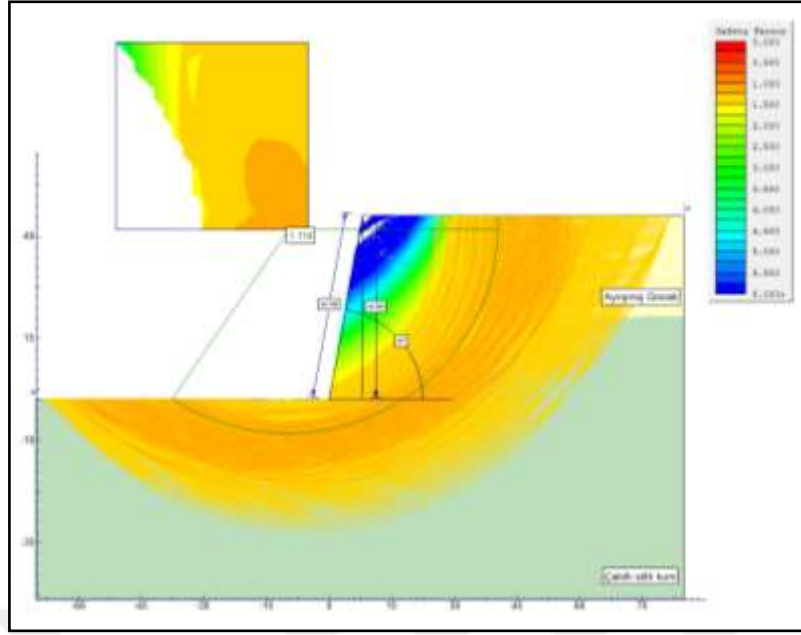
4.2.2.1 Hat 2 (Alternatif Hat)' da Statik Koşullarda 80° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.36. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.17)

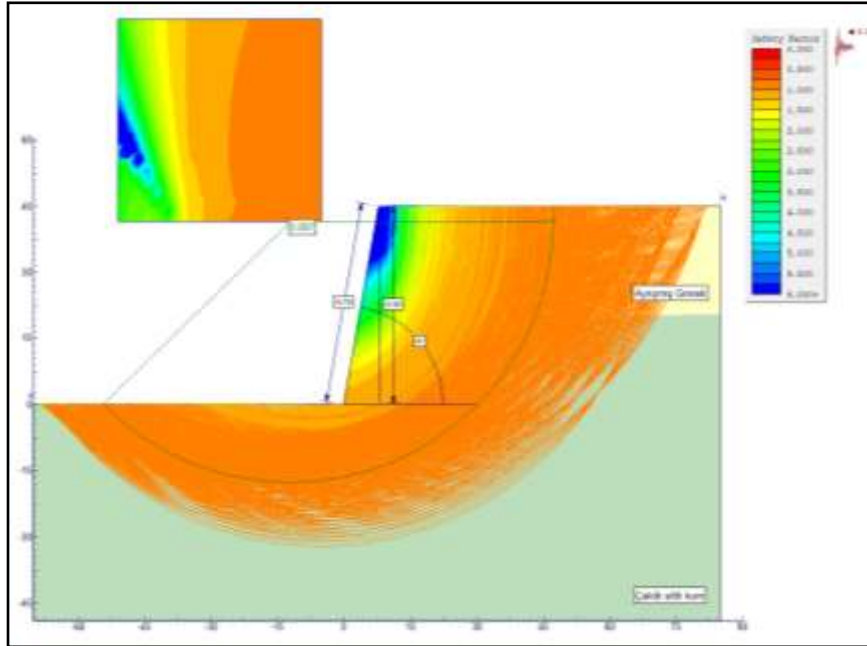


Şekil 4.37. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (Fs:0.61)

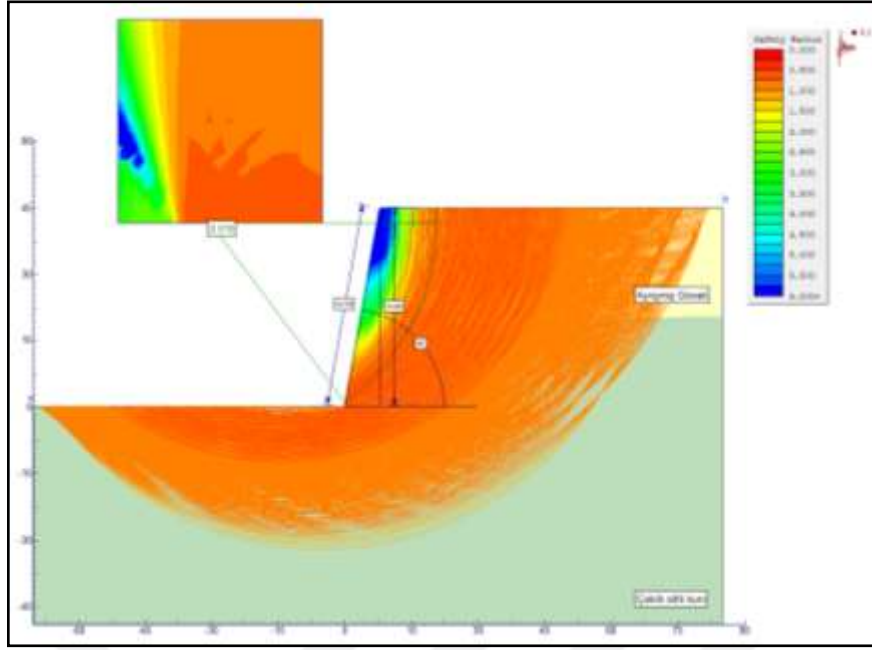


Şekil 4.38. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.11)

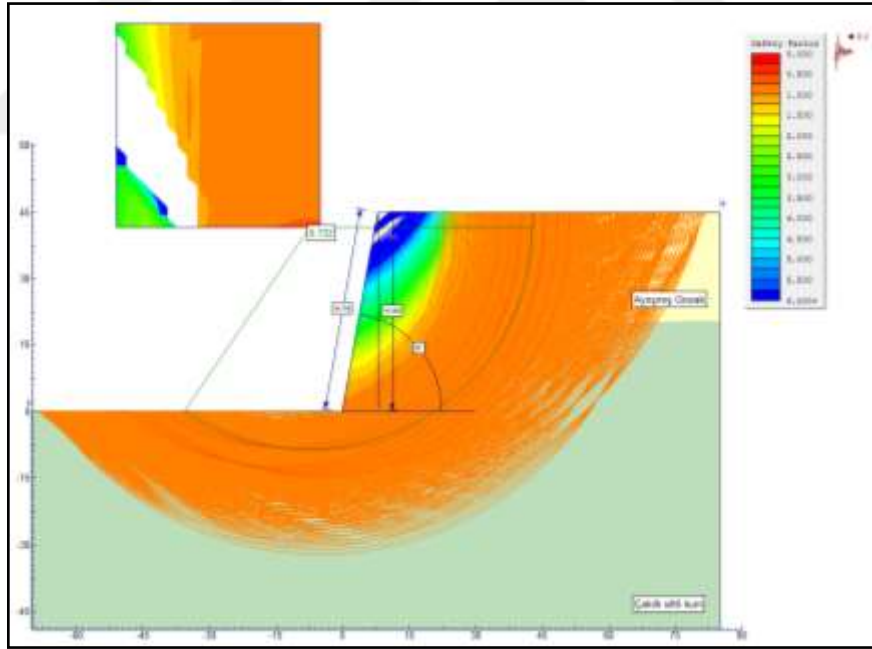
4.2.2.2 Hat 2 (Alternatif Hat)'da Dinamik Koşullarda 80° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.39. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.89)



