

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :
ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

Sonlu elemanlar ve limit denge yöntemleri kullanılarak şev stabilitesi analizinin yapıldığı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Geoteknik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmam süresince her türlü desteği sağlayan tez danışmanım olan değerli hocam Prof. Dr. S. Banu İKİZLER'e,

Çalışmam süresince değerli yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Erol ŞADOĞLU'na,

Çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşım Y. Müh. Elif Nur KALEMCI'ye ve değerli arkadaşlarıma,

Desteklerini ve sevgilerini hayatım boyunca hissettiğim, maddi ve manevi her türlü imkânı sağlayan sevgili aileme,

Sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Ayşe Gülcan ÇOLAK

Trabzon, 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sonlu Elemanlar ve Limit Denge Yöntemleri İle Şev Stabilitesi Analizi: Zonguldak-Devrek Çayı Islah Projesi Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. S. Banu İKİZLER’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 20/02/2024

Ayşe Gülcan ÇOLAK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ	XVI
SEMBOLLER DİZİNİ	XVII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Literatür Taraması	1
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.4. Heyelanlar	3
1.5. Şev Hareketlerinin Sınıflandırılması	6
1.6. Şev Kaymalarına Neden Olan Faktörler	10
1.7. Şevlerin Stabilitesi	10
1.7.1. Şev Stabilitesi Problemleri	10
1.7.2. Şev Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi	11
1.7.2.1. Ön Zemin Araştırmaları	11
1.7.2.2. Arazi Deneyleri	12
1.7.2.3. Laboratuvar Deneyleri	13
1.7.2.4. Geri Hesap Yöntemi	13
1.8. Şev Stabilitesi Analiz Yöntemleri	14
1.8.1. Güvenlik Sayısı	14
1.8.2. Limit Gerilme Yöntemi	15
1.8.3. Limit Denge Yöntemi	15
1.8.3.1. Alışılmış Dilimler Yöntemi	16
1.8.3.2. Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi	17

1.8.3.3.	Janbu Yöntemi.....	17
1.8.3.4.	Spencer Yöntemi	18
1.8.3.5.	Morgenstern ve Price Yöntemi.....	19
1.8.3.6.	Culmann Yöntemi.....	19
1.8.4.	Sonlu Elemanlar Yöntemi	20
1.9.	Sismik Şev Stabilitesi Analizi	20
1.10.	Şev Stabilite Yöntemleri	20
1.10.1.	Yük Boşaltma-Destek Dolgusu	21
1.10.2.	Drenaj.....	22
1.10.3.	Dayanma Yapıları.....	23
1.10.3.1.	İstinat Duvarları.....	23
1.10.3.2.	Palplanşlar	25
1.10.3.3.	Ankrajlar	26
1.10.3.4.	Zemin Çivileri	26
1.10.3.5.	Kazıklar	27
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR	31
2.1.	Çalışma Alanının Coğrafi Konumu	31
2.2.	Çalışma Alanının Jeolojik Yapısı	32
2.3.	Çalışma Alanının Afet Durumu.....	33
2.4.	Çalışma Alanından Elde Edilen Veriler.....	35
2.4.1.	Sondaj Çalışması	35
2.4.2.	Presiyometre Deneyi.....	37
2.4.3.	İnklinometre Ölçümleri.....	38
2.4.4.	Laboratuvar Deneyleri	41
2.5.	İdealize Zemin Kesiti.....	43
2.6.	Fore Kazık Sistemi İçin Yapılan Sayısal Analizler	43
2.6.1.	Sonlu Elemanlar Analiz Programı	44
2.6.2.	Malzeme Modelleri.....	44
2.6.2.1.	Lineer Elastik Model	45
2.6.2.2.	Mohr-Coulomb Zemin Modeli	45
2.6.2.3.	Pekleşen Zemin Modeli	45
2.6.2.4.	Yumuşak Zemin Modeli	45
2.6.3.	Limit Denge Analiz Programı	46

2.6.4.	Geoteknik Tasarım ve Kullanılan Zemin Parametreleri	46
2.6.5.	Statik Y¼kler Etkisinde Yapılan Analizler.....	47
2.6.6.	Dinamik Y¼kler Etkisinde Yapılan Analizler	74
3.	SONUÇLAR	82
4.	ÖNERİLER	85
5.	KAYNAKLAR.....	86
6.	EKLER	90
ÖZGEÇMİŞ		



ÖZET

SONLU ELEMENLAR VE LİMİT DENGİ YÖNTEMLERİ İLE ŞEV STABİLİTESİ ANALİZİ: ZONGULDAK-DEVREK ÇAYI İSLAH PROJESİ ÖRNEĞİ

Ayşe Gülcan ÇOLAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. S. Banu İKİZLER
2024, 89 Sayfa, 16 Sayfa Ek

Geoteknik mühendisliğinin en önemli konularından biri şevlerin stabilitesidir. Şevler günümüzde yerleşim alanı olarak kullanıldığı gibi ulaşım için de kullanılmaktadır. İnsanların faaliyetlerini güvenli koşullar altında sürdürebilmesi için şevlerin stabilitesinin sağlanması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda geoteknik mühendisleri gerekli analizleri gerçekleştirerek, şev stabilitesinin sağlanabilmesi için en uygun mühendislik çözümünü belirlemelidir.

Bu tez çalışmasında Zonguldak ili Devrek ilçesi Devrek Çayı sol sahili için şev stabilitesine yönelik çalışmalar, sonlu elemanlar analiz programı Plaxis 2D ve limit denge analiz programı Slide2 kullanılarak yapılmıştır. İlk olarak doğal durum için şev stabilitesi analizi yapılmış ve statik durum için yeterli güvenlik sayısının elde edilemediği görülmüştür. İstenilen güvenlik sayısına ulaşabilmek için statik yükler etkisi altında uzun süreli şev stabilitesi analizleri yapılmıştır. Analizler için şev topuğundan başlanarak yaklaşık 20 m aralıklarla 3 farklı referans noktası seçilmiştir. Seçilen referans noktalarında 80 cm çaplı 12 m, 15 m, 20 m ve 24 m boylu tek sıra fore kazık sistemleri için analizler gerçekleştirilmiştir. 1. ve 2. referans noktalarına uygulanan fore kazık sistemlerinin istenilen güvenlik sayısını vermediği görülmüştür. Kayma yüzeyinin ortasına denk gelen 3. referans noktasına uygulanan 20 m tek sıra fore kazık sistemi için yapılan analizler sonucunda yeterli güvenlik sayısına ulaşılmıştır. Bölgenin depremselliği göz önünde bulundurularak analizler dinamik yükler etkisi altında tekrar edilmiştir. Tek sıra ve çift sıra fore kazık sistemlerinin dinamik yükler etkisi altında istenilen güvenlik sayısını vermediğinden üç sıra fore kazık sistemi ana-

liz edilmiştir. 80 cm çaplı 20 m uzunluğunda üç sıra fore kazık sisteminin dinamik yükler etkisi altında yeterli güvenlik sayısını sağladığı görülmüştür. Yapılan bütün analiz sonuçları karşılaştırılarak, uygun olan mühendislik çözümüne karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şev stabilitesi, Fore Kazık, Plaxis 2D, Slide2



Master Thesis

SUMMARY

SLOPE STABILITY ANALYSIS USING FINITE ELEMENTS AND LIMIT EQUILIBRIUM METHODS: ZONGULDAK-DEVREK STREAM IMPROVEMENT PROJECT EXAMPLE

Ayşe Gülcan ÇOLAK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. S. Banu İKİZLER
2024, 89 Pages, 16 Pages Appendix

One of the most important issues in geotechnical engineering is the stability of slopes. Today, the slopes are used as residential areas as well as for transportation. The stability of slopes must be ensured so that people can continue their activities under safe conditions. For this purpose, geotechnical engineers must perform the necessary analyzes and determine the most appropriate engineering solution to ensure slope stability.

In this thesis study, slope stability studies for the left bank of Devrek Stream in Devrek district of Zonguldak province were carried out using the finite element analysis program Plaxis 2D and the limit equilibrium analysis program Slide2. Firstly, slope stability analysis was carried out for the natural situation and it was seen that sufficient safety number could not be obtained for the static situation. In order to reach the desired safety number, long-term slope stability analyzes were carried out under the influence of static loads. For the analyses, three different reference points were selected, starting from the toe of the slope, with approximately 20 m intervals. Analyzes were carried out for single row bored pile systems with a diameter of 80 cm and lengths of 12 m, 15 m, 20 m and 24 m at selected reference points. It has been observed that the bored pile systems applied to the 1st and 2nd reference points do not provide the desired safety number. As a result of the analyzes carried out for the 20 m single row bored pile system applied to the 3rd reference point corresponding to the middle of the sliding surface, the sufficient safety number was reached. Considering the seismicity of the region, the analyzes were repeated under the influence of dynamic loads. Since single row and double row bored pile systems do not provide the de-

sired safety number under the influence of dynamic loads, three rows of bored pile systems were analyzed. It has been observed that three rows of bored pile system with a diameter of 80 cm and a length of 20 m provides sufficient safety number under the influence of dynamic loads. By comparing all analysis results, the appropriate engineering solution was decided.

Key Words: Slope stability, Bored Pile, Plaxis 2D, Slide2



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Heyelan kısımları	4
Şekil 2. Türkiye Heyelan Yoğunluk Haritası ve Türkiye Aktif Fay Haritası	5
Şekil 3. Heyelanların gerçekleşme sayısı dikkate alındığında illere dağılımı	6
Şekil 4. Düşme türü hareket.....	7
Şekil 5. Devrilme türü hareket.....	8
Şekil 6. Kayma türü hareket	8
Şekil 7. Yanal yayılma türü hareket.....	9
Şekil 8. Akma türü hareket	9
Şekil 9. Karmaşık tür hareket	9
Şekil 10. Döner-darbeli sondaj yöntemi ve döner sondaj yöntemi.....	12
Şekil 11. Şev dilimlerine etki eden kuvvetler	16
Şekil 12. Spencer güvenlik sayısı (Krahn, 2004).....	18
Şekil 13. Culmann yöntemi	19
Şekil 14. Yük boşaltma ile şev stabilitesi.....	21
Şekil 15. Destek dolgusu ile şev stabilitesi	22
Şekil 16. Drenaj ile şev stabilitesi.....	23
Şekil 17. Ağırlık istinat duvarı.....	24
Şekil 18. Betonarme istinat duvarı.....	24
Şekil 19. Palplanş.....	25
Şekil 20. Ankraj	26
Şekil 21. Zemin çivisi.....	27
Şekil 22. Ahşap kazıklar.....	28
Şekil 23. Çelik kazıklar	28
Şekil 24. Fore kazık uygulaması.....	29
Şekil 25. Aralıklı kazıklı perde	29
Şekil 26. Teget kazıklı perde	30
Şekil 27. Bindirme kazıklı perde	30
Şekil 28. Çalışma alanı yer bulduru haritası.....	31
Şekil 29. Çalışma alanı ve çevresinin genel ölçeksiz jeoloji haritası.....	32

Şekil 30.	Türkiye deprem tehlike haritası	33
Şekil 31.	Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması verileri	34
Şekil 32.	Çalışma alanının heyelan haritası	35
Şekil 33.	Sondaj noktalarını gösteren vaziyet planı	36
Şekil 34.	Sondaj noktalarının gösterildiği A-A kesiti	37
Şekil 35.	Sondaj noktalarının gösterildiği B-B kesiti	37
Şekil 36.	ISK-1 sondaj kuyusu inklinometre ölçüm sonuçları	39
Şekil 37.	ISK-2 sondaj kuyusu inklinometre ölçüm sonuçları	39
Şekil 38.	ISK-3 sondaj kuyusu inklinometre ölçüm sonuçları	40
Şekil 39.	ISK-4 sondaj kuyusu inklinometre ölçüm sonuçları	40
Şekil 40.	İdealize zemin kesiti	43
Şekil 41.	Model geometrisi ve seçilen referans noktaları	48
Şekil 42.	Doğal durum analizi renk konturları	49
Şekil 43.	Doğal durum analizi için güvenlik sayısı	49
Şekil 44.	Plaxis 2D analiz aşamaları	50
Şekil 45.	1. referans noktası için 15 m kazık boylu model geometrisi	50
Şekil 46.	1. referans noktası için 15 m kazık boylu renk konturları	50
Şekil 47.	1. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı	51
Şekil 48.	2. referans noktası için 12 m kazık boylu model geometrisi	51
Şekil 49.	2. referans noktası için 12 m kazık boylu renk konturları	52
Şekil 50.	2. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı	52
Şekil 51.	2. referans noktası için 15 m kazık boylu model geometrisi	53
Şekil 52.	2. referans noktası için 15 m kazık boylu renk konturları	53
Şekil 53.	2. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı	53
Şekil 54.	2. referans noktası için 20 m kazık boylu model geometrisi	54
Şekil 55.	2. referans noktası için 20 m kazık boylu renk konturları	54
Şekil 56.	2. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı	55
Şekil 57.	2. referans noktası için 24 m kazık boylu model geometrisi	55
Şekil 58.	2. referans noktası için 24 m kazık boylu renk konturları	56
Şekil 59.	2. referans noktası için 24 m kazık boylu güvenlik sayısı	56
Şekil 60.	3. referans noktası için 12 m kazık boylu model geometrisi	57
Şekil 61.	3. referans noktası için 12 m kazık boylu renk konturları	57
Şekil 62.	3. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı	57

Şekil 63.	3. referans noktası için 15 m kazık boylu model geometrisi	58
Şekil 64.	3. referans noktası için 15 m kazık boylu renk konturları	58
Şekil 65.	3. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı	59
Şekil 66.	3. referans noktası için 20 m kazık boylu model geometrisi	59
Şekil 67.	3. referans noktası için 20 m kazık boylu renk konturları	60
Şekil 68.	3. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı	60
Şekil 69.	Slide2 programı fore kazık özellikleri	61
Şekil 70.	Bishop'a göre doğal durum şev stabilitesi güvenlik sayısı	61
Şekil 71.	Janbu'ya göre doğal durum şev stabilitesi güvenlik sayısı	62
Şekil 72.	Bishop'a göre 1. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı	63
Şekil 73.	Janbu'ya göre 1. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı	63
Şekil 74.	Bishop'a göre 2. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı	64
Şekil 75.	Janbu'ya göre 2. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı	65
Şekil 76.	Bishop'a göre 2. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı	66
Şekil 77.	Janbu'ya göre 2. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı	66
Şekil 78.	Bishop'a göre 2. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı	67
Şekil 79.	Janbu'ya göre 2. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı	68
Şekil 80.	Bishop'a göre 2. referans noktası için 24 m kazık boylu güvenlik sayısı	69
Şekil 81.	Janbu'ya göre 2. referans noktası için 24 m kazık boylu güvenlik sayısı	69
Şekil 82.	Bishop'a göre 3. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı	70
Şekil 83.	Janbu'ya göre 3. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı	71
Şekil 84.	Bishop'a göre 3. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı	72
Şekil 85.	Janbu'ya göre 3. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı	72
Şekil 86.	Bishop'a göre 3. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı	73
Şekil 87.	Janbu'ya göre 3. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı	73
Şekil 88.	Deprem yükleri etkisinde analiz aşamaları	75
Şekil 89.	Üç sıra fore kazık model geometrisi	75
Şekil 90.	Üç sıra fore kazık renk konturları	76
Şekil 91.	Üç sıra fore kazık güvenlik sayısı	76
Şekil 92.	Bishop'a göre tek sıra fore kazık için güvenlik sayısı	77
Şekil 93.	Janbu'ya göre tek sıra fore kazık için güvenlik sayısı	78
Şekil 94.	Bishop'a göre çift sıra fore kazık için güvenlik sayısı	79
Şekil 95.	Janbu'ya göre çift sıra fore kazık için güvenlik sayısı	79

Şekil 96.	Bishop’a göre üç sıra fore kazık için güvenlik sayısı.....	80
Şekil 97.	Janbu’ya göre üç sıra fore kazık için güvenlik sayısı.....	81



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Şev Hareketlerinin Sınıflandırılması	7
Tablo 2. Yamaç ve şevlerde güvenlik sayıları.....	15
Tablo 3. Sondaj derinlikleri ve yeraltı su seviyeleri	36
Tablo 4. Presiyometre deney sonuçları	38
Tablo 5. UD numuneleri deney sonuçları.....	41
Tablo 6. SPT numuneleri deney sonuçları	42
Tablo 7. Karot numunesi deney sonucu	42
Tablo 8. Zemin parametreleri	47
Tablo 9. Kazık parametreleri	48
Tablo 10. Uzun süreli şev stabilitesi analizi güvenlik sayılarının karşılaştırılması	74
Tablo 11. Dinamik yükler etkisi altında yapılan şev stabilitesi analizi güvenlik sayılarının karşılaştırılması.....	81

SEMBOLLER DİZİNİ

W	: Ağırlık
A	: Alan
I	: Atalet momenti
V_c	: Beton katkısı
f_{ctd}	: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
D	: Çap
u	: Dilim tabanındaki ortalama ağırlık
γ	: Doğal birim hacim ağırlık
F_v	: Düşey eylemsizlik kuvvetleri
d	: Düşey uzunluk
f_0	: Düzeltme faktörü
E	: Elastisite Modülü
n_α	: Geometrik fonksiyonlar
G_s	: Güvenlik sayısı
p	: Her dilim genişliği için ortalama ağırlık
ϕ	: İçsel sürtünme açısı
GSI	: Jeolojik dayanım indeksi
τ_f	: Kayma dayanımı
τ	: Kayma gerilmesi
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını
c	: Kohezyon
Q_k	: Kritik kayma açısı
H_k	: Kritik kazı yüksekliği
LL	: Likit limit
m_i	: Malzeme sabiti
M	: Moment
σ	: Normal gerilme
PL	: Plastik limit
PI	: Plastisite indisi
S_T	: Topografik büyütme katsayısı

UCS : Tek eksenli basınç dayanımı

L : Uzunluk

F_H : Yatay eylemsizlik kuvvetleri

b_w : Yatay uzunluk



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanoğlunun en önemli ihtiyaçlarından biri barınma ihtiyacıdır. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla insanlar şehir dışında ve şehir merkezlerinde yerleşim alanları oluşturmuşlardır. Oluşturulan bu yerleşim alanlarında barınma ve ulaşım ihtiyaçlarının güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi amaçlanır. Yerleşim alanları yüzeyleri eğimli zemin kütleleri olan şevler üzerinde kurulabilmektedir. Şevlerin sahip olduğu geometri, zeminin türü, yeraltı suyu seviyesi, fiziksel ve kimyasal ayrışmalar, zemin tabakalarında görülen süreksizlikler, zemine etki eden yükler gibi nedenlerle şevlerde stabilite problemleri oluşabilmektedir. Deprem ve heyelan gibi doğal afetler de şevlerde stabilite problemine neden olmaktadır.

Türkiye topografik ve iklimsel özellikleri sonucu doğal afetlerin sıklıkla yaşandığı bir ülke konumundadır. Deprem, heyelan, sel gibi doğal afetler yıkıcı etkileriyle can ve mal kaybına neden olmakla birlikte ekonomik olarak da kayıplara yol açmaktadır.

Yıkıcı etkiler göz önünde bulundurulduğunda ülkemizde depremi en çok zarar veren doğal afet olarak heyelan izlemektedir. Heyelanların neden olduğu yıkıcı etkilere karşı koyabilmek için heyelan tehlikesi bulunan bölgelerdeki şevler arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla analiz edilmelidir. Yapılan analizler değerlendirilerek gerekli ve uygun mühendislik çözümleri uygulanmalıdır.

1.2. Literatür Taraması

Literatürde, heyelan gerçekleşme tehlikesi bulunan şevlerin limit denge yöntemi ve sonlu elemanlar yöntemi ile, Plaxis ve Slide programları kullanılarak stabilitesinin sağlanması için çözümlerin üretildiği çalışmalar bulunmaktadır.

Avcılar (İstanbul), İstanbul Üniversitesi Avcılar kampüsü, İETT Durağı, Triaj Alanı önü üzerinde oluşan heyelan incelenerek araziye dair gerekli bilgiler edinilmiştir. Şev stabilitesinin sağlanabilmesi amacıyla Plaxis programı kullanılarak kazıklı iksa sistemi ve

drenaj sistemleri uygulanmıştır. Uygulanan tedbirlerle şev stabilitesinin sağladığı sonucuna ulaşılmıştır (Genç, 2010).

Çağlayan (Kahramanmaraş) Trafo Merkezi'nde kazı sırasında oluşan şev hareketleri, Plaxis ve Slide programları kullanılarak farklı zemin kesitleri için yeraltı suyu durumu ve depremin etkileri de dahil edilerek analiz edilmiştir. İstinat duvarı ve kazık sistemi uygulanarak yapılan analizler güvenlik ve maliyet açısından karşılaştırılmıştır (Natur, 2018).