Şekil 4.40. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.51)

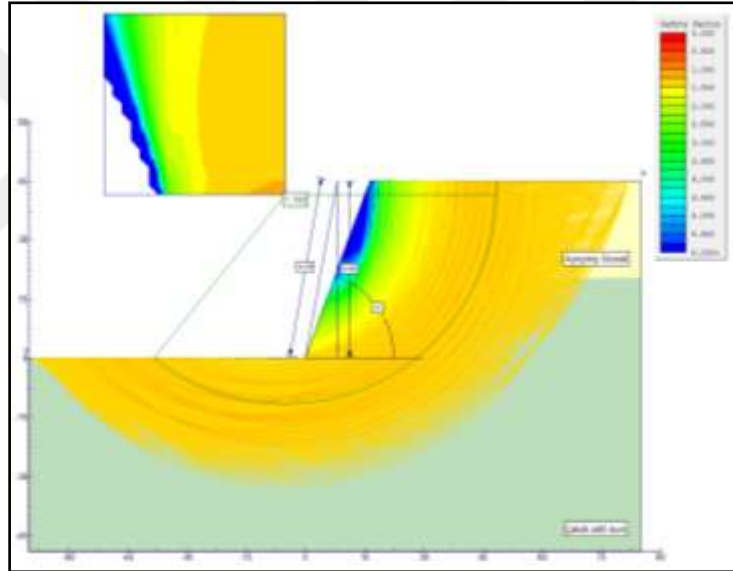


Şekil 4.41. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.73)

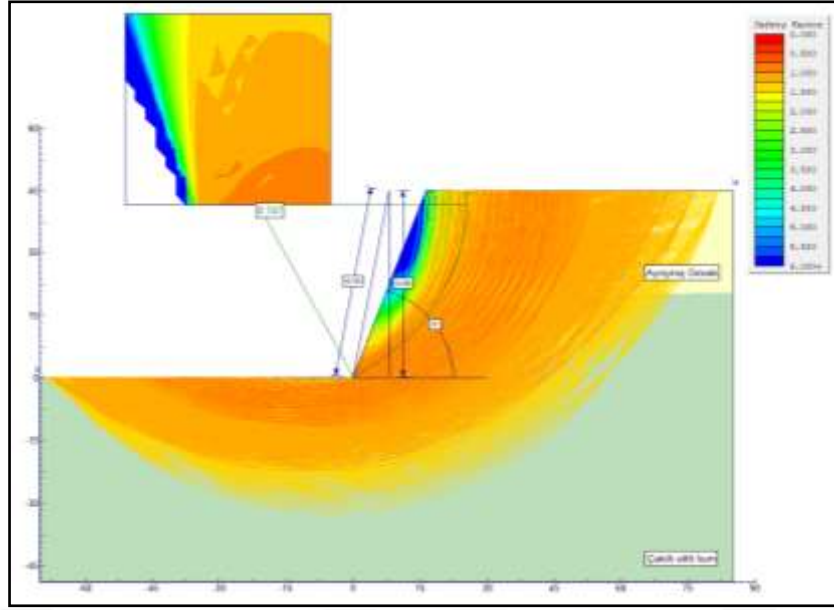
Statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.17 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.61 olduğu ve

basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 1.11 olduğu görülmüştür. Dolayısıyla açılacak 80°'lik şevlerin güvenli bir şekilde durmayacağı görülmüştür. İlave olarak deperem yükü altında yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.89 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.51 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 0.72 olduğu görülmüştür. Hem statik hemde dinamik durum için yapılan analizlerden de anlaşılacağı üzere şevlerin 80° açılması durumunda güvenli olmayacağı görülmüştür.

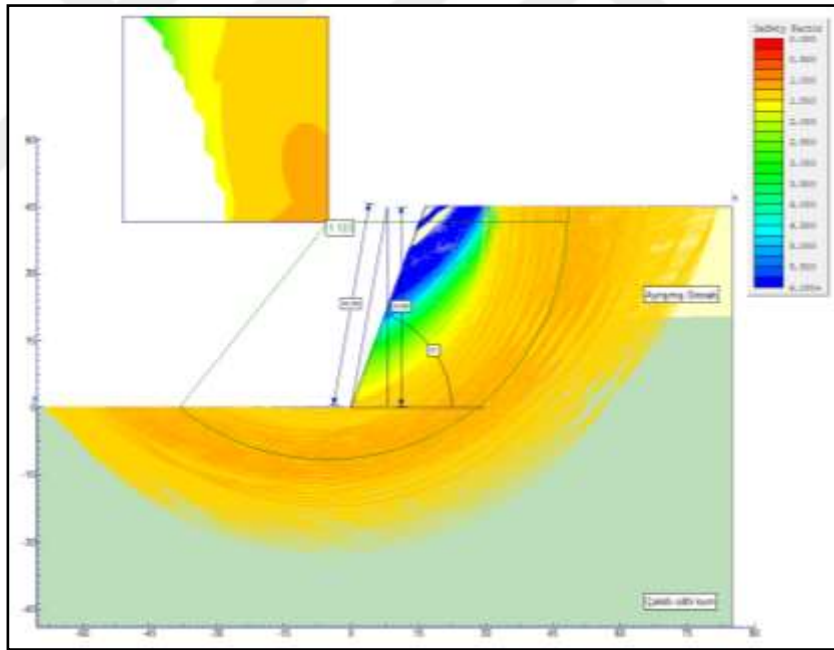
4.2.2.3 Hat 2 (Alternatif Hat)'da Statik Koşullarda 70° Açıda Yapılan Şev Analizi



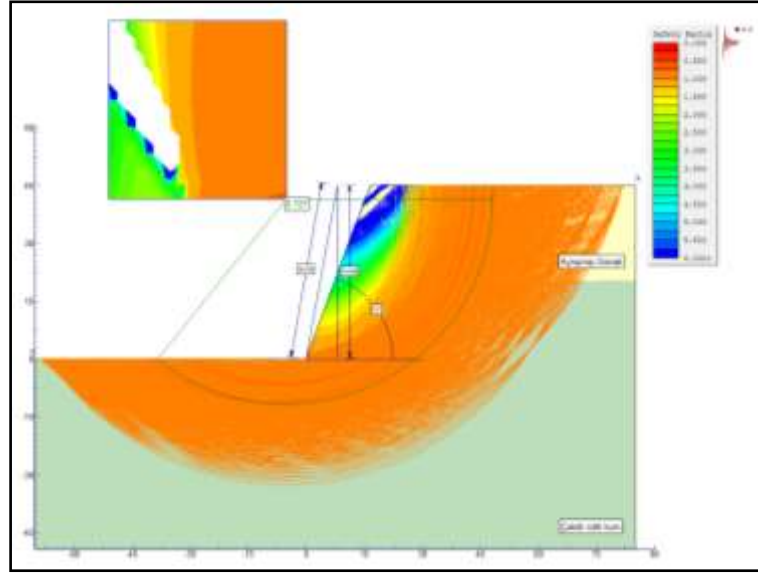
Şekil 4.42. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.18)



Şekil 4.43. Basitleştirilmiş Bishop'a göre yapılan şev analizi (FS:0.48)

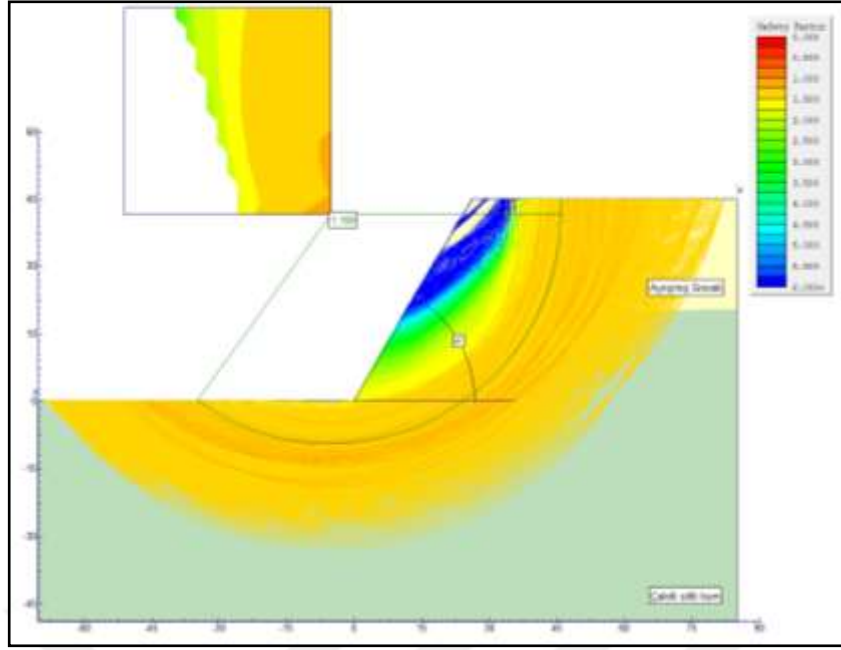


Şekil 4.44. Basitleştirilmiş Jambu'ya göre yapılan şev analizi (FS:1.123)



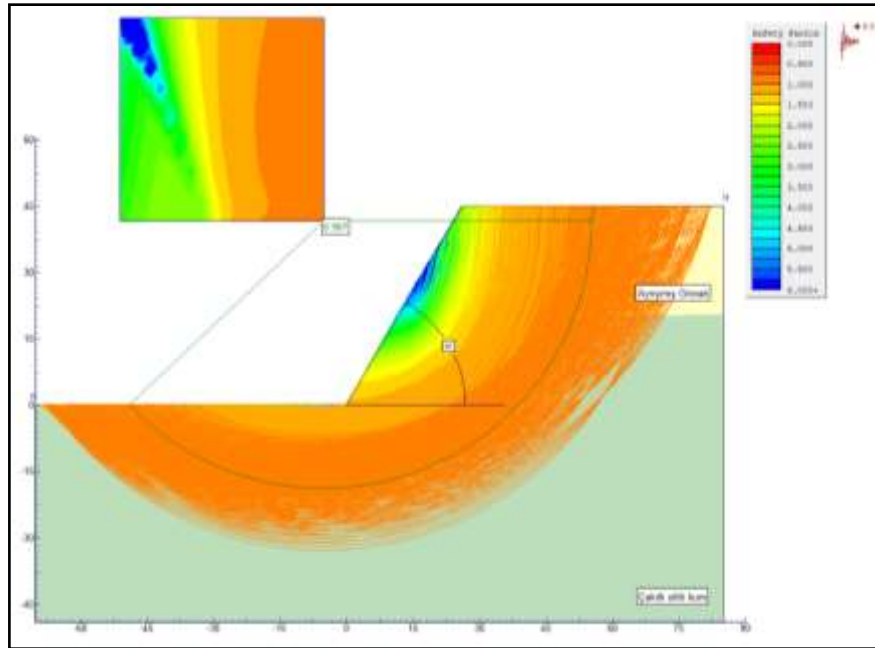
Şekil 4.47. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.73)

Şevin eğim açısının (70°) düşürülmesi durumunda statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında en düşük güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.18 olduğu, Bishop'a göre 0.74 olduğu ve Jambu'ya göre ise 1.123 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla şev açısının 10° düşürülmesi durumunda bile yarmaların güvenli bir şekilde durmayacağı görülmüştür. İlave olarak deperem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.90 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.61 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 0.73 olduğu görülmüştür. Her iki durum için yapılan analizlerden de anlaşılacağı üzere şevlerin 70° açılması durumunda güvenli olmayacağı görülmüştür.

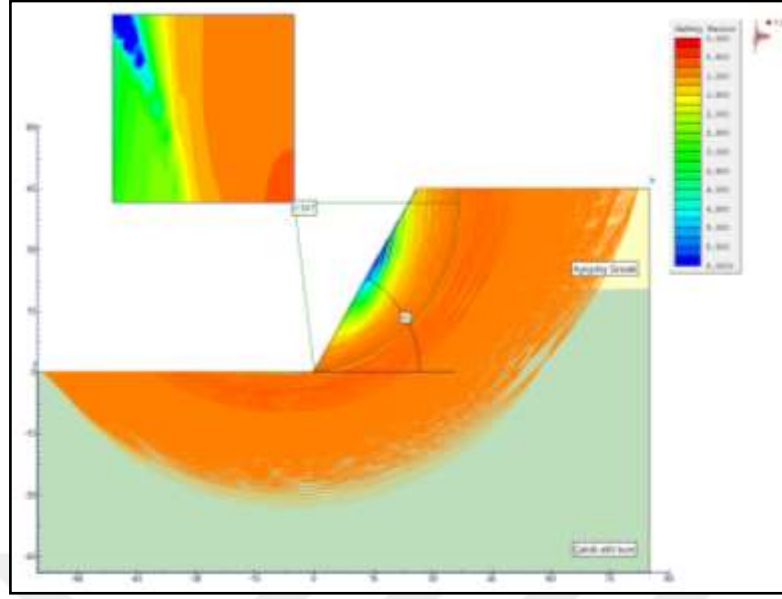


Şekil 4.50. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.96).