Yol yapım çalışmaları sırasında oluşan Bakırdağ (Kayseri) Heyelanı incelenmiş ve gerekli mühendislik bilgileri analizlerde kullanılmak üzere hazırlanan raporlardan alınmıştır. Plaxis programı yardımıyla şev geometrisi yeniden düzenlenerek istenilen güvenlik sayısına ulaşılmıştır (Erol,2018).

Çiftlikköy (Yalova) ilçesinde oluşan heyelan Slide ve Plaxis programları yardımıyla incelenmiştir. Slide programı kullanılarak yükler altında kazıklı ve kazıksız durumlar için güvenlik sayısı araştırılmıştır. Plaxis programı kullanılarak farklı çap ve uzunluktaki kazık sistemleri ile analizler gerçekleştirilerek uygun mühendislik çözümüne ulaşılmıştır (Karadağ, 2019).

Kireçhane (Trabzon) Ayrım-Uğurlu İl yolunda oluşan heyelan incelenmiş zemin etüt raporu hazırlanarak zemine ait özellikler belirlenmiştir. Plaxis programı kullanılarak tek sıra kazıklı ve çift sıra kazıklı sistem uygulanarak analiz yapılmış istenilen güvenlik sayısına ulaşılamamıştır. Üç sıra kazıklı sistem uygulandığında istenilen güvenlik sayısı sağlanmıştır. Bu çözüme ek olarak en güvenilir ve ekonomik çözüme ulaşmak amacıyla palyeli kazı ile palyeli kazı ve iksa kazığının birlikte uygulandığı sistemler de çözülmüştür. Daha sonra uygulanan bu sistemlerin maliyet hesabı yapılarak karşılaştırılmıştır (Keleşoğlu, 2020).

Beşikdüzü İskenderli Tonya (Trabzon) heyelanının mevcut durumu incelenmiştir. Heyelan riski gözlenen arazide sonlu elemanlar yöntemi ile Plaxis programı kullanılarak sırasıyla şevde kademelendirme ve iksa duvar uygulanmış fakat istenilen güvenlik sayısına ulaşılamamıştır. Fore kazık sistemi uygulanarak yapılan analizde istenilen güvenlik sayısına ulaşılmış ve şev stabilitesinin bu sistem uygulanarak sağlanabileceğine ulaşılmıştır (Kul, 2022).

Isparta ilinde, topuk bölümünde yapı inşa edilmesi planlanan bir şevin heyelan tehlikesi incelenmiştir. Plaxis, Slide, FLAC Slope programları kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi, limit denge yöntemi ve sonlu farklar yöntemi ile kazık sistemi ile şev stabilitesini sağlamaya yönelik analizler yapılmıştır (Sürücü, 2022).

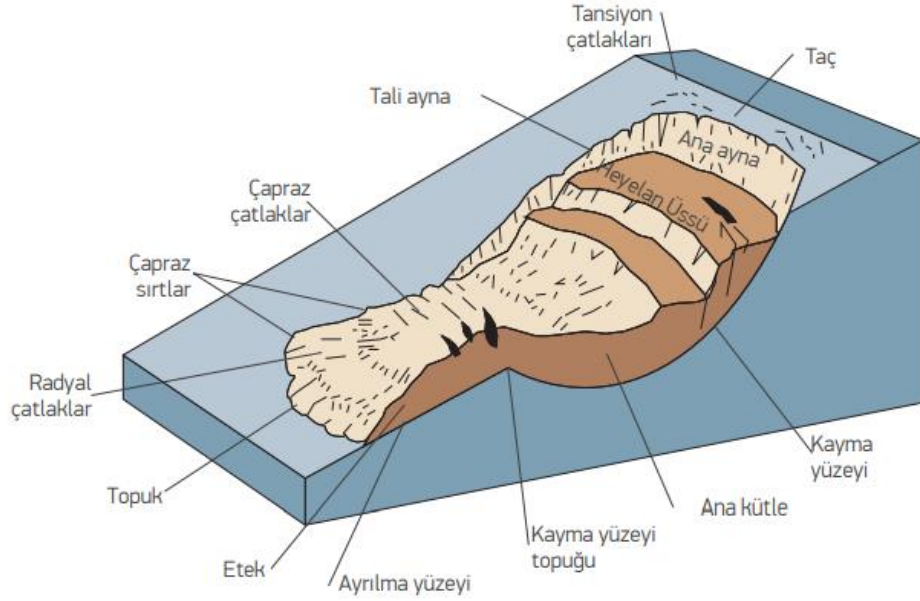
Düzköy (Trabzon) Çal Orta Mahallesi'nde oluşan heyelan incelenmiştir. Plaxis ve Slide programı yardımıyla sonlu elemanlar yöntemi ve limit denge yöntemi ile şev stabilitesini sağlamak amacıyla fore kazık sistemi çözülerek istenilen güvenlik sayısına ulaşılmıştır. Fore kazık sistemine ek olarak suyun uzaklaştırılması amacıyla drenaj sistemi de önerilmiştir (Sivrikaya, 2022).

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında Devrek Çayı ıslah projesi kapsamında vadi yamaçlarının stabilitesini korumaya yönelik uygulamalar üzerinde çalışılmıştır. Çalışma alanının zemin durumunu ve zemin parametrelerini belirlemek amacıyla arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Elde edilen veriler birlikte değerlendirilerek idealize zemin profili belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucu 12 m'ye varan kayma zonları gözlenmiştir. Kayma zonu derinliği dikkate alınarak fore kazık yapılmasına karar verilmiştir. Plaxis 2D ve Slide programları kullanılarak sonlu elemanlar ve limit denge yöntemleri ile, seçilen ideal zemin kesiti üzerinde fore kazık sistemi uygulanarak analizler yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

1.4. Heyelanlar

Heyelan; toprak, kayaç, moloz gibi zemin malzemelerinin ya da bu zemin malzemelerinin karışımlarının yerçekimi nedeniyle aşağı yönde hareket etmesi olarak tanımlanan şev duraysızlığıdır (Cruden, Varnes, 1996). Dünya üzerinde sıklıkla meydana gelen heyelanlar hızlı bir şekilde gerçekleşebileceği gibi yavaş olarak da gerçekleşebilirler. Heyelanın kısımları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Heyelan kısımları (AFAD, 2015)

Ta: Ana aynanın en yüksek kısmının yakınında yer değişimine uğramayan zemin malzemesinin olduğu yerdir.

Ana Ayna: Zemin malzemesinin hareket etmesi ile oluşan, örselenmemiş zemin üzerindeki yer değiştirmiş zemini çevreleyen kayma yüzeyinin görünür dikey yüzeyidir.

Heyelan ss: Ta bölümü ile yer değişimine uğramamış malzeme arasında bulunan temas yüzeyi boyunca kayan zemin malzemesinin st bölümüdür.

Tali Ayna: Yer değişimine uğrayan malzemenin st bölümünde bulunan dikey yüzeydir.

Ana Kütle: Kayma yüzeyi topuğu ile ana ayna arasındaki kayma yüzeyi üzerinde bulunan yer değişimine uğrayan zemin malzemesidir.

Etek: Kayma yüzeyi topuğundan aşağıya doğru uzanmış yer değişimine uğramamış zemin malzemesinin bir kısmıdır.

Kayma Yüzeyi Topuğu: Kayma yüzeyinin alt bölümü ile zgn topografyanın arakesitidir.

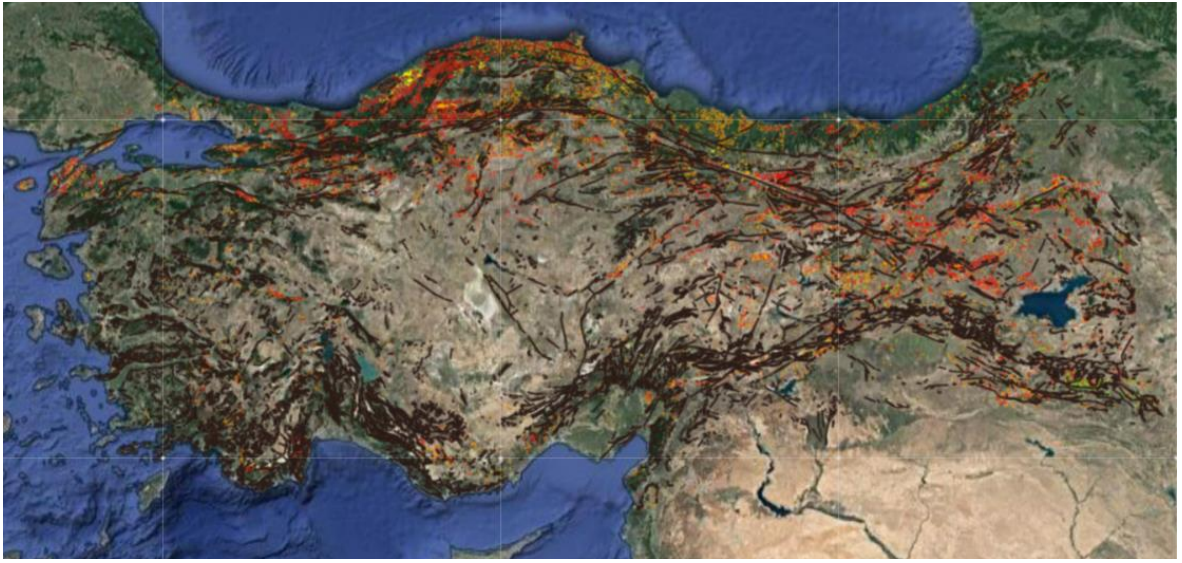
Ayrılma Yüzeyi: Etek bölümünün üzerinde bulunduğu zgn topografyadır.

Kayma Yüzeyi: zgn topografyanın üzerindeki yer değişimine uğramış zemin malzemesinin alt sınırında bulunan yüzeydir.

Topuk: Ana aynanın en uzağında bulunan yer değiştirmiş zemin malzemesinin u bölümüdür (AFAD, 2015).

Heyelanların oluşmasında etkili olan birçok doğal etken vardır. Şevlerin eğimi, bölgenin aldığı yağış miktarı, yeraltı suyu koşulları, zeminin yapısal ve litolojik özellikleri, zeminin kil içeriğinin fazla olması, donam-çözünme, bitki örtüsünün zayıf olması, erozyon heyelanların oluşmasında etkili doğal etkenlerdir.

Heyelanların oluşmasında etkili olan doğal etkenlerden biri de depremlerdir. Şekil 2’de verilen Türkiye Heyelan Yoğunluk Haritası ve Türkiye Aktif Fay Haritasında bulunan faylar incelendiğinde heyelan yoğunluğunun fay hatları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

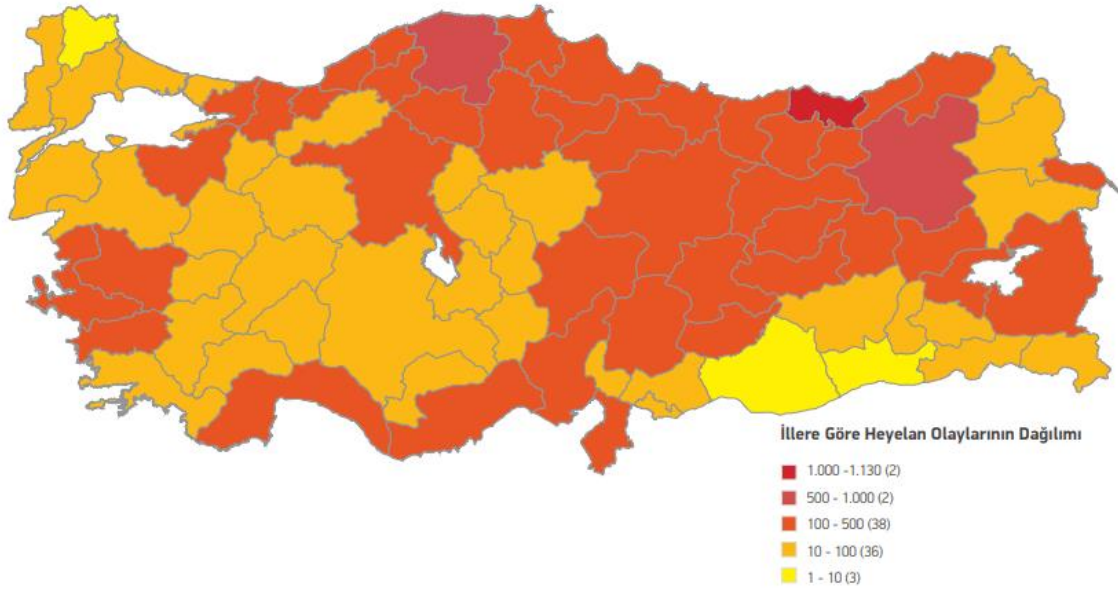


Şekil 2. Türkiye Heyelan Yoğunluk Haritası ve Türkiye Aktif Fay Haritası (URL-1, 2023)

Şev topoğrafyasının kazılması, tarımsal uygulamadaki yanlışlıklar, bitki örtüsüne yapılan müdahaleler, şev tepesinin yüklenmesi, maden çalışmalarında yapılan kazılar, yapay titreşimler gibi insan kaynaklı yapay etkenler de heyelan oluşmasına neden olabilmektedir.

Heyelanlar, can ve mal kaybının yanında birçok dolaylı zarara da yol açmaktadır. Tarım arazilerinin zarar görmesi sonucu üretimin etkilenmesi, yollarının kapanmasının ulaşım ve taşımacılıkta sorunlara yol açması, bölgedeki su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi, bölgenin değerinin azalması ve göçe yol açması, bölgenin gelişiminin can ve mal kaybı travmaları nedeniyle sektöre uğraması, bölgede önlem almak amaçlı uygulanacak mühendislik çözümlerinin maliyetli olması, heyelanın etkilemesiyle su baskınları vb. afetlerin oluşması heyelanın dolaylı zararlarındandır (Schuster, 1996).

Türkiye’de aktif fay ve fay zonlarının bulunduğu, eğimin ve yağış değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde, özellikle Karadeniz Bölgesinde heyelanlar yoğun olarak meydana gelmektedir. Şekil 3’de illere göre heyelan dağılımı verilmiştir.



Şekil 3. Heyelanların gerçekleşme sayısı dikkate alındığında illere dağılımı (Gökçe ve diğ., 2008)

1.5. Şev Hareketlerinin Sınıflandırılması

Şev hareketleri, hareket türüne göre;

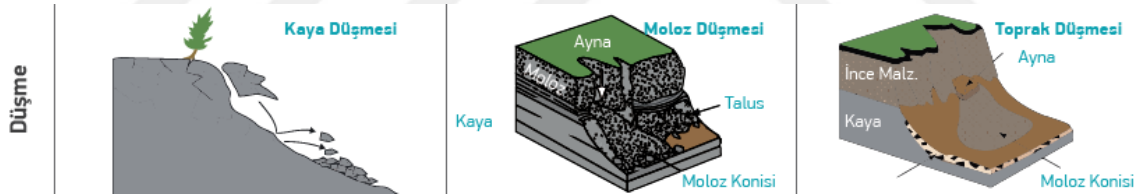
- Düşme,
- Devrilme,
- Kayma (dönel, ötelemeli),
- Yayılma,
- Akma
- Karmaşık olarak sınıflandırılmıştır.

Hareket türüne göre sınıflandırma yapılırken malzeme türleri dikkate alınarak sınıflandırma yapılmıştır. Şev hareketleri sınıflandırılması kaya ve toprak malzeme türlerine göre yapılmıştır. Sınıflandırmada toprak türü malzeme iri taneli (moloz) ve ince taneli (zemin) olarak ayrılmıştır. Karmaşık tür harekette hareket türü ve malzeme türü birden fazla türün birleşimi ile gerçekleşmektedir. Tablo 1’de şev hareketlerinin sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 1. Şev Hareketlerinin Sınıflandırılması (Varnes, 1978)

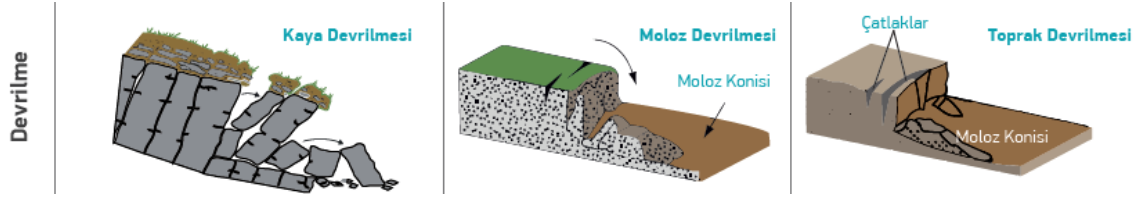
Hareket Türü	Malzeme Türü		
	Kaya	Toprak	
		İri Taneli	İnce Taneli
Düşme	Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Zemin Düşmesi
Devrilme	Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Zemin Devrilmesi
Kayma (Dönel/Ötelenmeli)	Kaya Kayması	Moloz Kayması	Zemin Kayması
Yayılma	Kaya Yayılması	Moloz Yayılması	Zemin Yayılması
Akma	Kaya Akması	Moloz Akması	Zemin Akması
Karmaşık	Karmaşık hareket ve malzeme türü		

Düşme, kaya veya toprak bloklarının yukarıdan aşağıya doğru ana kütleden kopmasıdır. Düşme sırasında kopan bloklar serbest düşme, sıçrama ve yuvarlanma hareketlerini gerçekleştirirler. Art arda gerçekleşen donma-çözünme olayları sonucu zeminde bulunan taneler arasında oluşan hidrostatik basınç nedeniyle kayaç türündeki zemin gevşer ve ayrışan parçalar düşer (Erguvanlı, 1995). Erozyon ve ağaçlandırmama da düşme hareketine neden olan etkenlerdendir. Şekil 4’de düşme türü hareket gösterilmiştir.



Şekil 4. Düşme türü hareket (AFAD, 2015)

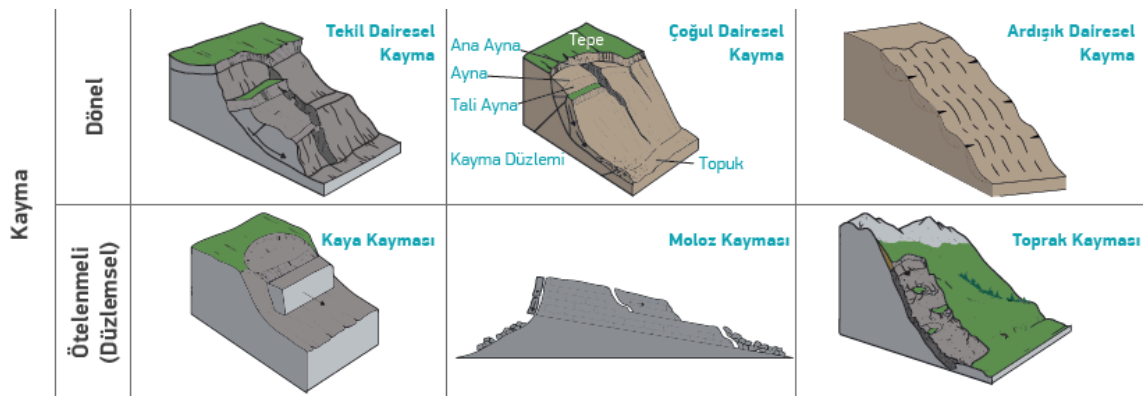
Devrilme, kaya veya toprak kütlelerinin şevden ileriye doğru ağırlık merkezi üzerindeki bir nokta boyunca yaptığı dönel harekettir. Blokların ağırlık merkezinin taban dışına düşmesi hareketin oluşmasındaki en büyük etkindir. Kaya türü çatlaklar, tabaka oluşumu, şist içeriği gibi yapısal özellikler devrilmeye neden olan etkenlerdir. Toprak devrilmelerinde ise şevin eğimi ve kohezyon değeri etkin faktörler olmakla birlikte donma-çözünme, blok geometrisi, yeraltı suyu durumu da devrilmeyi etkileyen faktörlerdendir. Şekil 5’de devrilme türü hareket gösterilmiştir.



Şekil 5. Devrilme türü hareket (AFAD, 2015)

Kayma, kaya ve toprak kütlelerinin bir ya da birden fazla yüzey boyunca dayanımını yitirmesi sonucunda yaptığı harekettir. Şev tepesinin yüklenmesi, şev topuğunun kazılması, şev eğiminin artması, su akımı gibi nedenlerden dolayı kayma gerilmelerinin artması; yağışlar sonucu zeminin su içeriğindeki artışla birlikte kohezyonunun azalması, yapay titreşimler gibi nedenlerden dolayı kayma direncinin düşmesi kayma hareketinin oluşmasına neden olur. Depremler hem kayma gerilmesini artırdığından hem de kayma direncini düşürdüğünden kayma hareketine neden olan faktörlerdendir. Kaymalar hızlı bir şekilde gerçekleşebildiği gibi yavaş olarak da gerçekleşebilirler.