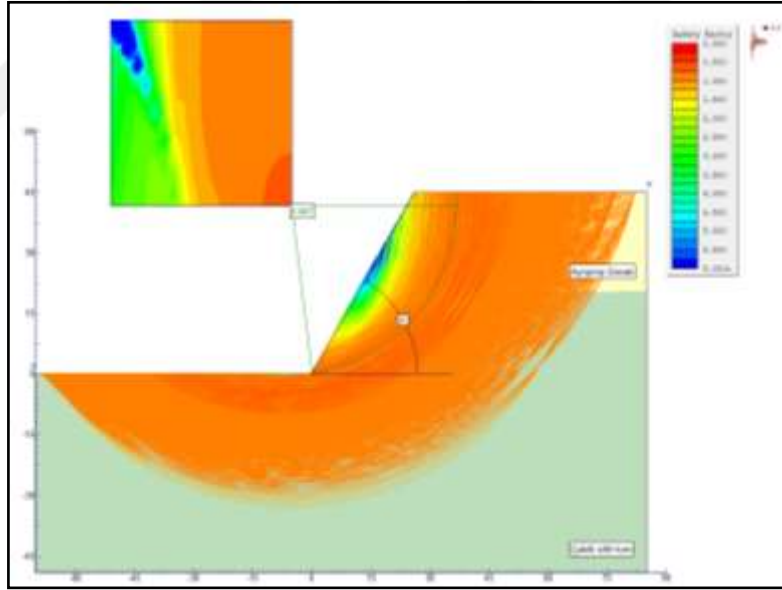
4.2.2.6 Hat 2 (Alternatif Hat)'de Dinamik Koşullarda 60° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.51. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.84)



Şekil 4.52. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.508)

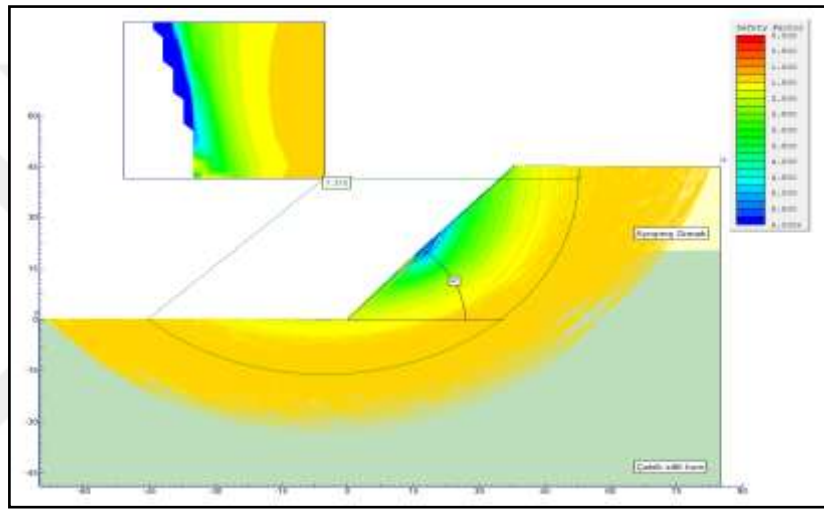


Şekil 4.53. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.62)

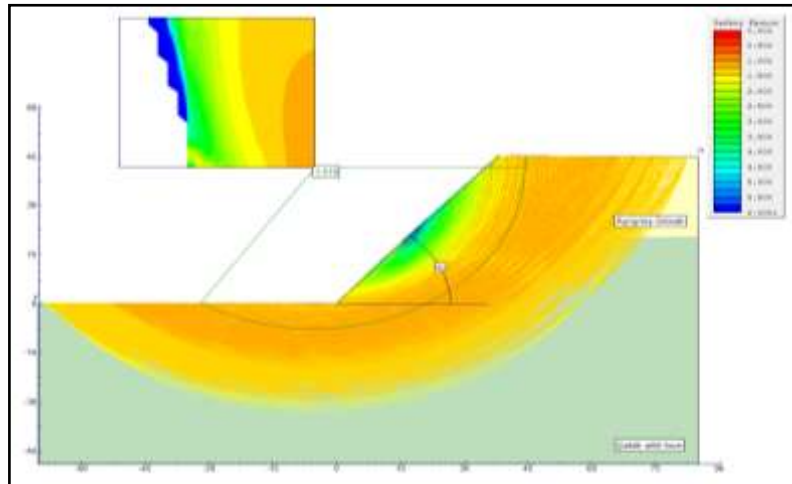
Şevin eğim açısının düşürülmesi durumunda statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.22 olduğu, Bishop'a göre 0.82 olduğu ve Jambu'ya göre ise 1.16 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla şev açısının 60°

olması durumunda sadece Fellenius ve Jambu'ya göre güvenlik katsayısı 1'in üzerinde Bishop göre 1'in altındadır. Deperem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.91 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.67 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 0.65 olduğu görülmüştür. Her iki durum için yapılan analizlerden de anlaşılacağı üzere şevlerin 60° açılması durumunda güvenli olmayacağı anlaşılmıştır.

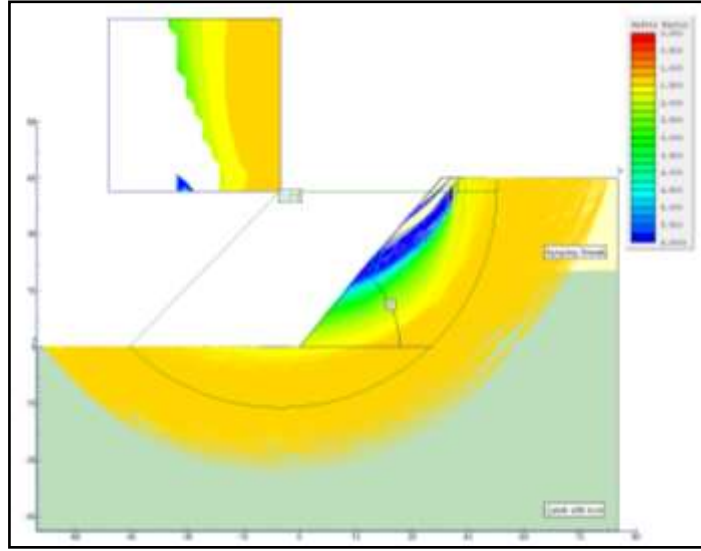
4.2.2.7 Hat 2 (Alternatif Hat)'de Statik Koşullarda 50° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.54. Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.31)

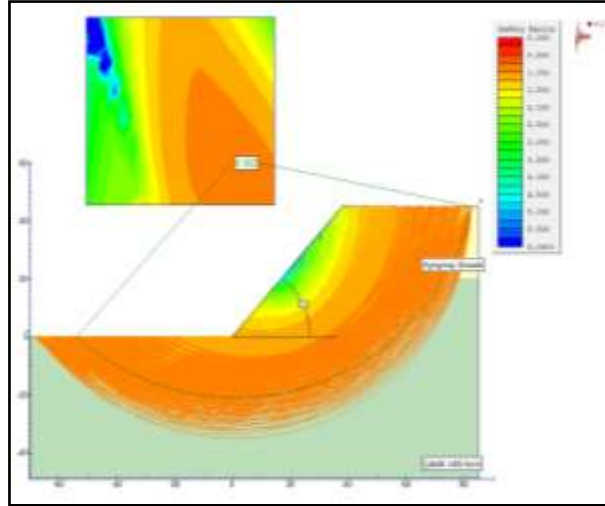


Şekil 4.55. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.02)

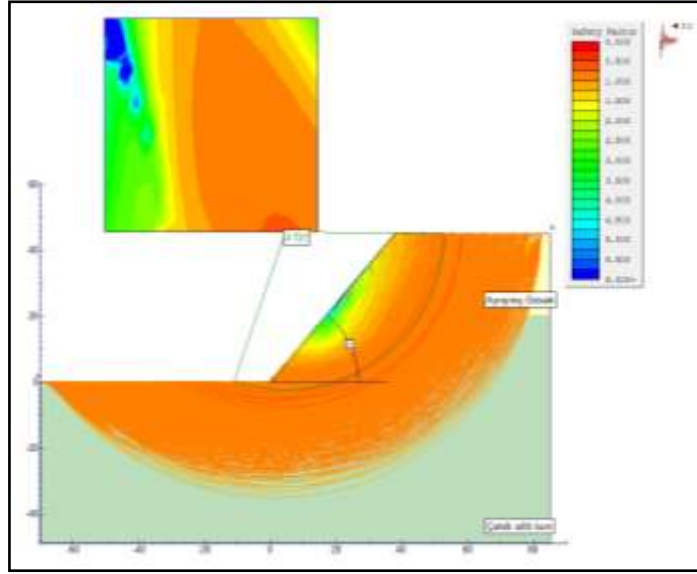


Şekil 4.56. Basitleştirilmiş Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.27)

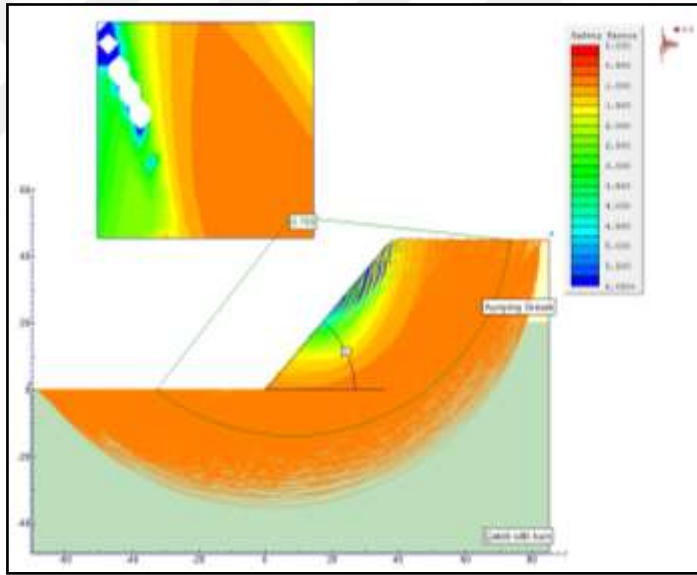
4.2.2.8 Hat 2 (Alternatif Hat)'de Dinamik Koşullarda 50° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.57. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.92)



Şekil 4.58. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.72)

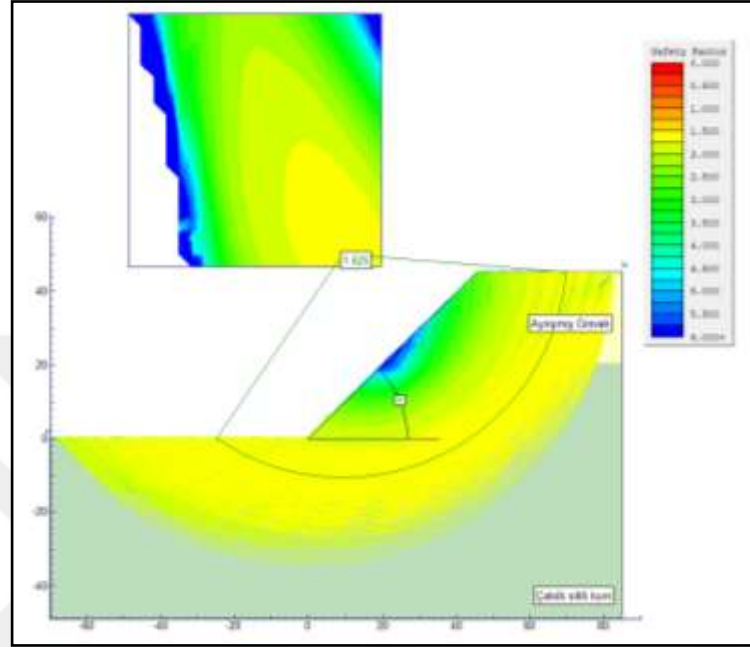


Şekil 4.59. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:0.79)

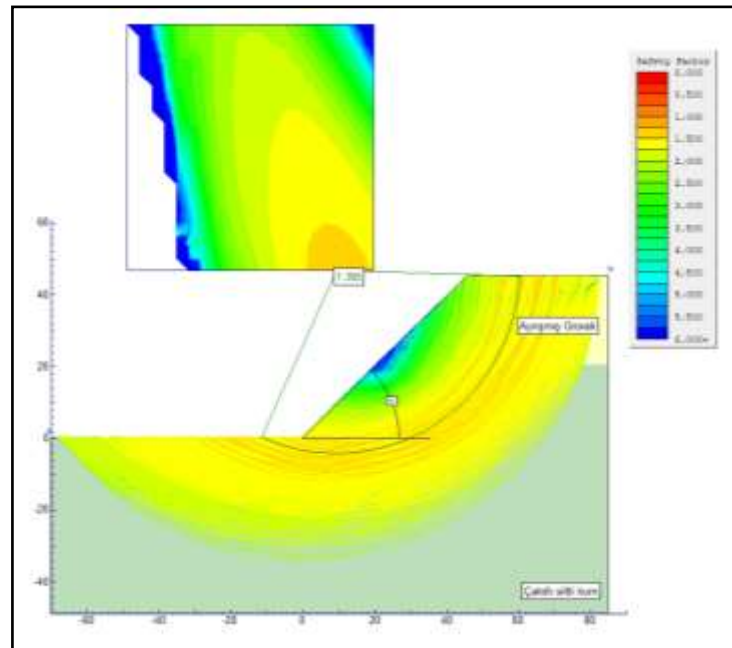
50° şevlendirilen yarmaların statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.31 olduğu, Bishop'a göre 1.02 olduğu ve Jambu'ya göre ise 1.27 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla şev açısının 50°'ye düşürülmesi durumunda statik durumda tüm yöntemlere göre şevin stabilitesini koruyacağı görülmüştür. İlave olarak deperem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 0.92 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 0.72

olduğu ve basitleştirilmiş Jambu' ya gore ise 0.79 olduğu gorlmstr. Her ne kadar statik durum için açılacak şevler güvenli olsa da dinamik koşullar için duraylı değildir.