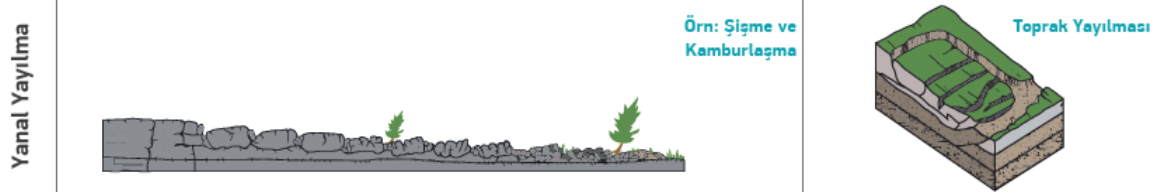
Kayma türü hareket, kütlenin hareketine göre ‘dönel kayma’ veya ‘düzlemsel kayma’ şeklinde gerçekleşir. Daha çok homojen tabakalarda görülen dönel kaymada, kütle bir eksen etrafında kayarak dairesel bir kayma yüzeyi oluşturur. Az kalınlıklı bir tabakanın, yüzeye paralel başka bir tabaka üzerinde bulunduğu, kayma yüzeyinin şev yüzeyine paralel olduğu durumlarda ise düzlemsel kayma meydana gelir (Uzuner, 2016). Şekil 6’da kayma türü hareket gösterilmiştir.



Şekil 6. Kayma türü hareket (AFAD, 2015)

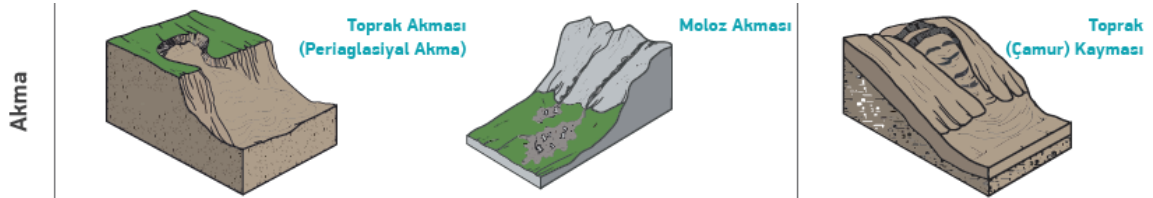
Yanal yayılma, kaya kütleleri ya da kohezyonlu toprakların üzerinde bulunduğu daha yumuşak zeminde genişlemesidir. Yumuşak zeminler üzerindeki sert malzemeyi bloklara ayırır ve hareketine dahil eder. Yanal yayılma hareketi genellikle orta eğimli şevlerde

gerçekleşmektedir. Sıvılaşma sonucu boşluk suyu basıncının aşırı artması yayılma hareketinin gerçekleşmesine yol açmaktadır. Şekil 7’de yanal yayılma türü hareket gösterilmiştir.



Şekil 7. Yanal yayılma türü hareket (AFAD, 2015)

Akma, kütlelerin serbest yüzeyler boyunca yayılarak yer değiştirmesidir. Akma hareketi yavaş ve hızlı olarak gerçekleşebilir. Kar erimeleri ve yağış su miktarını artırarak hızlı akma hareketini oluşturmaktadır. Yavaş akmaya krip de denilmektedir. Kaya kribine neden olan faktörler arasında iklimsel durum, bitki köklerinin varlığı, dönme-çözünme etkisi sayılabilir. Toprak kribinde ise en önemli etken su varlığıdır. Zemin danelerinin şişmesi veya emin boşluğunda bulunan suyun donup erimesi kribe neden olmaktadır (Kaynak, 2007). Şekil 8’de akma türü hareket gösterilmiştir.



Şekil 8. Akma türü hareket (AFAD, 2015)

Birden fazla hareket türünün birlikte meydana gelmesi ile karmaşık hareket türü gerçekleşmektedir. Şekil 9’da karmaşık tür hareket gösterilmiştir.



Şekil 9. Karmaşık tür hareket (AFAD, 2015)

1.6. Şev Kaymalarına Neden Olan Faktörler

Şevlerin aşağı doğru hareket etmesine neden olan temel etken yerçekimi kuvvetidir. Zemin kütleleri, kayma gerilmesini artıran ya da kayma direncini azaltan faktörler etkisiyle kayma hareketini gerçekleştirir.

Kayma gerilmesini artıran faktörler;

- Şev eğiminin artması
- Şev üst yüzeyindeki yükler
- Şev topuğunun aşınması
- Boşluk suyu basıncının artması
- Deprem olarak sıralanabilir.

Kayma direncini azaltan faktörlere;

- Kohezyonlu zeminlerin su içeriğindeki artış nedeniyle kohezyonlarının düşmesi
- Kohezyonsuz zeminlerde titreşim etkisi nedeniyle taneler arasındaki sürtünme kuvvetlerinin azalması
- Boşluksuyu basıncındaki artış örnek gösterilebilir (Uzuner,2016).

1.7. Şevlerin Stabilitesi

Şev yüzeyinin olası kayma tehlikesini hesaplayabilmek için topografyası bilinmeli ve kaymanın oluşabileceği kritik bölümlerde arazi çalışmaları yapılmalı ve numuneler alınmalıdır. Arazi çalışmaları ve numuneler üzerinde laboratuvarlarda yapılan deneylerle zemin tabakaları, zemin kütlesi özellikleri ve yeraltı suyu seviyesi belirlenmelidir. Bu bilgiler yardımıyla şev kesiti modellenebilmektedir.

1.7.1. Şev Stabilitesi Problemleri

Geoteknik mühendisliğinde şev stabilitesi drenaj koşullarına göre kısa süreli ve uzun süreli olmak üzere iki şekilde değerlendirilir. Kısa süreli şev stabilitesinde zemin içerisindeki boşluk suyu drenaj imkânı bulamamaktadır. Uzun süreli şev stabilitesinde ise drenajın gerçekleşmesi için uzun süre geçmesi gerekmektedir. Şevlerin kısa süreli stabilize durumunda içsel sürtünme açısı ' $\phi=0$ ' kabulü yapılarak kohezyon değeri 'c' esas alınır.

Şevlerin uzun süreli stabilite durumunda ise kohezyon ' $c=0$ ' kabulü yapılarak içsel sürtünme açısı ' ϕ ' değeri esas alınır (Arioğlu, Tokgöz, 2005).

1.7.2. Şev Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi

Şev stabilitesinin sağlanabilmesi amacıyla, en etkin ve en ekonomik mühendislik çözümünün belirlenmesi ve gereken biçimde uygulanabilmesi için zeminin doğru analiz edilmesi şarttır. Zemin tabakalarını ve bu tabakalardaki zeminlerin özelliklerini belirlemek, yer altı su durumu ve kayma yüzeyleri hakkında bilgi edinmek amaçlarıyla çeşitli zemin araştırmaları, arazi deneyleri ve laboratuvar deneyleri gerçekleştirilir. Bunlara ek olarak geri hesap yöntemi de zemin koşulları hakkında bilgi edinmek için kullanılan bir yöntemdir.

1.7.2.1. Ön Zemin Araştırmaları

Zemin araştırmaları, çalışma sahası ile ilgili bilgileri kapsayan daha önce yapılmış çalışmaların, hazır bulunan jeolojik ve topografik haritaların incelenmesi ile başlar. Çalışma sahası gezilerek incelenir ve şev stabilitesi ile ilgili sorunlar hakkında bilgi edinilir. Zemin koşullarını belirleyebilmek için araştırma çukurları ve sondaj kuyuları açılır. Sondaj kuyuları zemine dair en iyi bilgileri sağladığından sıklıkla tercih edilen bir araştırma yöntemidir. Sondaj kuyuları zemin tabakaları, yeraltı su durumu ve kayma yüzeyleri hakkında bilgi verir. Açılan sondaj kuyularından numune alınmakla birlikte sondaj kuyularında arazi deneyleri de gerçekleştirilir.

Sondaj yeri, sayısı ve derinliği çalışma sahası hakkında yeterli bilgiyi verecek şekilde seçilmelidir. Sondaj yöntemleri 'Döner Sondaj Yöntemi' ve 'Döner-Darbeli Sondaj Yöntemi' olmak üzere ikiye ayrılır. Döner sondaj yöntemi, belirli bir yük etkisinde dönen matkabın dişleri ile parçaladığı zemin parçalarının çamur veya su ile dışarı atılmasıdır. Çamurlu sondaj yöntemi olarak da bilinmektedir. Döner-darbeli sondaj yöntemi darbe ve yük etkisinde dönen matkabın dişleri işe parçaladığı zemin parçalarının hava aracılığı ile dışarı atılmasıdır. Havalı sondaj yöntemi olarak da bilinmektedir. Genellikle zor delinen zeminlerin araştırılmasında kullanılmaktadır (Özdemir, 2009). Şekil 10'da sondaj yöntemleri gösterilmektedir.



Şekil 10. Döner-darbeli sondaj yöntemi ve döner sondaj yöntemi (Özdemir, 2009)

1.7.2.2. Arazi Deneyleri

Arazi deneyleri zemin koşullarının belirlenebilmesinde çok önemli bir yer tutmaktadır. Laboratuvarlarda örselenmemiş numuneler üzerinde deneyler yapılsa da bu numuneler birtakım etkilerden dolayı düşük miktarda örselenmektedir. Örselenmemiş örnek almanın mümkün olmadığı sahalarda arazi deneyleri yapılarak zemin özellikleri belirlenebilmektedir. Arazi deneyleri sayesinde arazi koşullarında deney yapılabilmektedir. Arazi deneyleri daha fazla deney yapma imkânı sağlamasının yanında zemin tabakasının bütününe özelliklerini göstermektedir.

Standart penetrasyon deneyi (SPT) uygulama kolaylığı ve düşük maliyeti ile en çok tercih edilen arazi deneyidir. Bütün zemin türlerine uygulanabilmektedir. 63.5 kg ağırlığında

bir tokmağın 76 cm yükseklikten serbestçe düşürülerek çelik ucun zemine 30 mm çakılması için gerekli vuruşların sayılması esasına dayanır.

Koni penetrasyon deneyi (CPT) daha gelişmiş bir arazi deneyi olmakla birlikte zeminden numune alınamaması, mobilizasyon sağlanmasının zorluğu gibi dezavantajlara sahiptir. Sondaj kuyusu gerektirmeyen hızlı bir deneydir. Sürekli ve tekrarlı ölçüm yapılabilmesi avantajına sahiptir. Birçok zemin türüne uygulanabilse de çakıllı ve kayaç içerikli zeminler için uygun değildir. Çelik bir ucun zemine batırılarak zeminin direncinin ölçülmesi esasına dayanır.

Presiyometre deneyi açılmış sondaj kuyularında uygulanan bir arazi deneyidir. Yumuşak zeminlerden kayaç zeminlere birçok zemin türünde gerçekleştirilebilen bir deneydir. Ekonomik olmaması, karmaşık işleyişi ve zaman alması bu deneyin dezavantajlarındandır. Sondaj kuyusunda belirli bir bölüme yanal basınç uygulanması ve meydana gelen deformasyonun uygulanan bu basınç ile arasındaki ilişkinin değerlendirilerek dayanımın belirlenmesi esasına dayanır (Sivrikaya, 2019).

İnclinometre ölçümleri arazide yapılan uygulamalardan bir diğeridir. Sondaj kuyusu yardımıyla zemine yerleştirilen inclinometre borusu aracılığıyla zeminin yatay yöndeki hareketleri incelenir ve kayma yüzeyi derinlikleri belirlenir (Uzuner, 2016).

1.7.2.3. Laboratuvar Deneyleri

Arazide yapılan deneylerin yanında araziden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde laboratuvarlarda deneyler yapılarak çalışma sahasına ait olan zeminin mühendislik özellikleri belirlenir.

1.7.2.4. Geri Hesap Yöntemi

Geri hesap yöntemi şevde meydana gelen kütle hareketlerinin, hareketin meydana geldiği zeminin özellikleriyle ilişkili olduğu esasına dayanmaktadır. Şev hareketinin gerçekleştiği, şevde duraysızlığın gözlemlendiği bölümde güvenlik sayısı 1 kabul edilerek çeşitli programlar aracılığıyla analizler gerçekleştirilir ve zemin parametreleri ile ilgili bilgilere ulaşılır (Duncan ve Wright, 2005).

1.8. Şev Stabilitesi Analiz Yöntemleri

Mühendislik çalışmalarının öncelikli amacı güvenliği sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda güvenli bir mühendislik çözümünün uygulanması gerekir. En uygun mühendislik çözümünün belirlenmesinde şev stabilitesi analizleri önemli bir yer tutmaktadır. Şev stabilitesi analizleri farklı yaklaşımlar ile yapılabilmektedir. Bunlar;

- Limit gerilme yöntemi
- Limit denge yöntemi
- Sonlu elemanlar yöntemi

1.8.1. Güvenlik Sayısı

Şev stabilitesi analizlerinde şev stabilitesi Güvenlik Sayısı ' G_s ' ile tanımlanır. Sınır denge '1' güvenlik sayısı ile ifade edilir ve şev duraylı kabul edilir.

Güvenlik sayısı, τ_f kayma dayanımının, zemine etkiyen kuvvetlerin zemin kütlesinde oluşturduğu τ kayma gerilmesine oranıdır. Güvenlik sayısı ' G_s ' Eşitlik 1'deki gibi hesaplanır.

$$G_s = \frac{\tau_f}{\tau} \quad (1)$$

Güvenlik sayısı $M_o(karşı koyan)$ momentin, $M_o(döndüren)$ momente oranı olarak da Eşitlik 2'deki gibi hesaplanabilir.

$$G_s = \frac{M_o(karşı koyan)}{M_o(döndüren)} \quad (2)$$

Güvenlik sayısı, Türk Standartları TS 8853'e göre Tablo 2'de belirtilen değerleri sağlamalıdır.

Tablo 2. Yamaç ve şevlerde güvenlik sayıları (TS 8853, 1991)

Şart	Güvenlik Sayısı		
	Toplam Gerilme	Efektif Gerilme	Deprem
Dolgularda yapım sonu	1.50	-	-
Yarmalar	1.50	1.25	1.0
Barajda sızıntı	1.50	1.25	-
Barajda ani su düşmesi	1.50	1.10	-
Laboratuvar maksimum direnç parametreleri kullanımı (peak) ile	1.50	1.35	1.0
Kalıcı dirence göre	-	1.20	1.0
Uzun vadede duraylık	-	1.20	-
Yamaç üzerinde yapı bulunması	1.80	1.50	1.2
Fisürlü killer	-	1.50	-

1.8.2. Limit Gerilme Yöntemi

Limit gerilme yöntemi, zeminin kendi ağırlığından dolayı oluşan yük ve şeve etkileyen dış yüklerin etkileri sonucu ile gerilmelerin yoğunlaştığı noktaların belirlenmesi ve bu gerilmeler sonucunda şev stabilitesinde bozulma meydana gelip gelmeyeceğinin araştırılması esasına dayanır. Zemin ortamının ve zemin malzemesinin özelliklerinin her noktada tam olarak belirlenememesi, bilinmeyen doğal gerilmeler ve üniform olmayan boşluk suyu basınçları nedeniyle bu yöntem şev stabilitesi analizlerinde kullanılmamaktadır.

1.8.3. Limit Denge Yöntemi

Limit denge yöntemi günümüzde sıklıkla kullanılan, olası bir kayma düzleminin üzerinde bulunan zeminin kuvvet ya da moment dengesinin sağlanması esasına dayanan bir şev analiz yöntemidir.

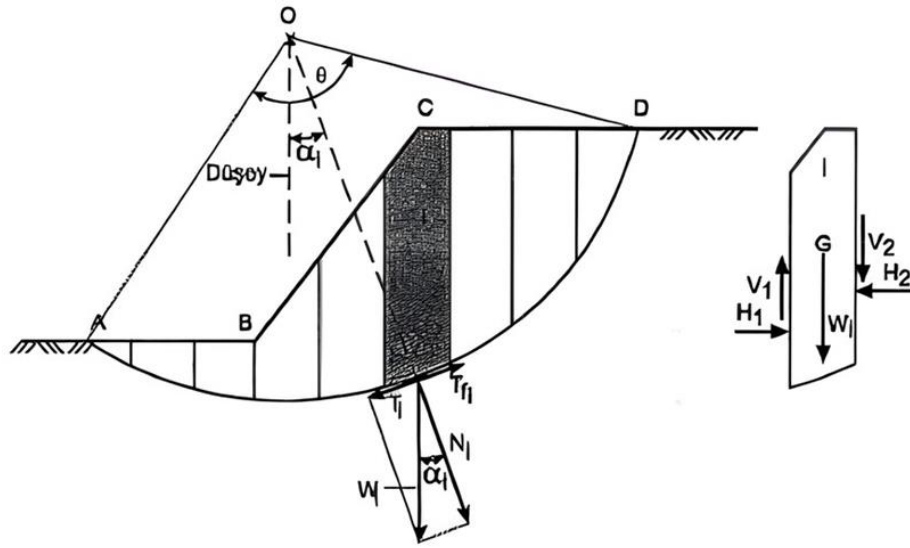
Limit denge yöntemde kayma gerçekleşebilecek olası bir kayma yüzeyi seçilir. Seçilen bu yüzey düz ya da eğimli olabildiği gibi farklı yüzeylerin birleşimi de olabilir. Kayma düzleminin üzerinde bulunan zemine etki eden kuvvetlerin ya da momentlerin durağan dengesi gözetilerek kayma düzleminde hareket eden zeminin kayma dayanımı belirlenir. Kayma dayanımı şevde kayma meydana gelebilecek olası bütün kayma yüzeyleri için belirlenir. Belirlenen kayma dayanımları karşılaştırılarak en zayıf olan kritik kayma yüzeyi seçilir. Kritik kayma yüzeyi dikkate alınarak hesaplanan güvenlik sayısı şevin güvenlik

sayısı olarak kabul edilir. Hesaplanan güvenlik sayısının 1 ya da 1'den küçük olduğu durumlarda şev stabilitesinde kayıplar olabileceği anlaşılmaktadır (Erol, 2009).

1.8.3.1. Aışılmış Dilimler Yöntemi

Dilim yöntemi şev stabilitesi analizinde kullanılan en eski yöntemdir. El ile de hesap yapılabilen bu yöntem kolay uygulanabilmektedir. Olası bir dairesel kayma yüzeyi üzerindeki zemin kütlesinin olabildiğince eş düşey dilimlere ayrılması ve bu dilimlerin her birinin denge durumunun araştırılması esasına dayanır.

Bir şevde zemin kütlesine etki eden kuvvetler dilimin ağırlığından kaynaklanan kuvvet (W), dilimin tabanına etki eden normal kuvvet (N), dilimin tabanına etki eden kesme kuvveti (T), dilimin iki yanına da etki eden dikey kuvvetler (V_1, V_2), dilimin iki yanına da etki eden kesme kuvvetleri (H_1, H_2) olmak üzere Şekil 11'de gösterilmiştir. Gerçekte dairesel olan dilim tabanları düzlem olarak kabul edilmektedir.



Şekil 11. Şev dilimlerine etki eden kuvvetler (URL-2, 2024)

Kayma yüzeyine etki eden kuvvetlerin 'O' noktasına göre alınan momentlerinin birbirini dengeleyeceği esasına dayanarak güvenlik sayısı Eşitlik 3 ile hesaplanır (Erol, 2009).

$$G_s = \frac{\sum (c' + \sigma' \tan \phi') \ell}{W \sin \alpha} \quad (3)$$

1.8.3.2. Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi

Basitleştirilmiş Bishop yönteminde, alışılmış dilim yönteminde karşılaşılan sorunları aşabilmek için dilimlerin iki yanına etki eden kuvvetlerin eşit olduğu kabulü yapılır. Dairesel kayma yüzeyleri için doğruluk payı yüksek olduğundan bu tür kayma yüzeylerinin analizinde sıklıkla tercih edilir.

Basitleştirilmiş Bishop yönteminde güvenlik sayısı Eşitlik 4 ile hesaplanır. Güvenlik sayısının eşitliğin iki tarafında da yer alması tekrarlı çözüm gerektirmektedir (Erol, 2009).

$$G_s = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \sum \left[\{c'b + W(1 - r_u) \tan \phi'\} \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi'}{GS}} \right] \quad (4)$$

1.8.3.3. Janbu Yöntemi

Janbu yönteminde de dilimler yönteminde olduğu gibi hareket eden kütle olabildiğince eş dilimlere ayrılır. Dilimlerin her birinin ortalama ağırlığı, her bir dilimin tabanına etki eden su basıncı, Δx , α , ϕ , c parametreleri belirlenir. Her dilim için belirlenen bu parametreler kullanılarak $\Delta x \tan \alpha$ ve $X = [c + (p - u) \tan \phi] \Delta x$ değerleri hesaplanır. Janbu dilim yöntemi kayma yüzeyi dairesel olmayan sistemlere uygulanabilen ilk dilim yöntemidir.

Güvenlik katsayısının hesaplanabilmesi için genellikle 1 olarak kabul edilmek üzere bir güvenlik katsayısı (F) seçilir. Janbu yöntemine ait grafikler yardımı ile n_α değeri bulunur, x/n_α ve f_0 değerleri belirlenir. Kabul edilmiş ve hesaplanmış güvenlik katsayılarının değerleri birbirine yaklaşıncaya kadar Eşitlik 5 kullanılarak aynı işlemlerin tekrar edilerek güvenlik katsayısı hesaplanır (Yılmaz, 2007).

$$G_s = f_0 \frac{\sum \left(\frac{X}{n_\alpha} \right)}{\sum \Delta W \tan \alpha} \quad (5)$$

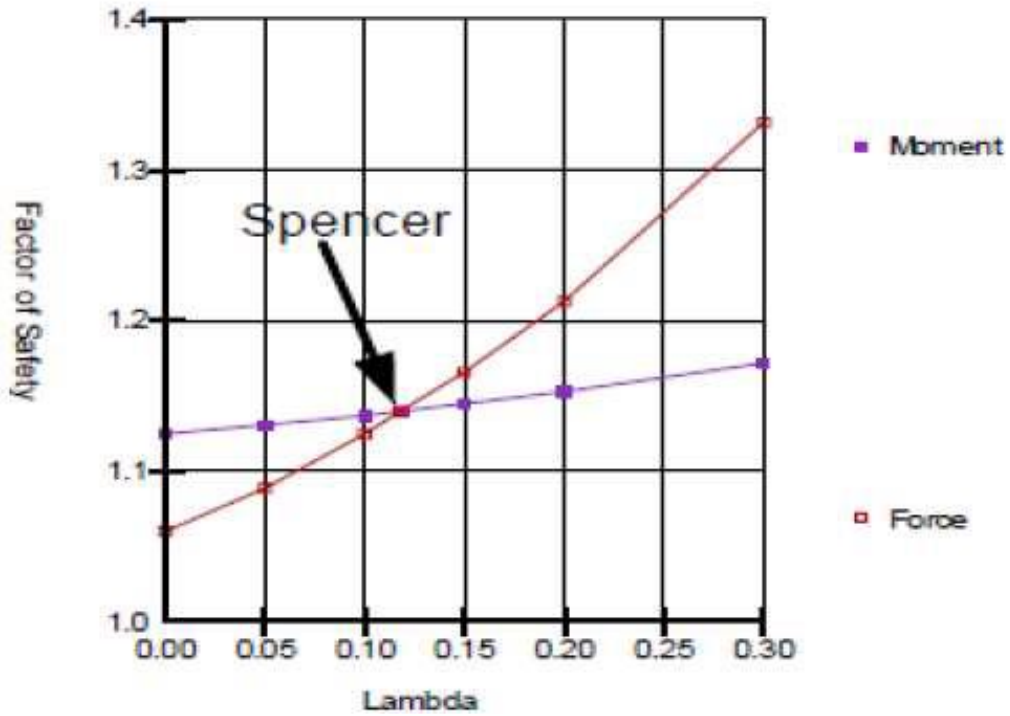
1.8.3.4. Spencer Yöntemi

Spencer yöntemi hem moment dengesi hem de kuvvet dengesinin birlikte sağlandığı her tür zemine uygulanabilen bir yöntemdir. Normal kuvvet ile kesme kuvvetinin oranının sabit kabul edildiği bu yöntemde, moment ve yatay kuvvet dengesine ait iki denklem arasında bu sabit orana ulaşıldığı anda güvenlik sayıları eşit olarak varsayılır (Gökoğlu, 2015).

Eşitlik 6'da ' X ' kesme kuvveti, ' E ' normal kuvvettir. Kesme kuvveti (X) ve normal kuvvet (E) arasındaki oran olan λ her bir dilim için sabit olduğundan $f(x) = 1$ kabul edilir (Spencer, 1967).

$$X = E \cdot \lambda \cdot f(x) \quad (6)$$

Şekil 12'de λ ile güvenlik sayısı arasındaki ilişki gösterilmektedir.



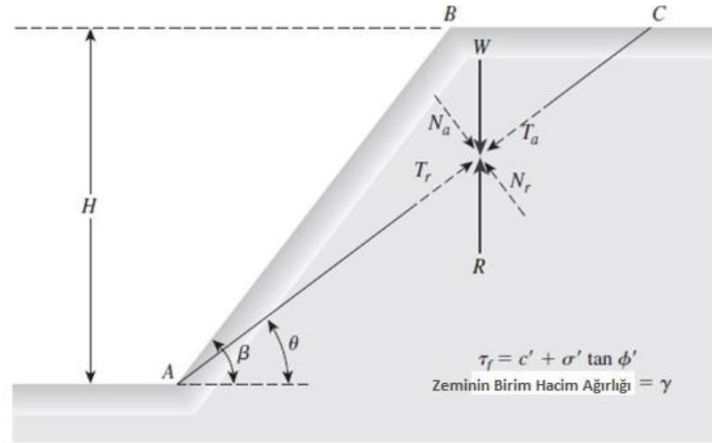
Şekil 12. Spencer güvenlik sayısı (Krahn, 2004)

1.8.3.5. Morgenstern ve Price Yöntemi

Morgenstern ve Price yönteminde analiz edilen sistem için tüm sınır ve denge koşulları sağlanmaktadır. Kayma yüzeyinin dairesel ya da düzlem olduğuna bakılmaksızın uygulanabilen gelişmiş bir yöntemdir. Karmaşık bir çözüme gerektirdiğinden bilgisayar aracılığıyla uygulanmaktadır (Erol, 2009).

1.8.3.6. Culmann Yöntemi

Culmann yöntemi kayma yüzeyinin düz kabul edildiği analitik bir yöntemdir (Das, 2006). Şekil 13'de Culmann yöntemi ile analiz gösterilmektedir.



Şekil 13. Culmann yöntemi (Das, 2006)

Kritik kayma açısı Q_k , Eşitlik 7 ile hesaplanır.

$$Q_k = \frac{\beta + \phi'_d}{2} \quad (7)$$

Kritik kazı yüksekliği H_k , Eşitlik 8 ile hesaplanır.

$$H_k = \frac{4c'_d}{\gamma} \cdot \left[\frac{\sin \beta \cdot \cos \phi'_d}{1 - \cos(\beta - \phi'_d)} \right] \quad (8)$$

1.8.4. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi ile analiz yapılırken bahsedilen diğer yöntemlerin aksine zeminde meydana gelen deformasyonların, gerilmelerin ve boşluk suyu basınçlarının düzey ve dağılımları detaylı olarak belirlenebilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi ile birlikte karmaşık geometrili sistemler analiz edilebilmekte ve zemin davranışı doğrusal olmayan gerilme – şekil değiştirme modelleriyle gösterilebilmektedir (Erol, 2009). Bu yöntemde, zemin düğüm noktalarına ayrılır ve her bir düğüm noktası için analiz yapılır. Yapılan analizlerle bu noktalarda meydana gelen yer değiştirmelerden kaynaklanan gerilme – şekil değiştirme sonuçlarına ulaşılır.

1.9. Sismik Şev Stabilitesi Analizi

Psudostatik analiz yöntemi ile şev sismik stabilitesi analizi yapılmaktadır. Potansiyel kayma yüzeyi üzerindeki zemin kütesine sismik hareketlerin etkisi yatay ve düşey yönlerde sabit kuvvetler ile belirtilir. Yatay yönde etki eden psudostatik kuvvet şevin stabilitesini bozan kuvvetleri artırır ve şevin direncini azaltır. Bu etkileriyle güvenlik sayısında düşmeye neden olur. Düşey yönde etki eden psudostatik kuvvet ise şev direncini azaltmakla birlikte şev stabilitesini bozan kuvvetleri de azaltır. Bu nedenden dolayı güvenlik sayısı değerine etkisi çok daha küçüktür ve ihmal edilebilir (Erol, 2009).

Psudostatik analiz sonucunda güvenlik sayısının 1 ya da daha düşük bulunması durumunda şev stabilitesinin deprem hareketi sırasında bozulacağı varsayılmaktadır. Gerçek durumlarda ise ihmal edilebilir seviyede deformasyonlara neden olacak biçimde kısa süreler için 1'in altına düşebilmektedir.

1.10. Şev Stabilite Yöntemleri

Şev kayması ile oluşan toprak kayması, heyelan gibi doğal afetler dünyada ve Türkiye'de olumsuz etkilere yol açmaktadır. Can ve mal kayıplarının yanında, tarımsal alanlar, kara yolları, taşkın koruma yapıları üzerinde hasar ve kayıplara neden olmaktadır. Bu hasar ve kayıplardan korunmak için şev kaymalarına karşı önlemler alınmalıdır.

Şev stabilitesini sağlamaya yönelik önlemlerle zemin kütlelerini kaydıran kuvvetler azaltılmaya ya da kaymaya karşı koyan kuvvetler artırılmaya çalışılır. Şev stabilitesini sağlamaya yönelik en uygun yöntem;

- Yeraltı koşulları ve potansiyel göçme türü
- Topografya
- Çalışma alanının fiziksel zorlukları
- Malzeme ve ekipman durumu
- Maliyet faktörleri dikkate alınarak belirlenir (Yılmaz,2007).

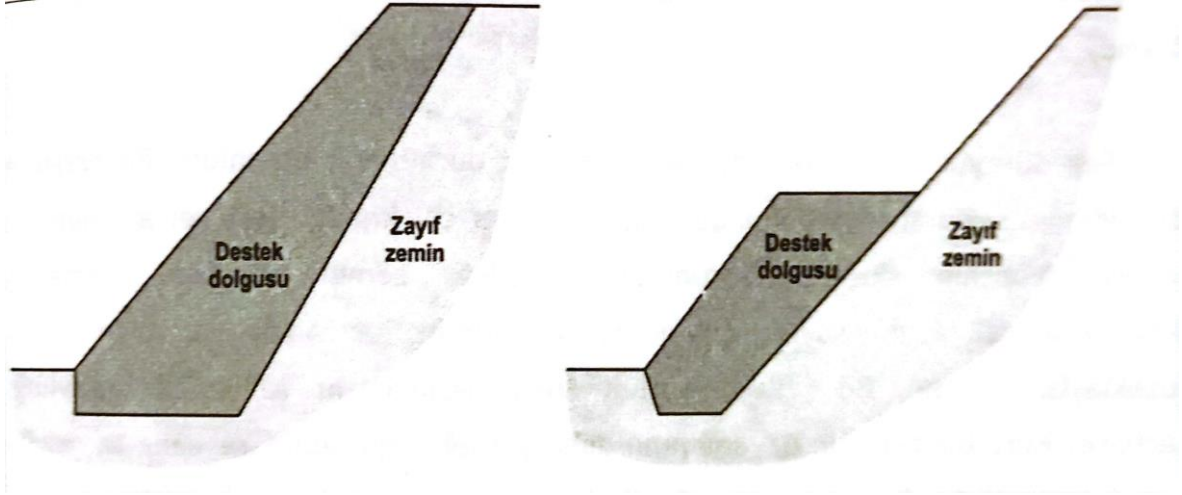
1.10.1. Yük Boşaltma-Destek Dolgusu

Şevlere etki eden kayma gerilmelerini azaltmanın en basit yöntemi şev yükünü azaltmaktır. Şev açısı ya da şev yüksekliği düşürülerek şev yükü azaltılabilmektedir. Şev zemini yerine daha hafif dolgu malzemesi yerleştirilmesi de şev yükünü azaltmak için kullanılan bir yöntemdir (Yılmaz,2007). Şekil 14’de yük boşaltma yöntemleri gösterilmektedir.



Şekil 14. Yük boşaltma ile şev stabilitesi (Yılmaz, 2007)

Şev zemini kazılıp yerine kayma direnci parametreleri daha fazla olan bir dolgu malzemesi yerleştirilerek destek dolgusu oluşturulur. Sadece şev topuğuna dolgu malzemesi yerleştirilerek de şev stabilitesi sağlanabilmektedir. Şekil 15’de destek dolgusu yöntemi gösterilmektedir.



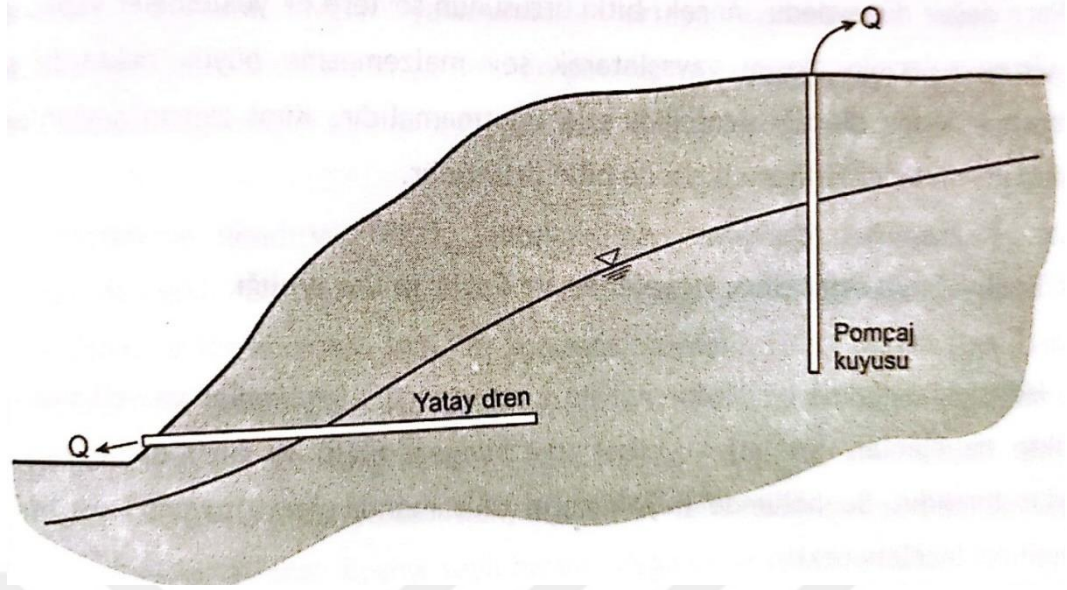
Şekil 15. Destek dolgusu ile şev stabilitesi (Yılmaz,2007)

1.10.2. Drenaj

Yeraltı ve yüzey sularının varlığı şev stabilitesini etkileyen önemli bir etkidir. Şev stabilitesini korumak amacıyla yüzeysel ve yeraltı drenajı uygulanarak boşluk suyu basıncı azaltılır. Kuru zemin ağırlığının daha düşük olmasından dolayı suların uzaklaştırılmasıyla kaymaya neden olan kuvvetler azalmaktadır.

Yüzeysel drenajın amacı yüzey sularının şev zemini içine sızmasını engellemek ve yüzeyden uzaklaştırmaktır. Sığ drenler ya da yüzeysel kanal sistemi ile yüzeysel drenaj sağlanabilir.

Yeraltı drenajı, kayma direnci parametrelerini düşüren yeraltı suyu varlığı durumunda suyun uzaklaştırılması için uygulanır. Yatay drenler ve pompaj kuyuları ile yeraltı drenajı uygulanabilir. Pompaj kuyularının devamlı bakım gerektirmesi ve maliyetli olmaları dezavantajdır. Şekil 16'da yeraltı drenajı gösterilmektedir.



Şekil 16. Drenaj ile şev stabilitesi (Yılmaz, 2007)

1.10.3. Dayanma Yapıları

1.10.3.1. İstinat Duvarları

İstinat duvarları, şeve etki eden kaydırıcı kuvvetleri engelleyerek şev duraylılığına katkıda bulunan rijit bir sistemdir. Şev stabilitesini sağlayamaya yarayan diğer yöntemler yetersiz kaldığında kullanılmaktadır. Heyelanların yaygın olarak gerçekleştiği ülkemizde sıklıkla uygulanır.

Ağırlık istinat duvarları, zeminden etkiyen yanal kuvvetlere kendi ağırlıkları ile karşı koymaktadır. Bu tür duvarlar genellikle taş ya da donatısız beton kullanılarak yapılırlar. Bu duvarların yapımı sırasında donatı kullanılmadığından çekme dayanımları yoktur. En fazla 4-5 m kadar yükseklikte inşa edilebilirler. Şekil 17’de ağırlık istinat duvarı gösterilmektedir.



Şekil 17. Ağırlık istinat duvarı (URL-3, 2024)

Betonarme istinat duvarları, konsol esasına göre çalışan donatılı sistemdir. Zemin kütlelerinin dönme etkisiyle hareket etmesini engellemektedir. Kesit boyutları ağırlık istinat duvarlarına göre daha küçüktür. Bu tür duvarlar 12 m'ye kadar inşa edilebilmelerine karşın yükseklik arttıkça kesit boyutunun büyümesi ve kullanılacak malzeme miktarının artması ile ekonomik bir çözüm olmaktan uzaklaşmaktadır. Şekil 18'de betonarme istinat duvarı gösterilmektedir.



Şekil 18. Betonarme istinat duvarı (URL-4, 2024)

1.10.3.2. Palplanşlar

Palplanşlar, zemine yan yana çakılmış elemanlarla zemin kütlesini tutan düşey bir sistemdir. Zeminden etki eden yükleri karşılama kapasitesi fazlayken düşey etki eden yükleri karşılama kapasitesi çok az olduğundan düşey olarak çalışmaktadır.

Daha çok, su tutma yapıları inşaatları sırasında, hafif yapılarda üst zemin tabakalarının istinat duvarını desteklemeye yetmediği durumlarda, diğer duvar sistemlerinin inşaatı sırasında suyu uzak tutmak amacıyla kullanılır. Dalgakıranlar, denizin içinde imal edilen duvarlar ve derin kazı duvar kaplamaları kullanıldığı diğer alanlardır (Günsever, 1999).

Palplanşlar; ahşap, beton ve çelik olarak imal edilebilirler. Çelik palplanşlar çakma gerilmelerine karşı daha dayanıklı, hafif ve servis süreleri uzun olduğundan daha fazla tercih edilirler. Şekil 19’da palplanş gösterilmektedir.



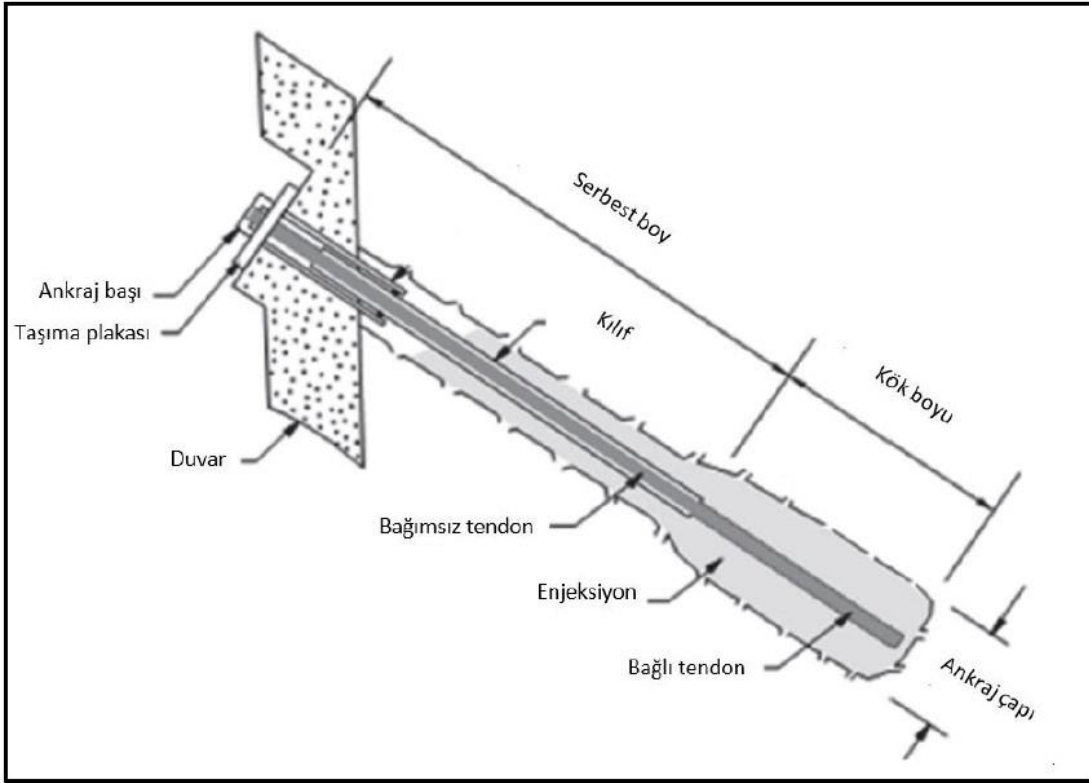
Şekil 19. Palplanş (URL-5, 2024)

Şehir içinde bina yoğunluğunun palplanşların çıkarılmasında kullanılan vinç ve çeşitli ekipmanlar için çalışma alanını kısıtlaması dezavantaj oluşturmaktadır. Diğer sistemlere göre rijitliğinin az olması kazı sırasında daha büyük yatay yer değişmelerin oluşmasına neden olmaktadır (Ük, 2009).

1.10.3.3. Ankrajlar

Ankrajlar, zeminde yatay olarak açılmış deliklere belirli bir açı ile yüksek dayanımlı ve korozyona dayanabilen öngerilmeli çelik halatların yerleştirilmesi ve daha sonra bu deliklere beton enjekte edilmesiyle oluşturulan bir sistemdir. Ankrajlar sisteme etkiyen gerilme kuvvetini kayma dairesinin dışarısındaki sağlam olan zemine iletir (Coduto, 2006).