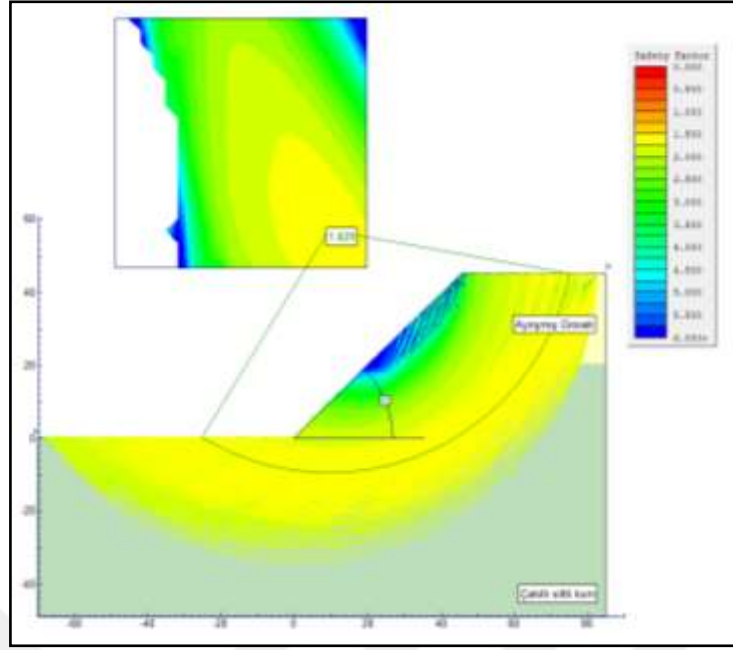
4.2.2.9 Hat 2 (Alternatif Hat)'da Statik Koşullarda 45° Açıda Yapılan şev Analizi



şekil 4.60. Fellenius yntemine gore yapılan şev analizi (FS:1.62)

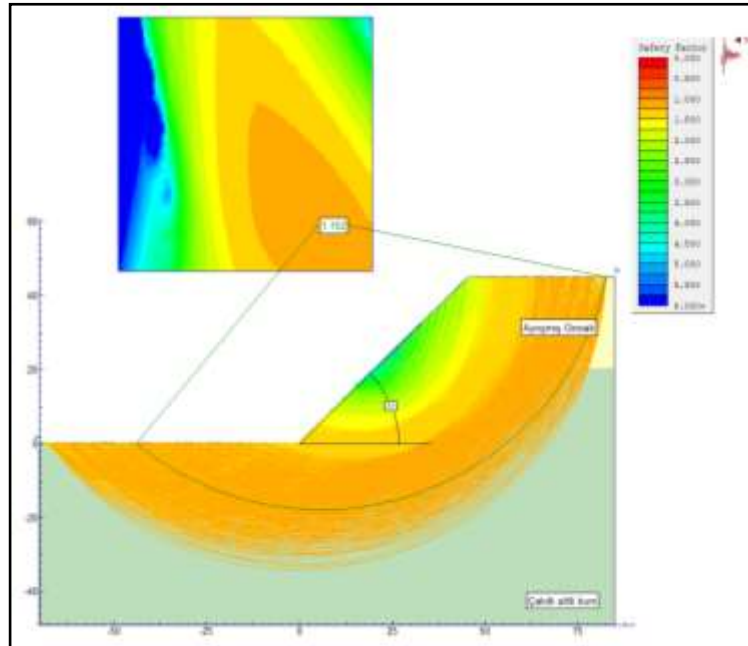


şekil 4.61. Basitleştirilmiş Bishop yntemine gore yapılan şev analizi (FS:1.38)

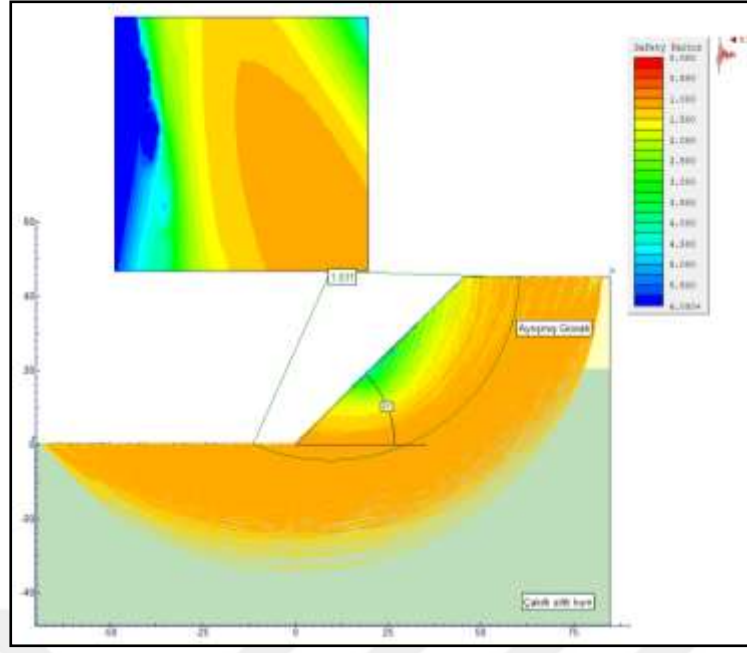


Şekil 4.62. Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.63)

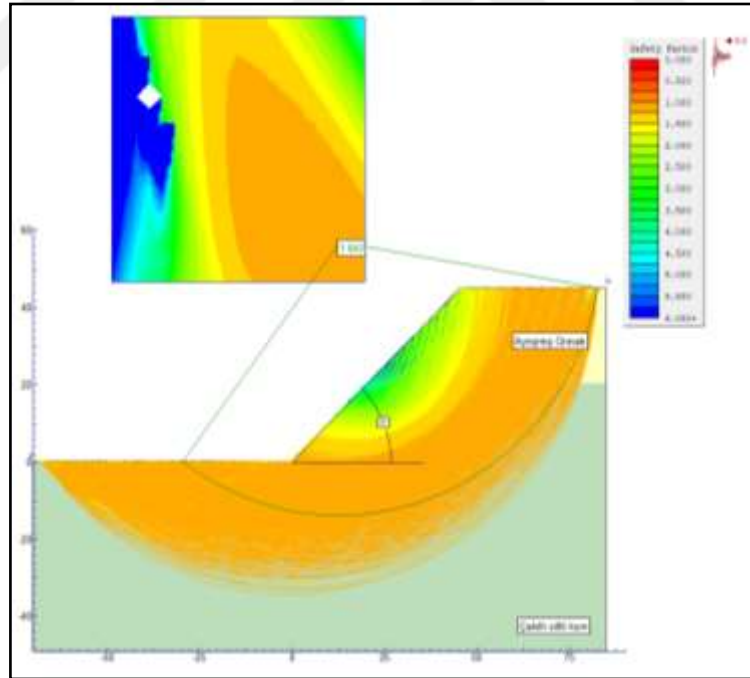
4.2.2.10 Hat 2 (Alternatif Hat)'de Dinamik Koşullarda 45° Açıda Yapılan Şev Analizi



Şekil 4.63. Dinamik koşullarda Fellenius yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.15)



Şekil 4.64. Dinamik koşullarda Bishop yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.03)



Şekil 4.65. Dinamik koşullarda Jambu yöntemine göre yapılan şev analizi (FS:1.04)

Alternatif güzergahın 45° şevlendirilmesi durumunda statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.62 olduğu, Bishop'a

göre 1.38 olduğu ve Jambu'ya göre ise 1.63 olduğu görölmektedir. Dolayısıyla Şev açısının 45°'ye düşürölmesi durumunda tüm yöntemlere göre Şevlerin stabilitesini korayacağı görölmüştür. İlave olarak deperem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.15 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 1.03 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 1.04 olduğu görölmüştür. Analiz Şekillerinden de anlaşılacağı üzere Şevin 45° açılması durumunda hem statik koşullarda hem de dinamik koşullarda herhangi bir duraysızlık problemi beklenmemektedir.