Ankrajlar, zemin kütlesinin kaymasını engellemek ve derin kazılı iksa sistemlerinin inşası sırasında iksa sistemini desteklemek için kullanılır. Bu sistem şevlerin duraylılığını sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır. Şekil 20’de ankraj gösterilmektedir.



Şekil 20. Ankraj (URL-6, 2024)

1.10.3.4. Zemin Çivileri

Zemin çivileri, zemin çivisi adı verilen çubukların zemin içine çakılarak ya da enjekte edilerek yerleştirilmesi ve yerleştirilen bu çubukların şev kaplama kullanılarak örtülmesi ile birbirine bağlandığı bir sistemdir. Şev kaplaması çelikten yapılmış hasır bir sistem ya da püskürtmeli beton kullanılarak yapılmaktadır. Zemin çivileri kohezyonlu ve kohezyonsuz

zeminlerde uygulanabilmektedir (Abramson ve diğ., 1996). Şekil 21’de zemin çivisi gösterilmektedir.



Şekil 21. Zemin çivisi (URL-7, 2024)

1.10.3.5. Kazıklar

Zemin kütlesine etki eden kaydırıcı kuvvetleri dengelemek ve şev duraylılığını sağlamak amacıyla inşa edilen sistemler kayma derinliğinin fazla olduğu durumlarda yetersiz kalmaktadır. Artan derinlik, sistemin güvenli çalışmamasının yanında maliyet artışına da neden olmaktadır. Bu gibi durumlarda kazıklar şev duraylılığını sağlamak için uygun bir çözüm sağlamaktadır. Arazi koşulları ve zeminin cinsi göz önünde bulundurularak ahşap, çelik, betonarme malzemeden imal edilebilirler.

Ahşap, kazık yapımında kullanılan en eski malzemedir. Ahşap kazıklar uçları sivriltilerek zemine çakılırlar. Sert zemine uygulanmaları zor olmaktadır. Bu malzemeden imal edilen kazıkların taşıma güçleri düşüktür. Ahşabın doğal malzeme olması dolayısıyla dış etkenlerden zarar görerek çürümesi dezavantajdır. Şekil 22’de ahşap kazık gösterilmektedir.



Şekil 22. Ahşap kazıklar (URL-8, 2024)

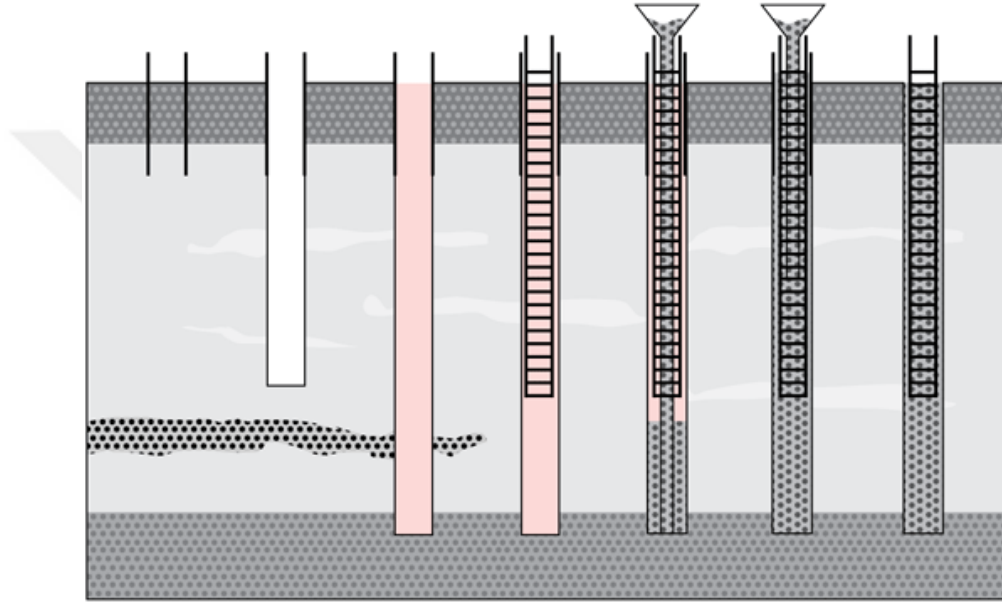
Çelik malzemeden imal edilen kazıkların taşıma güçleri yüksektir. Çelik kazıklar, I veya H profil ya da dairesel kesitli olabilmektedir. Bu tür kazıklar kolay uygulanabilirliğe sahiptir. Çelik malzemesinden dolayı su varlığında paslanmaları ve çürümeleri dezavantajdır. Şekil 23’de çelik kazık gösterilmektedir.



Şekil 23. Çelik kazıklar (URL-8, 2024)

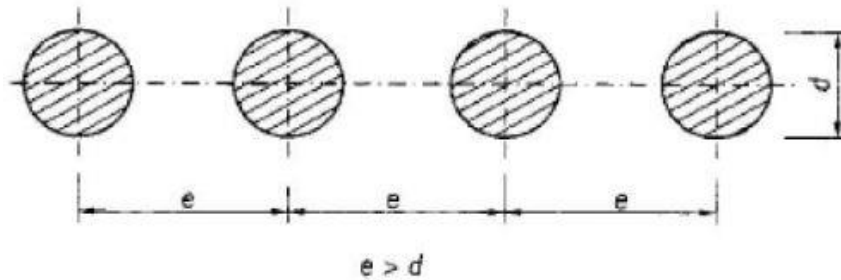
Betonarme kazıklar, önceden dökme betonarme kazıklar ve yerinde dökme betonarme kazıklar olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilmektedir. Çakma kazıklar olarak da adlandırılan önceden dökme betonarme kazıklar fabrikada üretildikten sonra uygulamanın yapılacağı bölgeye getirilir ve makinalar yardımıyla zemine çakılır. Betonarme kazıkların ömrü diğer kazık türleri ile karşılaştırıldığında daha uzundur.

Yerinde dökme betonarme kazıklar fore kazık olarak da bilinmektedir. Çalışma sahasında çeşitli makinalarla açılmış deliklerin beton ile doldurulmasıyla oluşturulur. Gerekli olduğu durumlarda donatı eklenmektedir. Çeşitli kesit boyutlarında ve istenilen uzunlukta imal edilebilirler. Sert zeminlere dahi uygulanabilmektedirler. Maliyetli bir sistem olmasına rağmen yüksek dayanım sağlaması ve birçok mühendislik problemine güvenli çözüm sunması nedeniyle sıklıkla tercih edilir. Şekil 24’de fore kazık uygulaması gösterilmektedir.



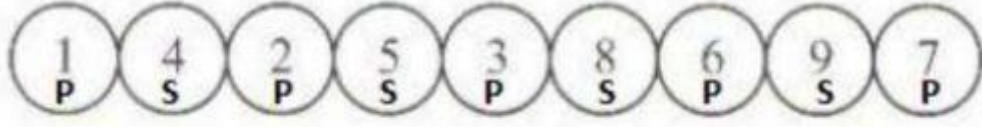
Şekil 24. Fore kazık uygulaması (URL-9, 2024)

Fore kazık sistemi farklı şekillerde imal edilebilir. Zeminden gelen etkinin fazla olmadığı ve zemin kütlelerinin kazıklar arasından kaymayacağı durumlarda fore kazıklar aralıklı olarak oluşturulabilir. Aralıklı kazıkla oluşturulan fore kazık sistemi Şekil 25’de gösterilmektedir.



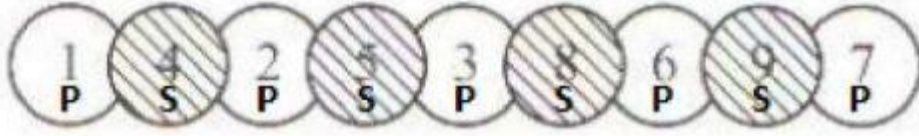
Şekil 25. Aralıklı kazıklı perde (URL-10, 2024)

Yaygın olarak kullanılan teğet kazıklı fore kazık sistemi Şekil 26’da gösterilmektedir.



Şekil 26. Teğet kazıklı perde (URL-10, 2024)

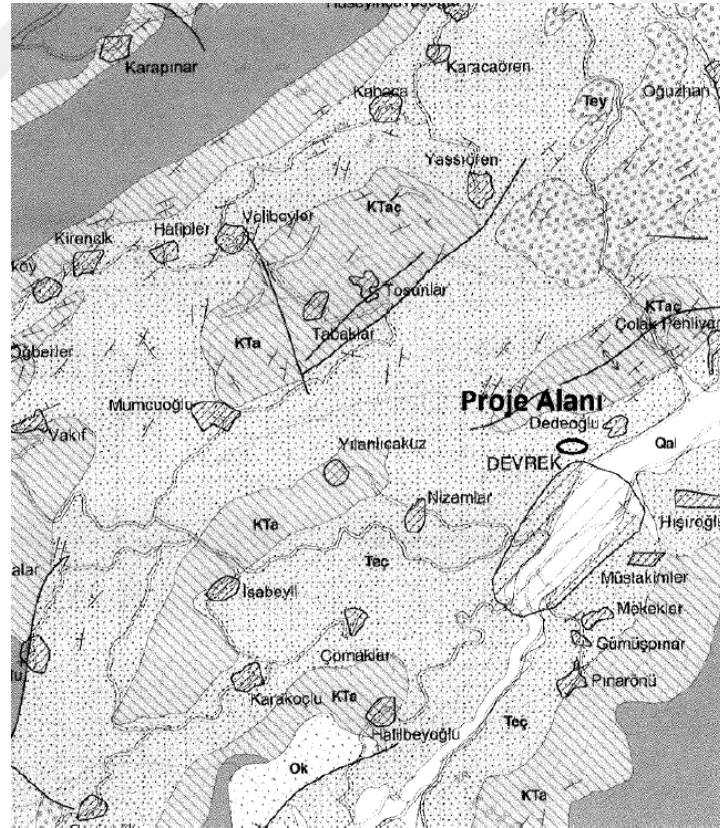
Suya doymun zeminlerde ve toprak basıncının yüksek olduğu durumlarda uygulanan bindirme kazıklı fore kazık sistemi Şekil 27’de gösterilmektedir (Özberk, 2009).



Şekil 27. Bindirme kazıklı perde (URL-10, 2024)

2.2. Çalışma Alanının Jeolojik Yapısı

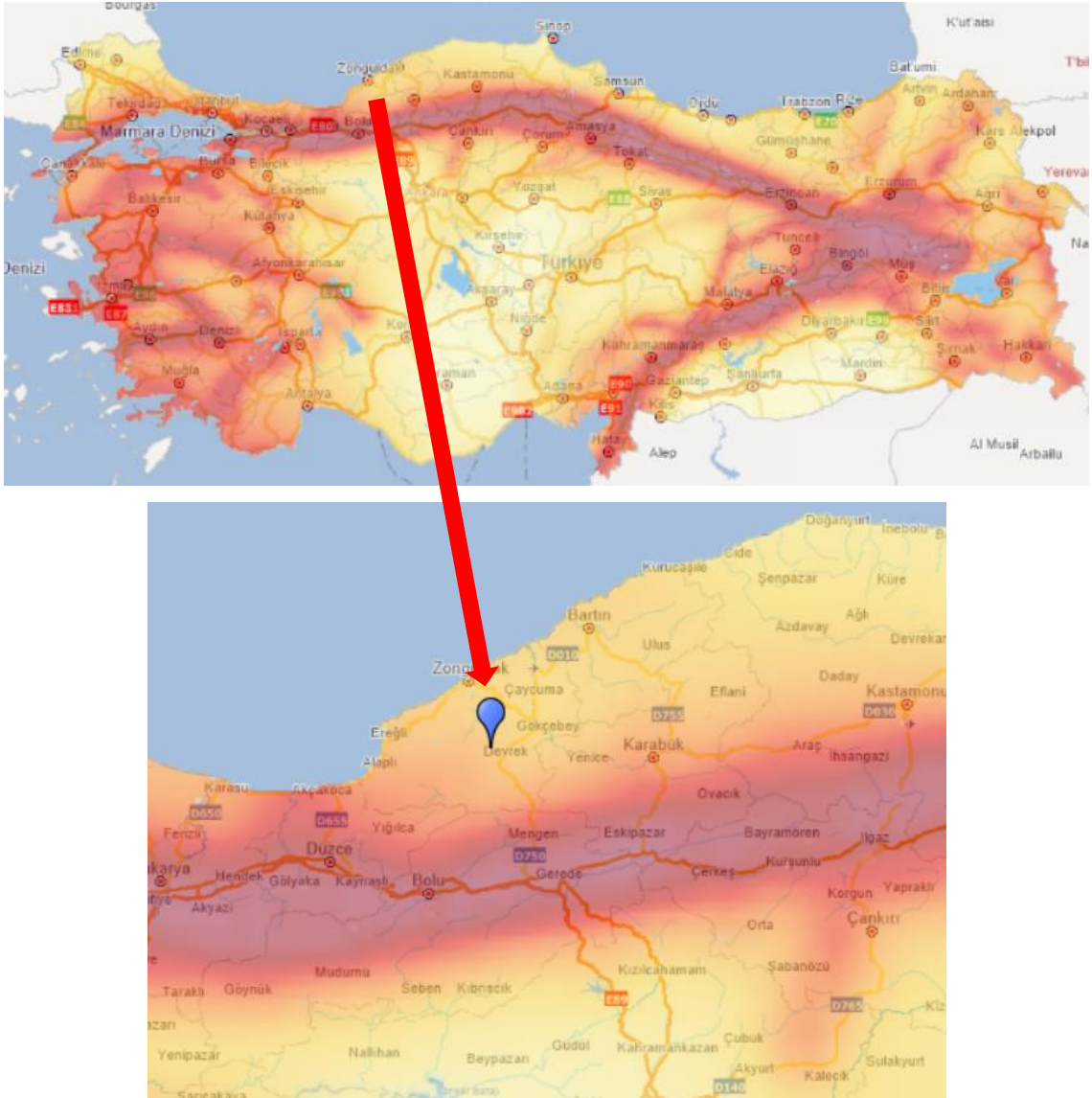
Batı Pontidler’de Kuzey Anadolu Fayı’nın kuzeyinde Kandilli, Zonguldak, Devrek ve Dirgine arasında kalan çalışma alanında temelde Prekambriyen metamorfik kayalardan oluşan Yedigöller formasyonu ile granit türü kayalardan oluşan Bolu granitoyidi izlenir. Çalışma alanında bunların üzerinde yer alan jeolojik formasyonlar yaşlıdan gence doğru; Yemişliçay formasyonu (Ky), Çangaza volkanit üyesi (Ktaç), Akveren formasyonu (KTa), Yığılca formasyonu (Tey), Çaycuma formasyonu (Teç) olarak sıralanır. Yemişliçay formasyonu volkanojenik kumtaşı şeyl, piroklastik kayalar ve kireçtaşıdan oluşmaktadır. Çangaza volkanit üyesi bazalt ve andezit içermektedir. Akveren formasyonu sarı, beyaz, gri renkli kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, çamurtaşı, marnlı türbiditler ve volkanit içeren ince kalın katmanlı bir formasyondur. Yığılca formasyonu gri, kırmızı renkli masif görümlü tuf, aglomera, andezit, bazalt ve kumtaşıdan oluşur. Çaycuma formasyonu kumtaşı, şeyl, konglomera olarak sıralanır. Şekil 29’da çalışma alanının ölçeksiz jeoloji haritası verilmiştir.



Şekil 29. Çalışma alanı ve çevresinin genel ölçeksiz jeoloji haritası (DSİ, 2017)

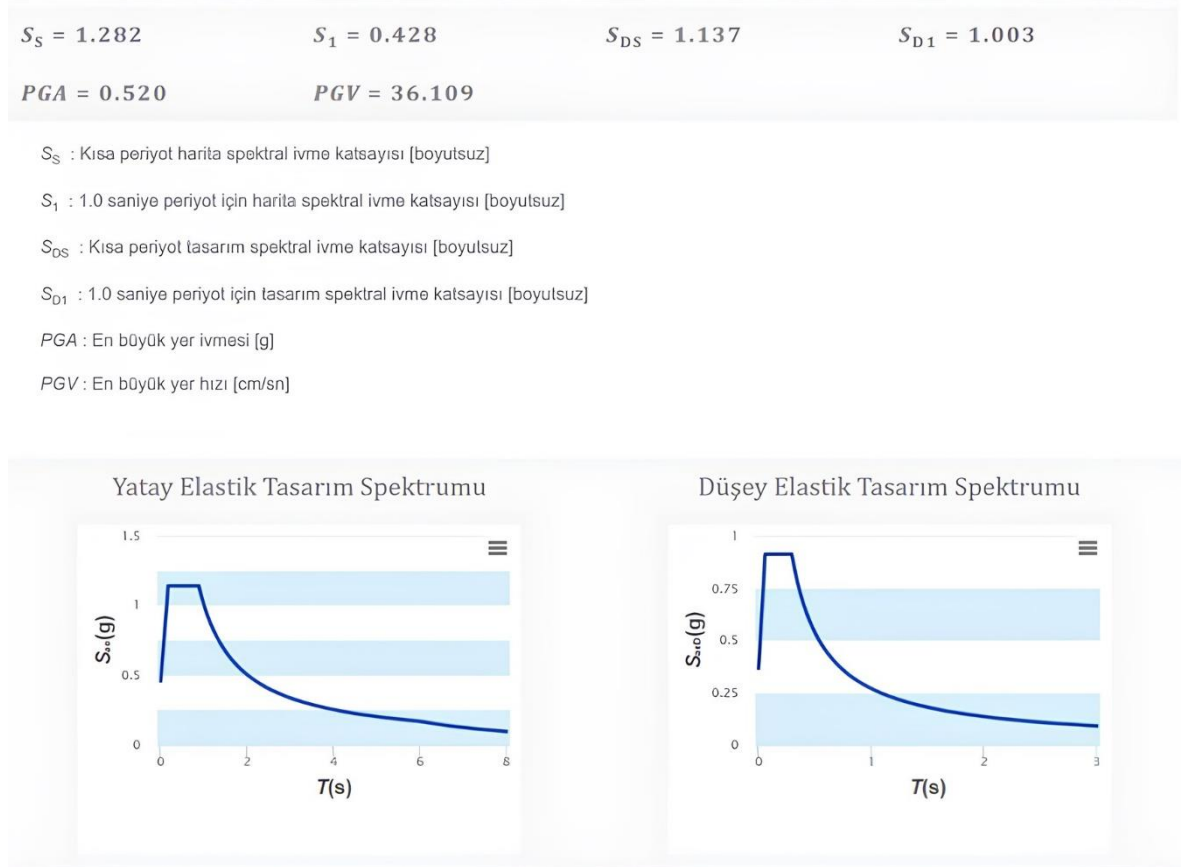
2.3. Çalışma Alanının Afet Durumu

Zonguldak ili, Devrek ilçesi Türkiye Deprem Bölgesi Haritasında 1. Derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır. Zonguldak ilinde diri fay bulunmamaktadır. Çalışma alanı, en yakın deprem kuşağı olan Kuzey Anadolu Fay Hattı'na 52 km uzaklıktadır. Birçok fay parçasından oluşan Kuzey Anadolu Fay Hattı, 1100 km uzunluğunda olup Van Gölü'nden Saroz Körfezine kadar uzanmaktadır. Şekil 30'da çalışma alanının gösterildiği Türkiye deprem tehlike haritası verilmiştir.



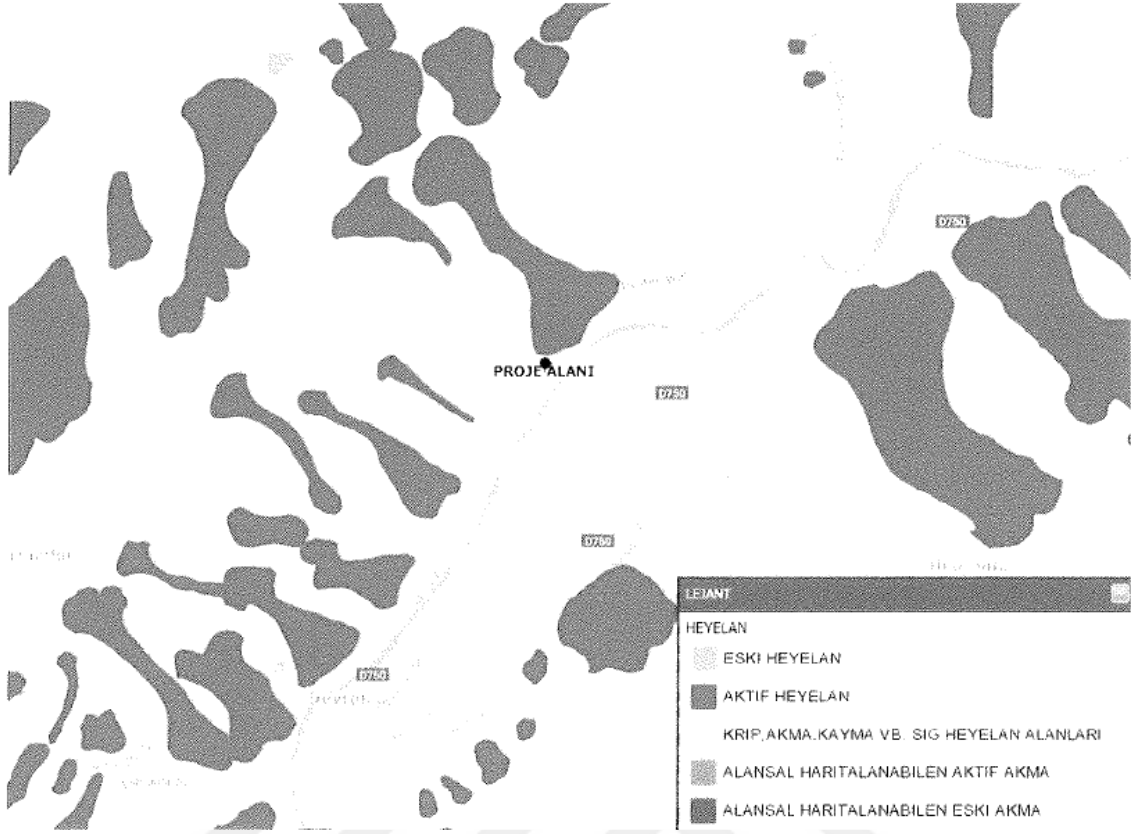
Şekil 30. Türkiye deprem tehlike haritası (URL-12, 2023)

Çalışma alanının fay hattına yakınlığından dolayı depremlerden etkilenmesi beklenmektedir. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulamasından elde edilen çalışma alanına dair veriler Şekil 31’de verilmiştir.



Şekil 31. Türkiye deprem tehlike haritaları interaktif web uygulaması verileri (URL-12, 2023)

Çalışma alanının yer aldığı Çaycuma formasyonunda gözlenen ayrışmalar ve bölgenin yüksek yağış değerleri bölgede heyelan riskini artırmaktadır. Şekil 32’de çalışma alanının heyelan haritasına yer verilmiştir.



Şekil 32. Çalışma alanının heyelan haritası (DSİ, 2017)

2.4. Çalışma Alanından Elde Edilen Veriler

Çalışma alanından elde edilen veriler bu tezden bağımsız olarak yapılan çalışmalarından alınmıştır.

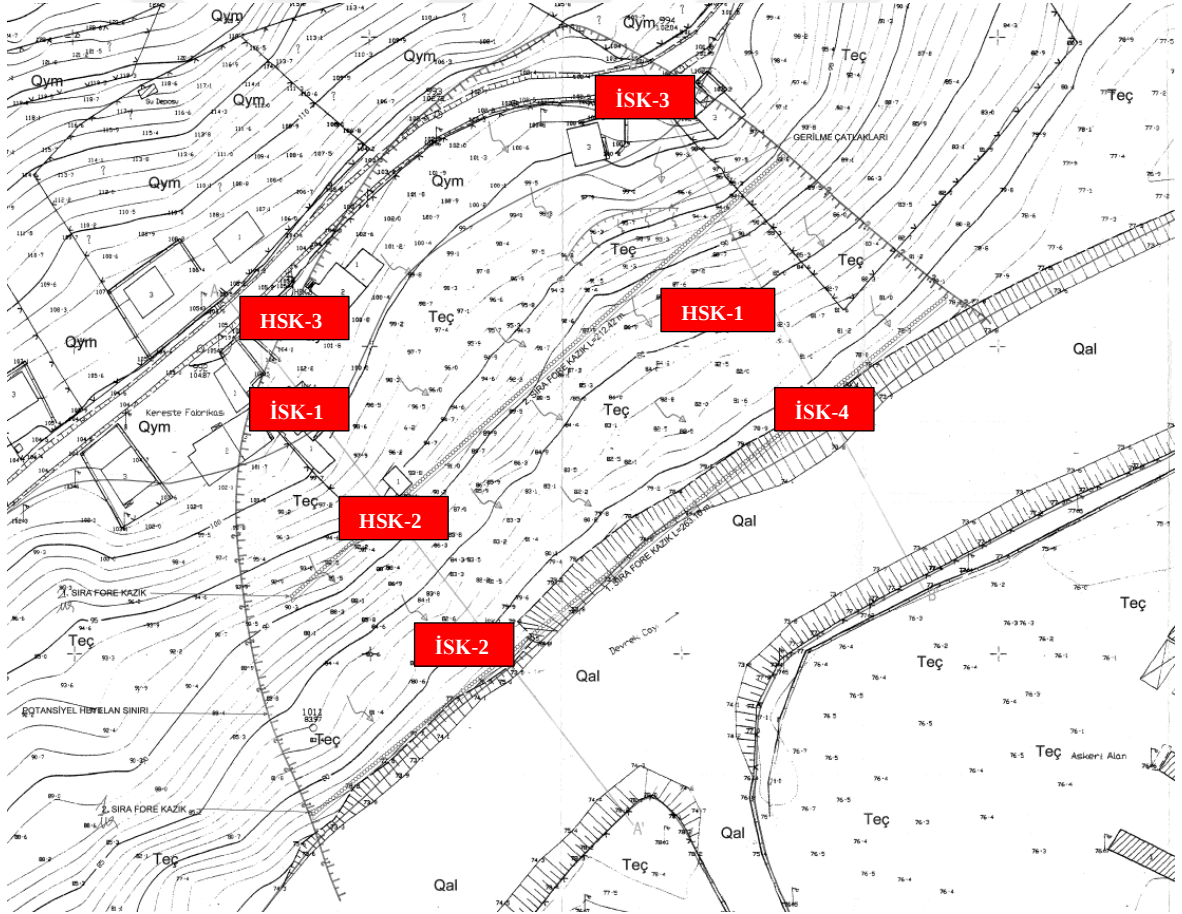
2.4.1. Sondaj Çalışması

Çalışma alanında, zemin durumunu incelemek üzere kritik olduğu düşünülen iki kesit üzerinde çalışmalar yapmak amacıyla 7 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Açılan sondaj kuyuları Şekil 33’de verilen vaziyet planında, Şekil 34 ve Şekil 35’de verilen boy kesitlerde gösterilmiştir. Elde edilen sondaj logları Ek 1’de sunulmuştur. Açılan sondaj kuyularının derinlikleri ve ölçülen yer altı su seviyeleri Tablo 3’de verilmiştir.

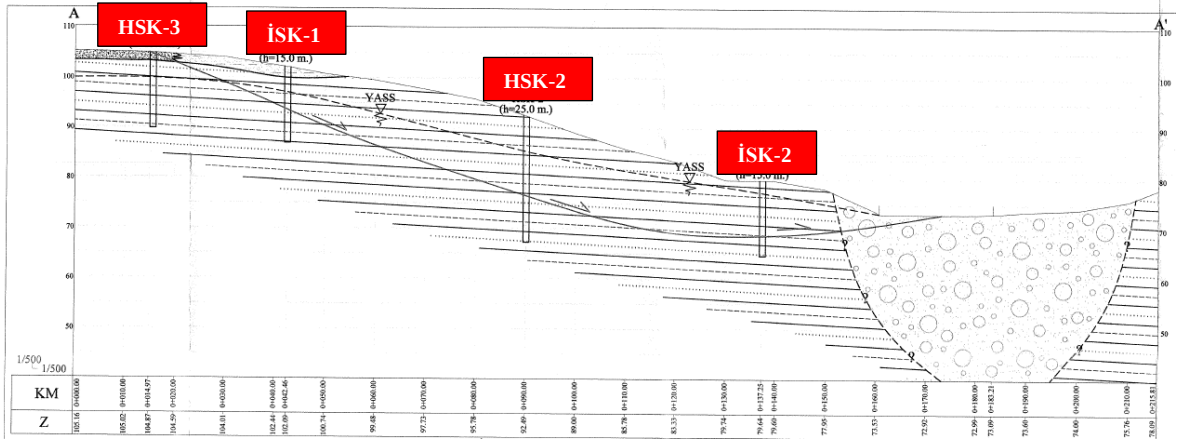
Tablo 3. Sondaj derinlikleri ve yeraltı su seviyeleri

SK NO	Derinlik (m)	YASS (m)
HSK-1	25.00	6.50
HSK-2	25.00	7.00
HSK-3	15.00	5.00
İSK-1	15.00	5.00
İSK-2	15.00	2.50
İSK-3	15.00	9.50
İSK-4	15.00	3.00

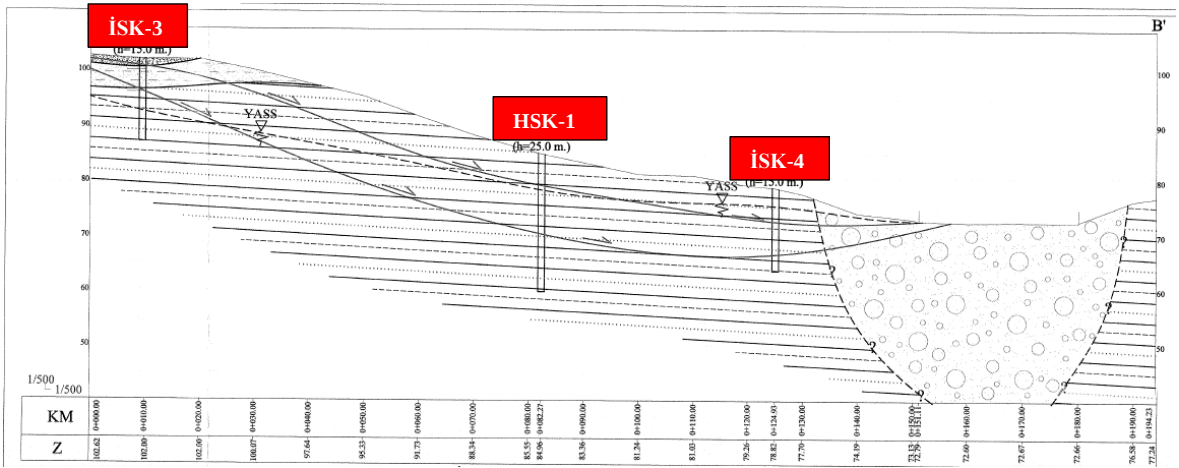
İSK kodlu sondaj kuyularında inklinometre okumaları yapılmıştır. Ayırışmış kaya seviyelerinde, örselenmemiş örnek almanın zor olduğu alüvyon ve yamaç molozlarında parametre tayini için presiometre deneyleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 33. Sondaj noktalarını gösteren vaziyet planı (DSİ, 2017)



Şekil 34. Sondaj noktalarının gösterildiği A-A kesiti (DSİ, 2017)



Şekil 35. Sondaj noktalarının gösterildiği B-B kesiti (DSİ, 2017)

2.4.2. Presiyometre Deneyi

Kuyu içi deneyleri olarak presiyometre deneyleri gerçekleştirilmiştir. Genellikle sert, kohezyonlu veya az kohezyonlu birimlerden örnek almanın zorluğu dikkate alınarak, ayrılmış yüzeyin taşıma güzü parametrelerini ortaya koymak amacıyla deneyler yapılmıştır.

HSK-1, İSK-2, İSK-3 ve İSK-4 sondaj kuyularında her 2 m'de bir yapılan presiyometre deneyi sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

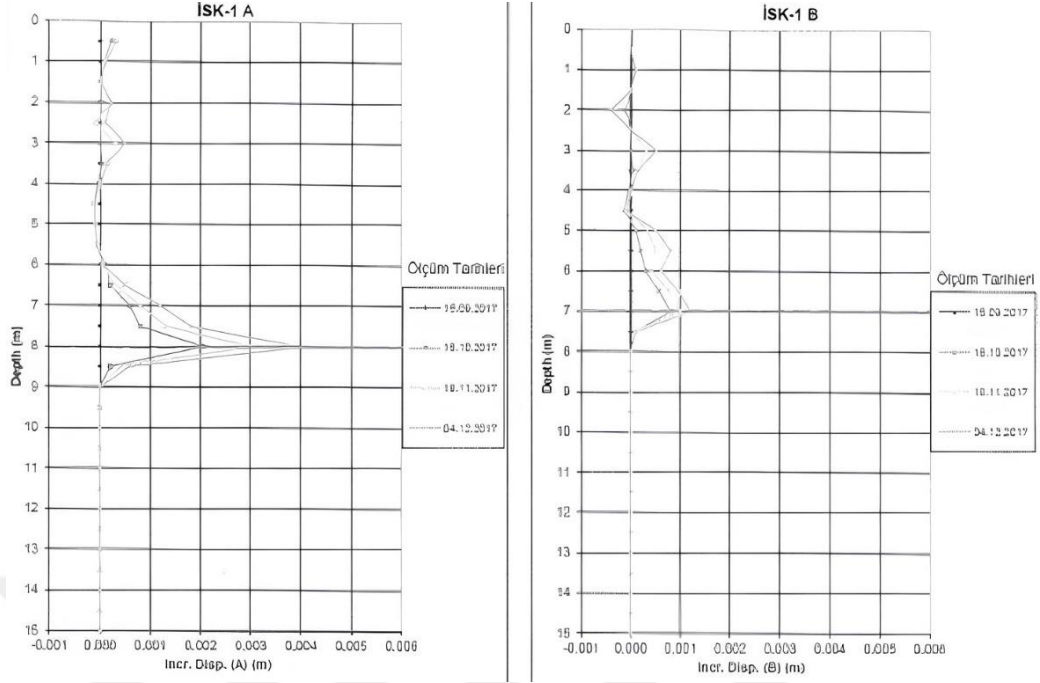
Tablo 4. Presiyometre deney sonuçları

SK NO	Deney Derinliği (m)	Net Limit Basınç (kg/cm ²)	Elastisite Modülü E (kg/cm ²)	Hesaplanan Kohezyon Değeri (kPa)	Birim Ağırlığı (kN/m ²)	Derinlik (m)
HSK-1	1,00-3,00	3,9	44	59,6	18	2
	3,00-5,00	6,0	130	76,6	18	4
	5,00-7,00	21,4	299	222,7	20	6
	7,00-9,00	13,6	361	93,0	20	8
	9,00-11,00	8,1	126	84,4	20	10
	11,00-13,00	11,0	124	108,8	20	12
	13,00-15,00	15,8	236	149,9	20	14
	15,00-17,00	14,9	218	139,0	20	16
	17,00-19,00	14,6	99	132,1	20	18
İSK-2	1,00-3,00	2,9	25	49,0	22	2
	3,00-5,00	4,6	44	61,3	22	4
İSK-3	0,00-2,00	4,3	28	65,3	18	1
	2,00-4,00	4,6	24	64,1	20	3
	4,00-6,00	6,2	66	75,8	20	5
	6,00-8,00	4,2	157	52,2	20	7
	8,00-10,00	4,8	48	54,0	20	9
	10,00-12,00	8,8	98	89,2	20	11
	12,00-14,00	7,1	63	68,6	20	13
İSK-4	3,00-5,00	3,8	20	54,2	20	4

2.4.3. İnklinometre Ölçümleri

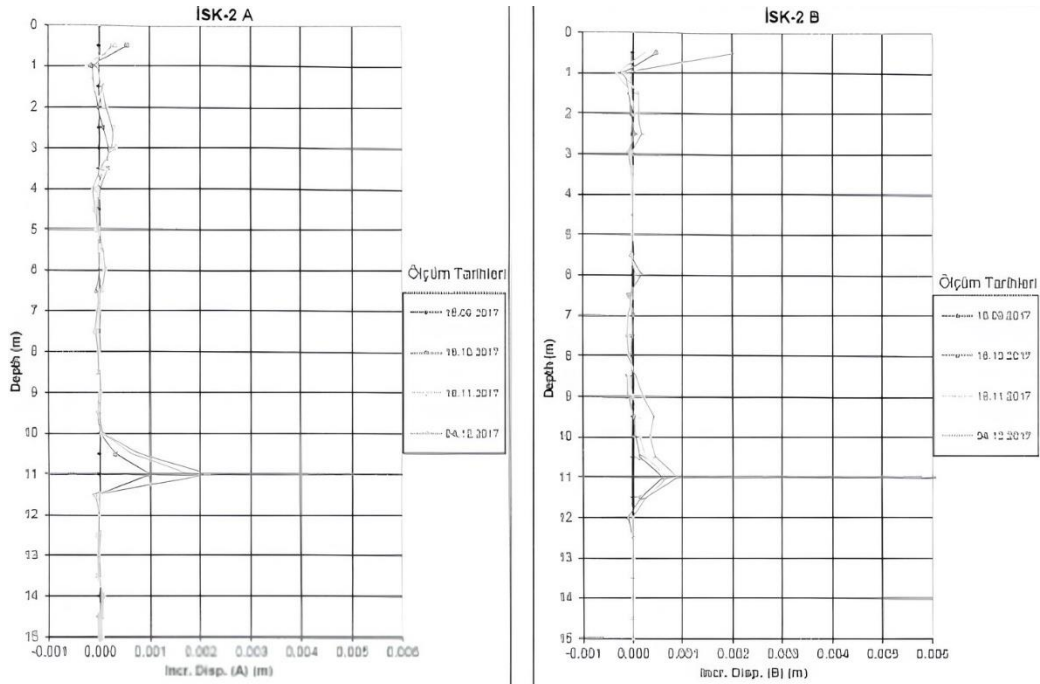
Sondaj çalışmalarına ek olarak, zemin hareketlerinin aktivitesini, kayma derinliğini ve yönünü belirlemek amacıyla açılan sondaj kuyularının bazılarında (İSK-1, İSK-2, İSK-3 ve İSK-4) inklinometre ölçümleri yapılmıştır. Yapılan bu ölçümler kayma dairesinin varlığını açık bir şekilde ortaya koymuştur.

İSK-1 sondaj kuyusunda gerçekleştirilen inklinometre ölçümlerinde 8.00 m’de kayma zonu gözlenmiştir. Şekil 36’da İSK-1 sondaj kuyusu ölçüm sonuçları verilmiştir.



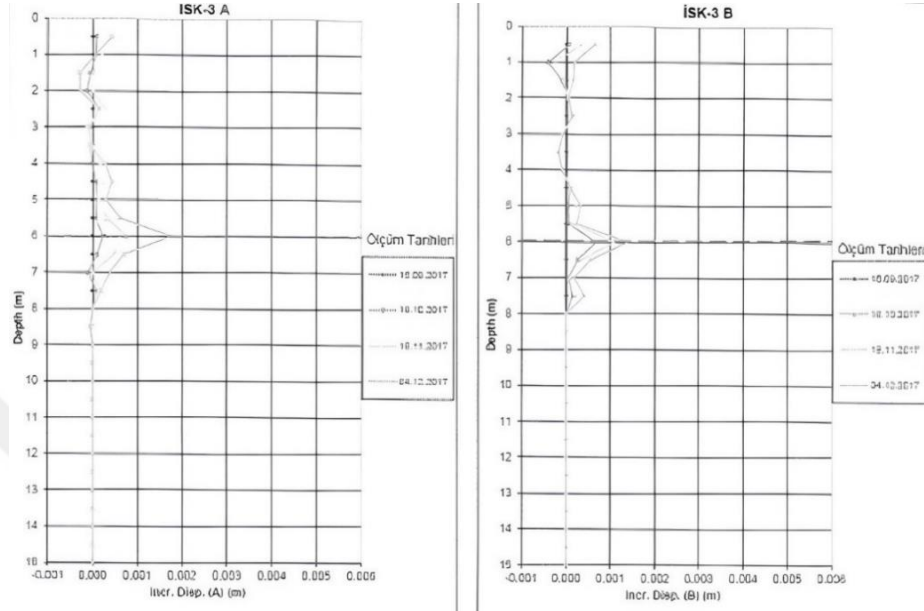
Şekil 36. İSK-1 sondaj kuyusu inklinometre ölçüm sonuçları (DSİ, 2017)

İSK-2 sondaj kuyusunda gerçekleştirilen inklinometre ölçümlerinde 11.00 m'de kayma zonu gözlenmiştir. Şekil 37'de İSK-2 sondaj kuyusu ölçüm sonuçları verilmiştir.