BÖLÜM V

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma Ankara İli, Elmadağ İlçesi sınırlarında bulunan Devlet Demiryollarına ait Ankara – Kayseri tren hattı T7 tünelinin mevcut güzergâhının ve idare tarafından önerilen alternatif güzergâhın zemin etütlerinin yapılması ve bu güzergâhlarda yapılması planlanan sandık tipi açık yarmaların şev güvenlik açılarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Çalışma sahası içerisinde 6 farklı noktada derinlikleri 20 ile 35 m arasında değişen derinliklerde wire-line yöntemiyle karotlu sondaj yapılmış, laboratuvar deneyleri yapılabilmesi için kayadan karot numuneler zeminden ise aynı yöntemle zemin numunesi alınmıştır.

Çalışma sahası içerisinde topografik ölçümler alınmış şev geometrileri daha detaylı bir şekilde tanımlanmıştır. Saha içerisinde belirlenen en düşük kot tünel giriş portalı olup 1001 m en yüksek kot ise 1601 m'dir.

Karot verileri ve yapılan arazi değerlendirmeleri sonucu; düşey zemin profilinin topoğrafyayada bağlı olarak heterojen olduğu, genel olarak üstte karot verimi yüksek kireçtaşının olduğu, onun altında elmadağ formasyonu olarakta bilinen filiş-ayrışmış grovak karışımı karmaşık melanjdan oluştuğu, altta ise her yer 6-7 metreye varan kil ve iri taneli blok- çakıl- kum'dan oluştuğu gözlenmiştir. Düşey zemin profilinin heterojen olmasından dolayı kuyular arasında korelasyon yapılamamıştır.

Karot verileri süreksizlik değerlendirmeler sonucu ayrıışmış kaya grovak kaya biriminin RocLab1.0 programında Morh-Clomb hipotezine göre kaya kütlesi içsel sürtünme parametreleri belirlenmiştir, buna göre ayrıışmış grovak kayasının Hat 1 için belirlenen içsel sürtünme açısı 37.58° , kohezyonu ise 301 kPa'dır. Bu hatta yüksek plastisiteli killi zemin için içsel sürtünme açısı 15° kohezyonu ise 101 kPa'dır. Silikli kum zeminin içsel sürtünme açısı 23° , kohezyonu ise 4° olarak analizlere girilmiştir. Hat 2 (alternatif güzergâh) içinde doğrudan laboratuvarda belirlenen içsel sürtünme parametreleri girilmiştir.

45° şevlendirilen yarmaların statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.64 olduğu, Bishop'a göre 1.37 olduğu ve Jambu'ya göre ise 1.57 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla şev açısının 45°'ye düşürülmesi durumunda tüm yöntemlere göre şevlerin stabilitesini koruyacağı görülmüştür. İlave olarak deprem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.26 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 1.005 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 1.11 olduğu görülmüştür. Analiz şekillerinden de anlaşılacağı üzere şevin 45° açılması durumunda hem statik koşullarda hem de dinamik koşullarda herhangi bir duraysızlık problemi beklenmemektedir.

Yarmanın Hat 1 üzerinden açılması durumunda güvenli şev açısı 45°'dir. Şevin eğim açısının daha dik açılmasının istenmesi durumunda ilave iksa projesinin yapılması gerekmektedir.

Yarmanın Hat 2 (alternatif güzergah) üzerinde açılması durumunda şevin ilave güvenlik önlemi almadan 45° ile şevlendirilmesi durumunda statik koşullarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.62 olduğu, Bishop'a göre 1.38 olduğu ve Jambu'ya göre ise 1.63 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla şev açısının 45°'ye düşürülmesi durumunda tüm yöntemlere göre şevlerin stabilitesini koruyacağı görülmüştür. İlave olarak deprem yükü ilave edilerek yapılan analizlerde de güvenlik katsayısının Fellenius'a göre 1.15 olduğu, basitleştirilmiş Bishop'a göre 1.03 olduğu ve basitleştirilmiş Jambu'ya göre ise 1.04 olduğu görülmüştür. Analiz şekillerinden de anlaşılacağı üzere şevin 45° açılması durumunda hem statik koşullarda hem de dinamik koşullarda herhangi bir duraysızlık problemi beklenmemektedir.

Yarmanın Hat 2 (alternatif güzergâh) üzerinden açılması durumunda güvenli şev açısı 45°'dir. Şevin eğim açısının daha dik açılmasının istenmesi durumunda ilave iksa projesinin yapılması gerekmektedir.

Özet olarak; Hat 1 (mevcut tren yolu hattı) ya da Hat 2 güzergahlarından hangisinden açılırsa açılın güvenli şev açısı 45° ile sınırlandırılmalı, şevin eğim açısının 45°'nin üzerine çıkması durumunda ilave topuk önlemlerinin alınması, zeminin düşey profili heterojen olduğu ve herhangi bir tabakalanma içermediği için açılacak sandık tipi yarmanın hem sağ hem de sol yamacı aynı eğimle konumlandırılmalıdır. Jeoteknik ve

geoteknik açıdan her iki hatta hemen hemen aynı teknik özelliklere sahip olduğundan kbaj hesabı ve kamulaştırma maliyeti dikkate alınıp hat seçimi idare tarafından yapılmalıdır.



KAYNAKLAR

Akıncı A.C ve Unlugenc U.C ‘Yahşihan (Kırıkkale) ve Civarının Tektono - Stratigrafisi’ *Yerbilimleri Geosound* S.n: (53) Adana, 2008

Aksoy, R. ve Demiröz, A. ‘The Konya earthquakes of 10–11 September 2009 and soil conditions in Konya’, Central Anatolia, *Turkey.Natural Hazards and Earth System Science*, 12(2): 295-303, 2012,

Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağer, Z., Catal, E., Sozeri, B., Yıldırım, H., Hakyemez, Y., ‘Ankara Elmadağ Kalecik Dolayının Temel Jeoloji Özellikleri’, ‘*Ankara Jeoloji Mühendisliği*’, Ankara, s. 31-46. 1984.

Akyürek, B., Akbaş, B., Dağer, Z., ‘1/100000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Çankırı E16 paftası’, ‘*MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi*’, Ankara, 1988.

Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., Yaşar, T., ‘1/100000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Ankara F15 paftası’, ‘*MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi*’, Ankara, 1997

Am Celâl ve Y Yılmaz – ‘Elsevier Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach’, *Tectonophysics*, 1981

Andaç, İ., Ovacık (Silifke) Kuvarsit Açık İşletmesinin Stabilitte Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 81 s, 2004.

Arioğlu, E. ve Tokgöz, N., Çözümlü Problemlerle Şev Stabilitte Analizi. *Evrin Yayinevi, İstanbul*, 417 s, 2005.

Bailey, E. and Mc Callien W., ‘The Ankara melange and the Anatolian thrust’ ‘*MTA Mecm*’, no. 403, Ankara, s. 1663, 1950.

Bishop, A.W., The Use of The Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slope. *Geotechnique*, 5, 7-17, 1955.

Chaput, E., "Ankara mntıkasının 1/135-000 mikyasında jeoloji haritasına dair izahat", *Geol. Enst.*, İstanbul, 1931.

Duru, M. ve Aksoy, A., "1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Bolu H29 paftası", *MTA Jeoloji Etüdleri Dairesi*, Ankara, 42, 2002.

Eren, Y., Eldeş – Derbent – Tepeköy – Söğütözü Arasının Jeolojisi, Doktora Tezi *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 224 s, 1993a,

Erguvanlı K., Mühendislik Jeolojisi. *Eren Ofset*, İstanbul, 590 s, 1994.

Erol, O., "Ankara civarının jeolojisi hakkında rapor", "*MTA Enstitüsü yayını*", no: 2491, Ankara s. 238, 1954.

Erol, O., Yurdakul, E., Algan, U., Gürel, N., Herece, E., Tekirli, E., Ünsal, Y., Yüksel, M., "Ankara metropoliten arazi kullanım haritası", "*MTA Enstitüsü raporu*", Ankara s. 99, 1980.

Erol, O., "Ankara yöresinin jeomorfolojik gelişimi", "*Jeoloji Sempozyumu Bildirileri*", s. 25-35, 1991.

Glass, C.E., The Influence of Seismic Events on Slope Stability. *Bulletin Of SME*, 89-96s, 2000.

Göğer, E. ve Kırıl, K., Kızılören Dolayının Jeolojisi, *M.T.A. Rapor No: 5204*, Ankara, 1969,

Görmüş, M., Kızılören, (Konya) Dolayının Jeoloji İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya , 67 s, 1984,

Görür, N., Oktay, F.Y., Seymen, İ. and Şengör, A.M.C. Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: sedimentary record of a NeoTethyan closure. In: J.E. Dixon, Robertson, A.H.F. (Editor), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. The Geol. Society, Oxford (**Blackwell Sci. Publ.**), pp. 467-482, 1984.

Gümüş, M.K. Ankara Çayı'na Ait Eski Alüvyonlarının Jeokimyasal ve İzotopik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, **Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gümüşhane, 2016.

İleri, İ., Elivan - Elmadağ Tektonik Kaması Güney Sınırı, Yüksek Lisans Tezi, **Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara Sayfa:68, 2007.

Janbu, N., Application of Composite Slide Circles for Stability Analysis. **Proc. Europ. Conference on Stab. Of Earth Slopes**, Stockholm-İsveç, 3:43-49, 1954.

Karpuz, C. ve Hindistan, M.A., **Kaya Mekaniği İlkeleri, Uygulamaları**, Ankara TMMOB Maden Mühendisleri Odası 2006.

Kayabalı, K., Kaya Şev Mühendisliği. **Fersa Matbaacılık**, Ankara, 437 s, 2006.

Keskin, M.Ö., Etude de la Stabilité des Talus et de la Fosse Finale et des Verses à Steriles de la Carrière de Quartzite d'Ovacık-Kargıcak (Turquie). **ENSMP Lisansüstü Projesi**, Paris-Fransa,41 s, 2005.

Koçyiğit, A., ‘‘Changing stress orientation in progressive intracontinental deformation as indicated by the Neotectonics of the Ankara region (NW Central Anatolia)’’, ‘‘**TPJD Bülteni**’’, 3 (1), s. 43-55, 1991.

Özcan, A., Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Uysal, S. ., Şentürk, K., and Işk, A.: Late Paleozoic evolution of the Kütahya-Bolkardağı belt, **METU J. Pure Appl. Sci.**, 21, 211–220, 1988.

Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K. ve Işık, A., Konya-Kadınhanı-İlgın Dolayının Temel Jeolojisi, *M.T.A. Genel Müd. Jeolojisi Etüdler Dairesi, Rapor No:9535*, Ankara, 1990,

Öztürk, K., Kurt, M., Öztürk, M. Ankara - Bala - Kesikköprü - Madentepe - Büyükocak - Çataldere - Camisağır demir yatakları jeoloji ve rezerv, *Maden Tetkik ve Arama Rapor No: 7355* Ankara (yayımlanmamış), 1983.

Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karakuş, K., Fodor, L., Araz, H., Karadenizli, L., ‘‘Does continuous compressive tectonic regime exist during Late Paleogene in NW Central Anatolia, Turkey’’, ‘‘*Turkish journal of Earth Sciences*’’, 6, s. 77- 83, TÜBİTAK, 1997.

Skempton A.W., The $\phi=0$ Analysis for Stability and Its Theoretical Basis. *Proc. Second Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng.*, Rotterdam, Vol.1:72, 1948.

Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, *Special Publication*, 37, 227-264, 1985.

URL – 1, ‘‘<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>’’,2000

URL – 2, Kuzey Anadolu Fay hattı Nıksar dolaylarında en önemli çatallanmasını yaparak Ezinepazarı-Sungurlu fayını oluşturur. ‘‘<https://amasya.ktb.gov.tr/TR-59474/aktif-fay-hatlari.html>’’

(URL – 3) Meteoroloji Genel Müdürlüğü yıllara göre olan hava tahmin değerlendirmesi ‘‘<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceleristatistik.aspx?m=ANKARA#>’’

Taylor, D.W., Stability of Earth Slopes. *J. Boston Soc. Civil Eng.*, 24, 197 s, 1937.

Terzaghi, K., Mechanisms of Landslides. *Eng. Geology*, Berkeley-ABD, 1950.

Varol, B. ve Gökten, E., ‘‘The Facies Properties and Depositional Environments of Nodular and Red Marly Limestones "Ammonitico Rosso" in the *Ankara Jurassic Sequence*’’, ‘‘*Terra Nova*’’, Central Turkey, 6, s. 64-71, 1994.

Wiesner, K., Konya civa yatakları ve bunlar üzerindeki etüdler, *M.T.A. Enstitüsü Dergisi*, Konya, 70,178 – 213 s, 1968.



ÖZ GEÇMİŞ

03.01.1989'da Nevşehir'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimimi Nevşehir'de tamamladı. 2008 yılında girdiği Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 2012 yılında mezun oldu. 2012-halen, Jeoloji Mühendisliği görevini özel sektörün çeşitli kollarında devam ettirmektedir. 2012 Haziran ayında başvurduğu Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Anabilim dalındaki yüksek lisans/master eğitimine devam etmektedir.