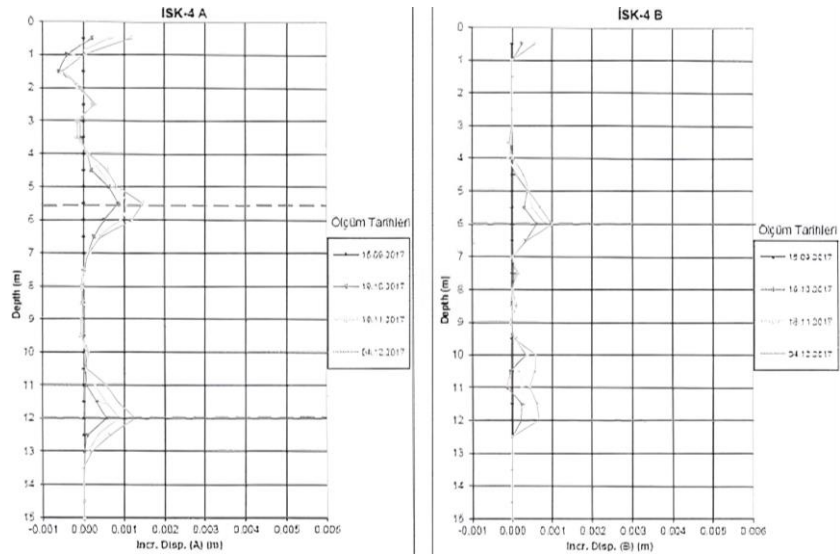
Şekil 37. İSK-2 sondaj kuyusu inklinometre ölçüm sonuçları (DSİ, 2017)

İSK-3 sondaj kuyusunda gerçekleştirilen inklinometre ölçümlerinde 6.00 m’de kayma zonu gözlenmiştir. Şekil 38’de İSK-3 sondaj kuyusu ölçüm sonuçları verilmiştir.



Şekil 38. İSK-3 sondaj kuyusu inklinometre ölçüm sonuçları (DSİ, 2017)

İSK-4 sondaj kuyusunda gerçekleştirilen inklinometre ölçümlerinde 5.50 m ve 12 m’de kayma zonu gözlenmiştir. Şekil 39’da İSK-4 sondaj kuyusu ölçüm sonuçları verilmiştir.



Şekil 39. İSK-4 sondaj kuyusu inklinometre ölçüm sonuçları (DSİ, 2017)

Kurak mevsimde 2.5 ay boyunca 15 günde bir yapılan ölçümler sonucunda kaymaların 2-4 mm arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Bu miktar, kurak bir mevsim için heyelan aktivitesini göstermesi açısından ve çalışma alanının eğiminin azlığı da göz önünde bulundurulduğunda yeterlidir. Yağışlı mevsimlerde yer altı su seviyesi yükselmesi ile birlikte bu hareket hızlanarak devam edecektir.

2.4.4. Laboratuvar Deneyleri

Sondaj kuyularından SPT, UD ve karot numuneleri alınmıştır. Bu numuneler üzerinde laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneylerle zemine ait dane çapı dağılımı, atterberg limitleri, zemin sınıfı, su içeriği, doğal birim hacim ağırlık özellikleri belirlenmiştir. Numuneler üzerinde mukavemet deneyleri de yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 5. UD numuneleri deney sonuçları

Numune No	Dane Çapı Dağılımı			Atterberg Limitleri			Sınıf	Su İçeriği (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık γ (Mg/m ³)	Mukavemet Deneyleri	
										Üç Eksenli Basınç	
										UU Tipi	
	0,075 mm geçen (%)	4,75 mm geçen (%)	75 mm geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)				C	ϕ
UD-1/İSK-1 (3,00-3,50)	88,6	99,0	100,0	58,8	24,3	34,5	CH	19,6	2,09	268,9	11
UD-1/İSK-2 (7,00-7,50)	36,9	87,7	100,0	24,1	16,9	7,2	SC	12,3	1,72		
UD-1/İSK-4 (3,50-4,00)	37,9	88,2	100,0	24,8	19,9	4,9	SC	22,7 (üst kısım) 15,8 (alt kısım)	2,0 (üst kısım) 2,14 (alt kısım)		

Tablo 6. SPT numuneleri deney sonuçları

Sıra No	Numune No	Dane Çapı Dağılımı			Atterberg Limitleri			Sınıfı	Su İçeriği (%)
		0,075 mm geçen (%)	4,75 mm geçen (%)	75 mm geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)		
1	HSK -1 (1,50-1,95 m)	81,1	99,2	100,0	36,4	19,3	17,1	CI	20,5
2	(3,00-3,45 m)	80,5	98,5	100,0	41,8	20,3	21,5	CI	20,1
3	(15,00-15,45 m)	89,5	99,1	100,0	55,3	26,0	29,3	CH	25,7
4	(18,00-18,45 m)	85,3	94,2	100,0	54,0	24,5	29,5	CH	28,1
5	HSK-2 (3,00-3,45 m)	82,7	98,0	100,0	41,3	20,9	20,4	CI	21,9
6	(10,50-15,45 m)	65,9	86,4	100,0	38,9	19,3	19,6	CI	33,1
7	(15,00-15,45 m)	63,4	80,4	100,0	41,8	18,6	23,2	CI	28,5
8	(16,50-16,95 m)	55,5	65,5	100,0	48,0	21,6	26,4	CI	28,2
9	(18,00-18,45 m)	62,1	74,4	100,0	46,0	22,6	23,4	CI	20,5
10	HSK-3 (1,50-1,95 m)	89,5	99,5	100,0	53,3	24,6	28,7	CH	15,4
11	(3,00-3,45m)	88,3	99,2	100,0	51,2	23,8	27,4	CH	17,4
12	(4,50-4,95 m)	91,5	100,0	100,0	59,8	27,6	32,2	CH	27,1
13	(7,50-7,68 m)	39,8	74,8	100,0	26,9	23,7	3,2	SM	30,8
14	(9,00-9,45 m)	86,8	97,6	100,0	38,8	21,9	16,9	CI	37,6
15	(12,00-12,45 m)	86,6	98,5	100,0	49,5	22,9	26,6	CI	28,0
16	İSK-1 (1,60-1,95m)	89,1	98,4	100,0	50,3	23,4	26,9	CH	26,3
17	(6,00-6,45 m)	83,8	98,7	100,0	42,5	22,2	20,3	CI	20,6
18	(9,00-9,45 m)	87,2	99,1	100,0	44,1	21,1	23,0	CI	26,4
19	İSK-2 (1,50-1,95 m)	87,2	94,8	100,0	50,1	23,9	26,2	CH	48,5
20	(4,50-4,95 m)	98,8	100,0	100,0	61,4	27,5	33,9	CH	26,3
21	İSK-3 (6,00-6,45m)	91,8	98,9	100,0	49,0	21,5	27,5	CI	28,7
22	(7,50-7,95 m)	95,3	100,0	100,0	51,5	24,7	26,8	CH	26,7
23	(9,00-9,45 m)	85,1	98,0	100,0	46,2	20,3	25,9	CI	23,0
24	(12,00-12,45 m)	91,3	100,0	100,0	51,3	23,6	27,7	CH	26,6
25	İSK-4 (6,00-6,45m)	19,2	79,0	100,0	NP (plastik değil)			SM veya SC	12,9
26	(7,50-7,95 m)	13,4	76,3	100,0	NP (plastik değil)			SM veya SC	11,4
27	(9,00-9,45 m)	93,3	99,5	100,0	51,4	23,3	28,1	CH	36,1

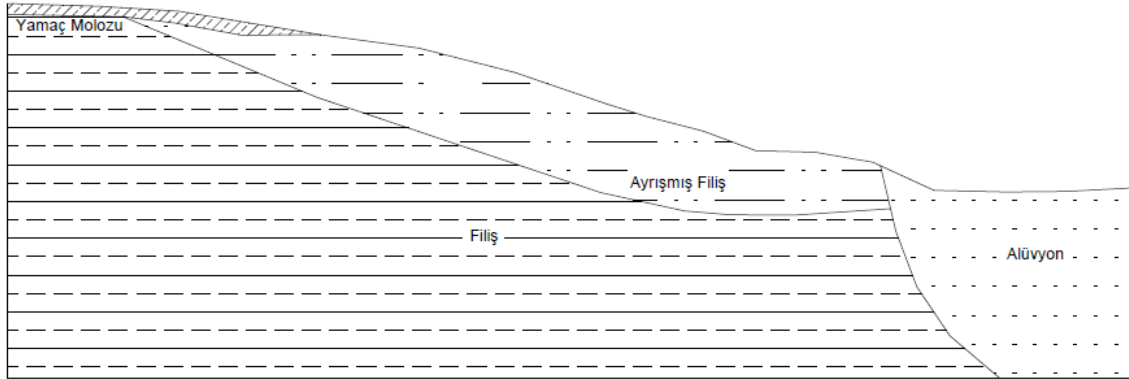
Tablo 7. Karot numunesi deney sonucu

Numune No	Gerçek Yoğunluk	Basınç Dayanımı (ASTM 7012)			
	TS EN 1936	Num. Boyutu		Kırılma Yüğü	Basınç Dayanımı
	(kg/m ³)	d _{ort}	l _{ort}	(kN)	(MPa)
HSK-2	2697	62,97	124,58	112,4	36,1
		63,01	124,79	125,1	40,1

2.5. İdealize Zemin Kesiti

Analizler en elverişsiz kesit olan A-A kesiti üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sondaj verileri değerlendirilerek zemin kesiti 3 farklı seviye olarak idealize edilmiştir. Belirlenen zemin kesitleri yukarıdan aşağıya doğru;

- 1.5 m kalınlığında düşük-orta plastisiteli kil, yer yer non-plastik siltli kil ve siltli kum bileşiminde yamaç molozu,
- 15 m kalınlığında heyelanın içerisinde geliştiği çok örselenmiş ayrışmış-tamamen ayrışmış filiş seviyesi,
- 50 m kalınlığında sedimanter istifin üyeleri olarak kabul edilebilecek çok zayıf dayanımlı ayrışmış filiş seviyesi,
- 30 m kalınlığında Devrek Çayı alüvyonu olarak idealize edilmiştir. İdealize zemin kesiti Şekil 40'da gösterilmektedir.



Şekil 40. İdealize zemin kesiti

Çalışma alanının çevresinde bulunan ulaşım yolları ve bu ulaşım yollarında seyreden trafik yükleri dikkate alınarak sürşarj yükü 15 kPa olarak alınmıştır.

2.6. Fore Kazık Sistemi İçin Yapılan Sayısal Analizler

Fore kazık sistemi için sonlu elemanlar ve limit denge programlarıyla statik ve dinamik yükler etkisinde analizler yapılmıştır.

2.6.1. Sonlu Elemanlar Analiz Programı

Sonlu elemanlar analizi, Plaxis 2D Connect Edition v21 ile yapılmıştır. Genellikle geoteknik alanında kullanılan bu program kazı, dolgu, şev, temel, tünel gibi uygulamaların deformasyon ve stabilite analizlerinin yapıldığı bir sonlu elemanlar programıdır. Programda gerçekleştirilen analizler, zemine ait şekil değiştirme, gerilme, oturma, akım ağı, taşıma gücü, yapı etkileşimi gibi özellikler ile ilgili bilgiler sağlamak ve uygulanabilir sonuçlar sunmaktadır.

Plaxis 2D programı, sonsuz zemin ortamını 6 ya da 15 düğüm noktalı üçgen elemanlar ağı ile bölerek sonlu zemin ortamına dönüştürür. 15 düğüm noktalı analiz 6 düğüm noktalı analize göre daha doğru sonuç vermekle birlikte daha fazla süre gerektirmektedir. Plaxis 2D programı ile analizin beş aşaması vardır. Bunlar;

- ‘Soil’ aşamasında model geometrisinin oluşturulur.
- ‘Structures’ aşamasında zemin tabakalarına malzeme özellikleri atanır, sisteme etki eden yükler tanımlanır ve analiz edilecek sistem oluşturulur.
- ‘Mesh’ aşamasında sonlu elemanlar ağı oluşturulur.
- ‘Flow conditions’ aşamasında yeraltı suyu koşulları aktif hale getirilir.
- ‘Staged construction’ aşamasında analizler yapılır ve analiz sonuçları görüntülenir.

2.6.2. Malzeme Modelleri

Zeminler yapıları bakımından oldukça karmaşıktır ve bütününün özelliklerinin bilinmesi oldukça zordur. Zeminlerin doğru tanımlanabilmesi amacıyla çeşitli matematiksel malzeme modelleri kullanılmaktadır. Bu malzeme modelleri yardımıyla zeminin farklı koşullar altında gerilme-şekil değiştirme davranışlarına ulaşılır. Malzeme modelleri;

- Lineer Elastik Model
- Mohr-Coulomb Zemin Modeli
- Pekleşen Zemin Modeli (Hardening Soil Model)
- Yumuşak Zemin Modeli (Soft Soil Model) olarak sıralanabilir.

2.6.2.1. Lineer Elastik Model

Lineer elastik zemin modeli, zeminlerin Hooke kanununa uygun davrandığı ve zeminin izotropik lineer elastik olduğu kabul edilmektedir. Elastisite modülü (E) ve Poisson oranı (ν) zemini tanımlayan parametreler olarak kullanılmaktadır. Zeminler gerçekte lineer değil plastik özellik gösterdiğinden bu model zemin davranışını tam olarak yansıtmamaktadır. Zemin içerisinde rijit yapıları modellemek için kullanılmaktadır.

2.6.2.2. Mohr-Coulomb Zemin Modeli

Mohr-Coulomb zemin modelinde, Mohr-Coulomb davranış modeli göçme kriteri olarak kabul edilir ve zeminin kayma gerçekleşene kadar elastik kayma gerçekleşikten sonra plastik davranış gösterdiği varsayılır. Zeminin elastisitesini tanımlamak için Elastisite modülü (E) ve Poisson oranı (ν); zeminin plastisitesini tanımlamak için içsel sürtünme açısı (ϕ), kohezyon (c) ve dilatasyon açısı (ψ) parametreleri kullanılmaktadır.

2.6.2.3. Pekleşen Zemin Modeli

Pekleşen zemin modeli, farklı tipte zeminlerin gerilme-şekil değiştirme ilişkisini hiperbolik biçimde tanımlayan gelişmiş bir modeldir. Zemini tanımlamak için içsel sürtünme açısı (ϕ), kohezyon (c), dilatasyon açısı (ψ) gibi parametreler ile birlikte rijitlik parametreleri de kullanılmaktadır. Rijitlik parametreleriyle birlikte elastik-plastik ve yükleme-boşaltma ayrımlarının dikkate alınması zeminlerin gerilme-şekil değiştirme davranışları daha gerçekçi bir şekilde modellenebilmektedir.

2.6.2.4. Yumuşak Zemin Modeli

Yumuşak zemin modeli, diğer zeminlere göre daha yumuşak ve sıkıştırılabilirliği yüksek konsolide kil zeminler için kullanılmaktadır. Zemini tanımlamak için içsel sürtünme açısı (ϕ), kohezyon (c), dilatasyon açısı (ψ) parametreleri ile birlikte modifiye sıkışma indeksi (λ^*) ve modifiye şişme indeksi (κ^*) parametreleri de kullanılmaktadır.

2.6.3. Limit Denge Analiz Programı

Limit denge analizi, bir Rocscience yazılımı olan Slide2 2D Limit Equilibrium Analysis for Slopes v23 ile yapılmıştır. Slide2, kaya ve zemin şevlerinin stabilite analizlerinin yapıldığı limit denge yöntemi kullanılan 2 boyutlu bir programdır. Zemin özellikleri, yeraltı suyu koşulları, dinamik yükler ve heyelanların şev stabilitesi üzerindeki etkileri program yardımıyla değerlendirilir. Şev stabilitesini sağlamaya yönelik sistemlerin güvenilirliği program yardımıyla analiz edilip karşılaştırılabilir.

Bishop, Janbu, Spencer, Morgenstern-Price gibi limit denge analiz yaklaşımları ile analizler gerçekleştirilir. Dairesel ya da dairesel olmayan kayma yüzeyleri için kullanılabilir.

Slide2 programı ile analiz yapılırken ilk olarak model geometrisinin sınırları oluşturulur. Boundaries sekmesinde bulunan add material boundary ile zemin tabakalarının sınırları tanımlanır. Properties sekmesinde yer alan define materials ile malzeme özellikleri tanımlanır ve zemin tabakalarına atanır. Loading sekmesinden statik ve dinamik yükler tanımlanır. Compute ile yapılan değişiklikler kaydedildikten sonra interpret modülü ile analiz başlatılır. Açılan sonuç ekranında Bishop, Janbu, Spencer, Morgenstern-Price gibi limit denge analiz yaklaşımları ile gerçekleştirilen analizler sonuçları görüntülenir.

2.6.4. Geoteknik Tasarım ve Kullanılan Zemin Parametreleri

Çalışma alanının büyük bir bölümünde su seviyesinin 5.00-7.00 m’lerde olması nedeniyle kılçık dren sistemi ve dren kuyuları önerilmemiştir. 12.00 m’ye varan kayma derinlikleri için bu önlem yetersiz ve maliyetlidir. Daha ekonomik bir çözüm olan istinat duvarları bahsedilen kayma derinliğinde güvenlik sağlamayacağından tercih edilmemiştir. Zemin yapısının ayrılmış olması nedeniyle zemin çivisi sistemi tercih edilmemiştir. Zeminde oluşması beklenen olası şev kaymalarını engellemek için fore kazık sistemi uygulanmasına karar verilmiştir.

Heyelanın şev üzerindeki uzun süreli etkilerini analiz etmek üzere statik yükler etkisinde yapılan analizlerde drenaj koşulları dikkate alınarak parametre olarak içsel sürtünme açısı ‘ ϕ ’ kullanılmış kohezyon parametresi ‘c’ dikkate alınmamıştır. Herhangi bir yapı vb. inşası olmaması dolayısıyla drenajsız koşullar oluşmayacağından kısa süreli şev

stabilitesi analizi gerçekleştirilmemiştir. Bölgenin depremselliği göz önünde bulundurularak dinamik yükler etkisinde analizler de gerçekleştirilmiştir.

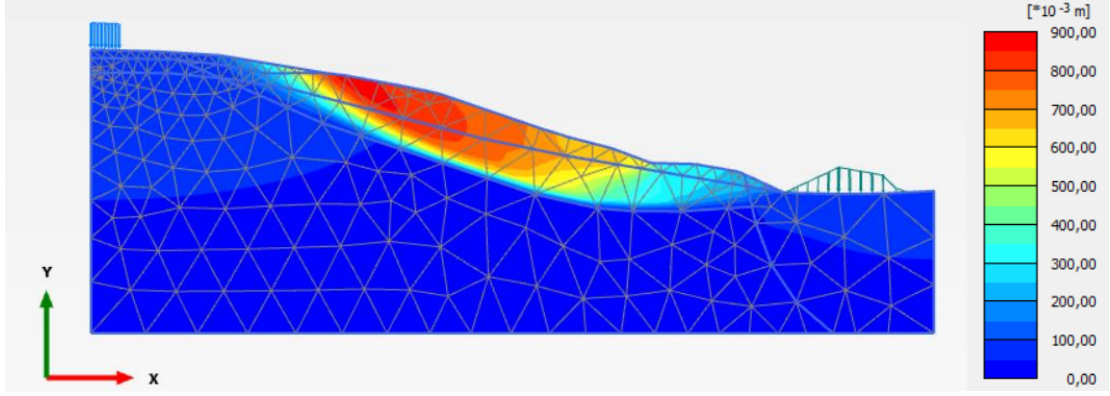
Yamaç molozu, ayrılmış filiş ve alüvyon tabakaları için Mohr-Coulomb modeli, filiş tabakası için ise Hoek-Brown modeli kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan zemin parametreleri jeoteknik raporda verilen arazi ve laboratuvar deneylerinden ve geri analiz yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Zemin parametreleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Zemin parametreleri

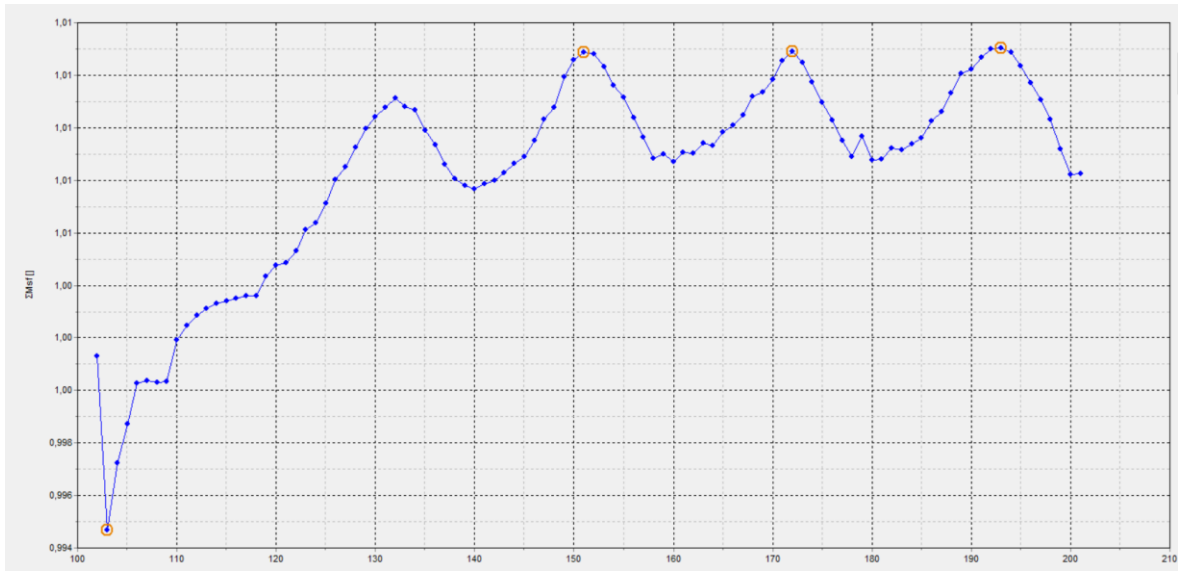
Zemin Tabakası	Doğal Birim Ağırlık γ (kN/m ³)	Malzeme Modeli	İçsel Sürtünme Açısı ϕ (°)	Kohezyon c (kN/m ²)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı UCS (kN/m ²)	Jeolojik Dayanım İndeksi GSI	Malzeme Sabiti m_i
Yamaç Molozu	18	Mohr-Coulomb	15	10			
Ayrılmış Filiş	19	Mohr-Coulomb	19	50			
Filiş	23	Hoek-Brown			5000	70	0,2
Alüvyon	20	Mohr-Coulomb	38	10			

2.6.5. Statik Yükler Etkisinde Yapılan Analizler

Çalışmanın bu bölümünde Plaxis 2D Connect Edition v21 ve Slide2 2D Limit Equilibrium Analysis for Slopes v23 programları kullanılarak 80 cm çaplı fore kazık sistemi farklı noktalarda ve farklı kazık boylarında uygulanmış ve bulunan güvenlik sayıları karşılaştırılmıştır. Fore kazık uygulaması için 3 farklı referans noktası seçilmiştir. Referans noktaları şev topuğundan başlanarak yaklaşık 20 m aralıklarla seçilmiştir. Seçilen 3. referans noktası kayma düzleminin ortasına denk gelmektedir. Zemin tabakaları, sürşarj yükü ve seçilen referans noktalarının gösterildiği model geometrisi Şekil 41’de gösterilmektedir.



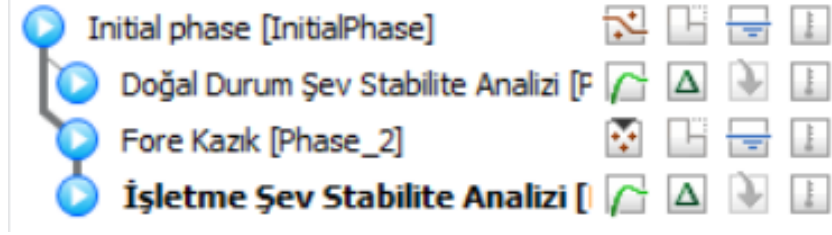
Şekil 42. Doğal durum analizi renk konturları



Şekil 43. Doğal durum analizi için güvenlik sayısı

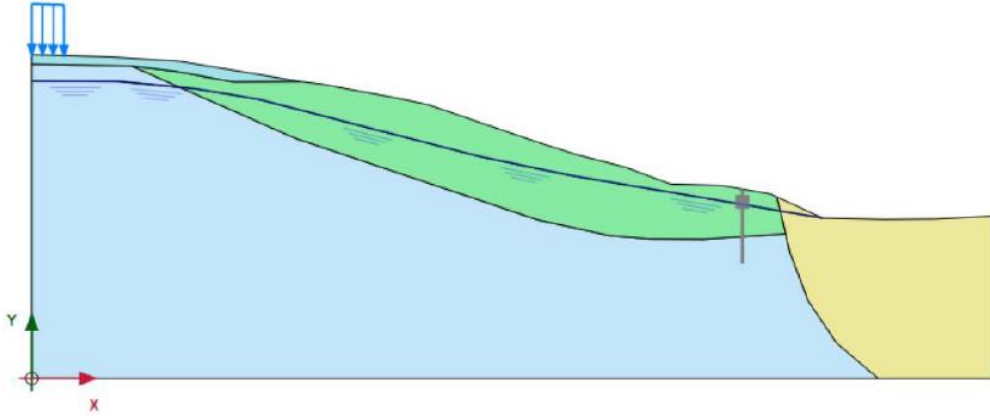
Doğal durum şev stabilitesi analizinde güvenlik sayısı '1.01' olarak bulunmuştur. Türk Standartları TS 8853'e göre uzun dönem şev stabilite analizlerinde güvenlik sayısı 1.2'den büyük olmalıdır.

Doğal durum şev stabilite analizinden sonraki aşamalarda kazıklar aktif hale getirilmiştir. En son aşama olarak işletme durumunda şev stabilitesi analizi yapılmıştır. Analiz aşamaları Şekil 44'de gösterilmektedir.

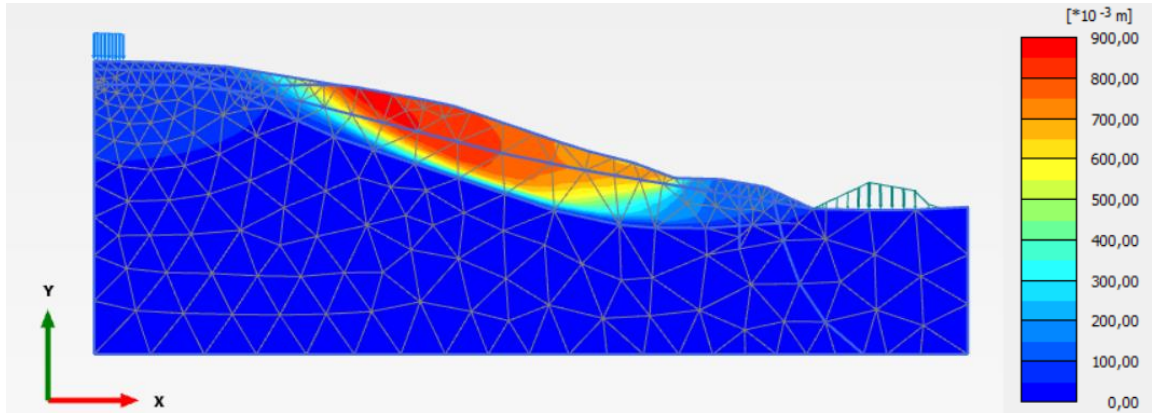


Şekil 44. Plaxis 2D analiz aşamaları

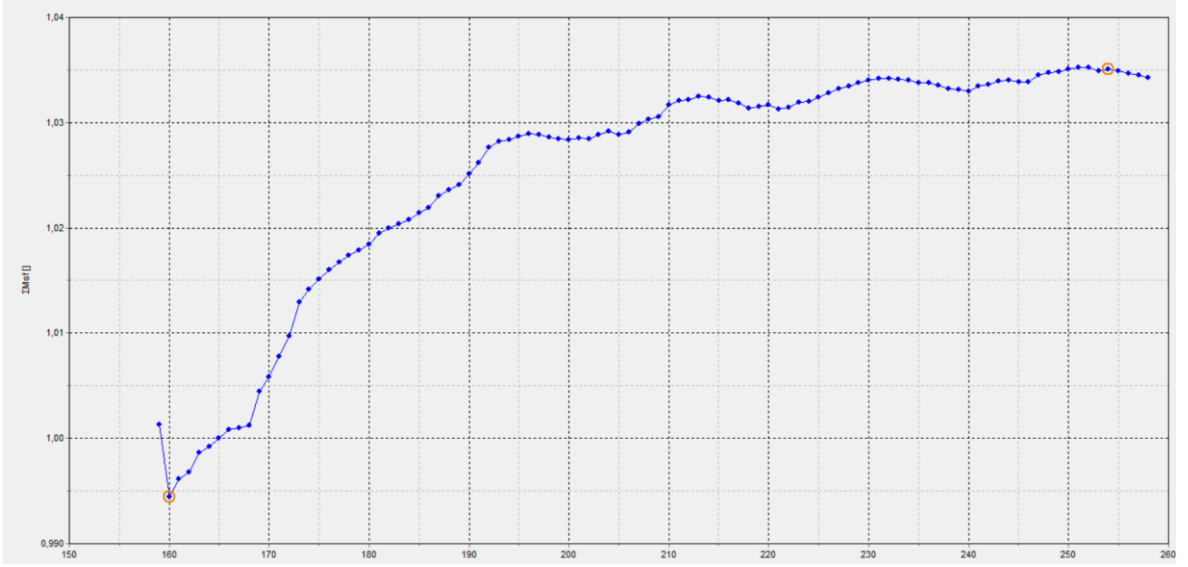
1. referans noktasına 15 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Şekil 45’de model geometrisi verilmiştir. Analizler sonucu ulaşılan renk konturları Şekil 46’da görülmektedir. Yapılan analizler sonucu güvenlik sayısı ‘1.03’ olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Şekil 47’de güvenlik sayısı grafiği verilmiştir.



Şekil 45. 1. referans noktası için 15 m kazık boylu model geometrisi



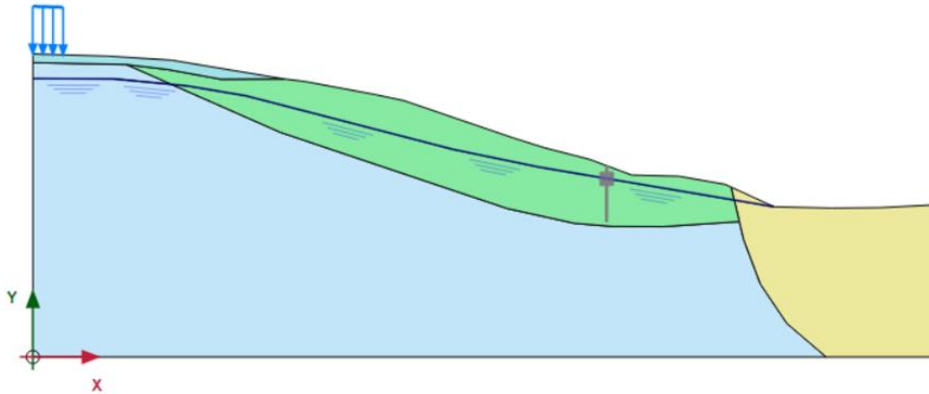
Şekil 46. 1. referans noktası için 15 m kazık boylu renk konturları



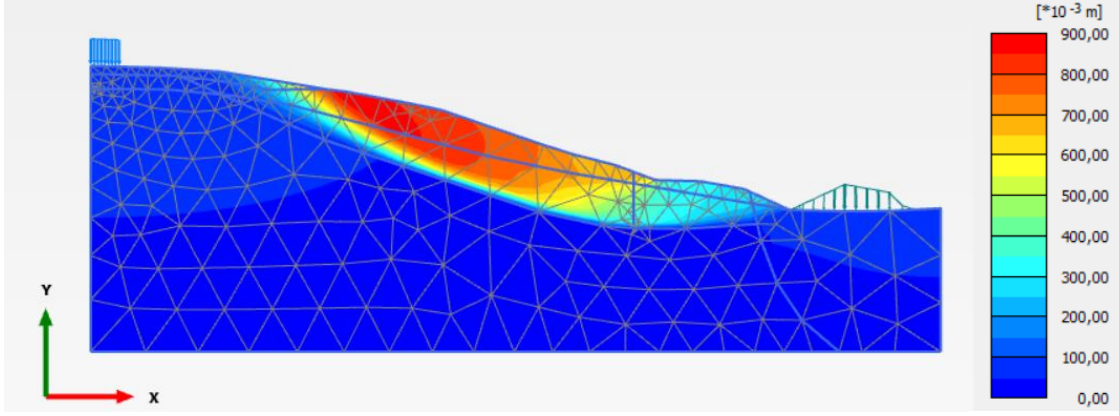
Şekil 47. 1. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı

1. referans noktasına uygulanan fore kazık sisteminin güvenlik sayısında istenilen artışı sağlamadığı görülmüştür. Analizler seçilen 2. referans noktasına uygulanan fore kazık sistemi ile devam ettirilmiştir.

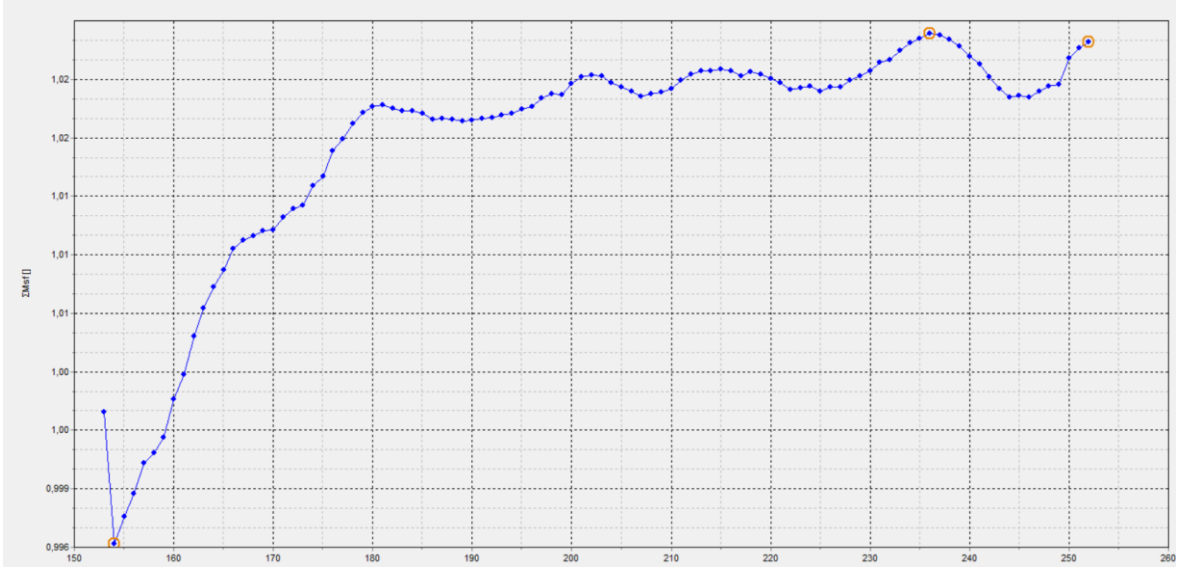
2. referans noktasına 12 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Şekil 48’de model geometrisi verilmiştir. Analizler sonucu ulaşılan renk konturları Şekil 49’da görülmektedir. Yapılan analizler sonucu güvenlik sayısı ‘1.03’ olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Şekil 50’de güvenlik sayısı grafiği verilmiştir.



Şekil 48. 2. referans noktası için 12 m kazık boylu model geometrisi

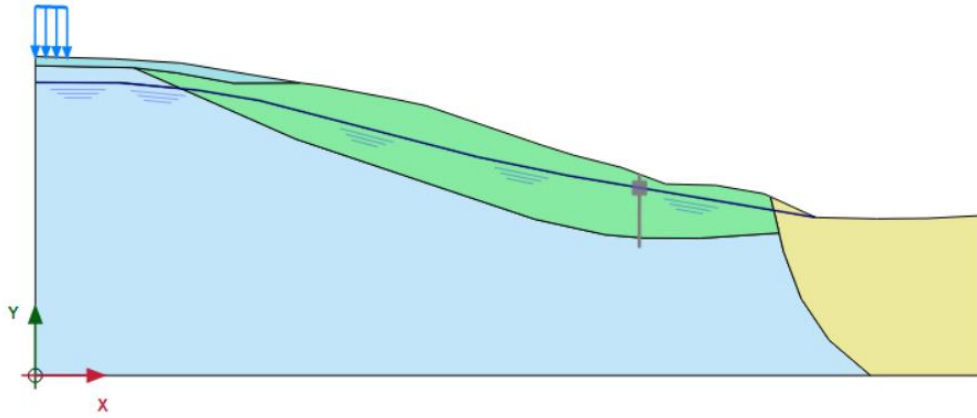


Şekil 49. 2. referans noktası için 12 m kazık boylu renk konturları

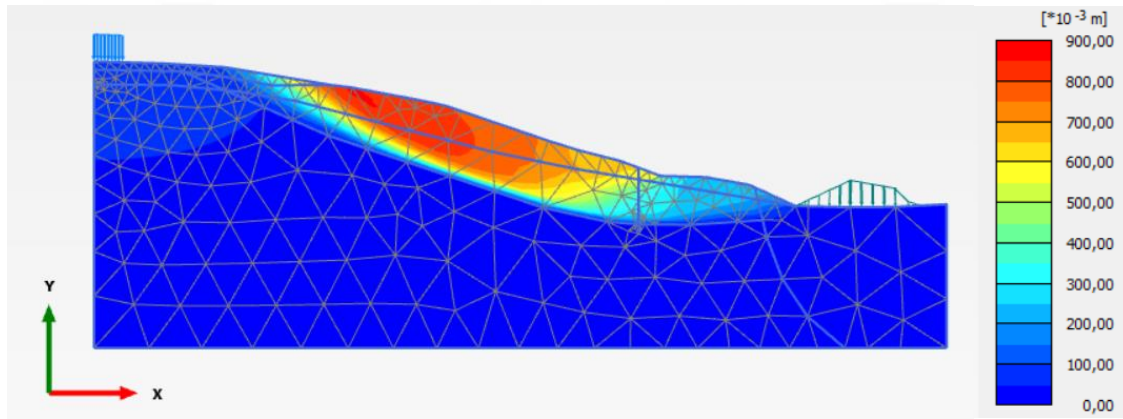


Şekil 50. 2. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı

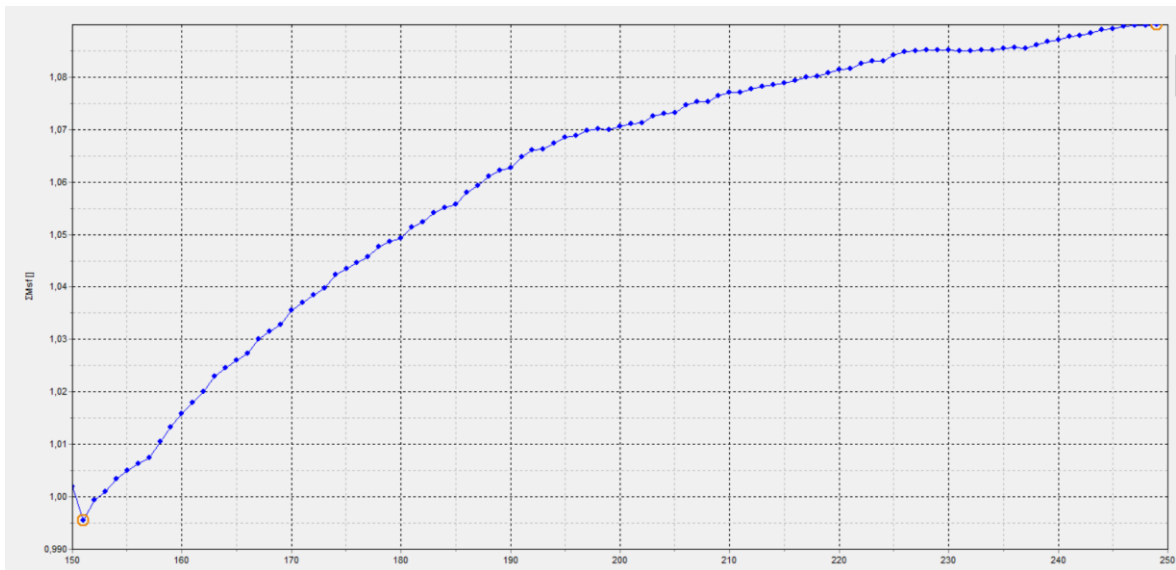
2. referans noktasına 15 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Şekil 51’de model geometrisi verilmiştir. Analizler sonucu ulaşılan renk konturları Şekil 52’de görülmektedir. Yapılan analizler sonucu güvenlik sayısı ‘1.09’ olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Şekil 53’de güvenlik sayısı grafiği verilmiştir.



Şekil 51. 2. referans noktası için 15 m kazık boylu model geometrisi

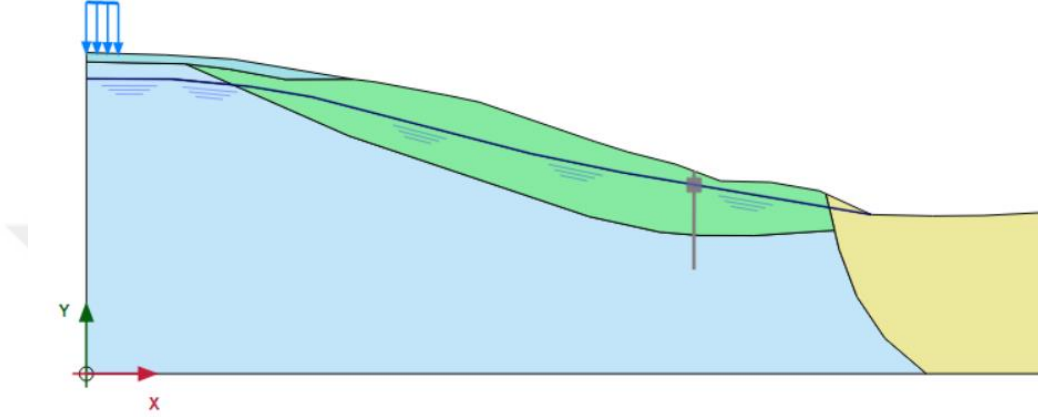


Şekil 52. 2. referans noktası için 15 m kazık boylu renk konturları

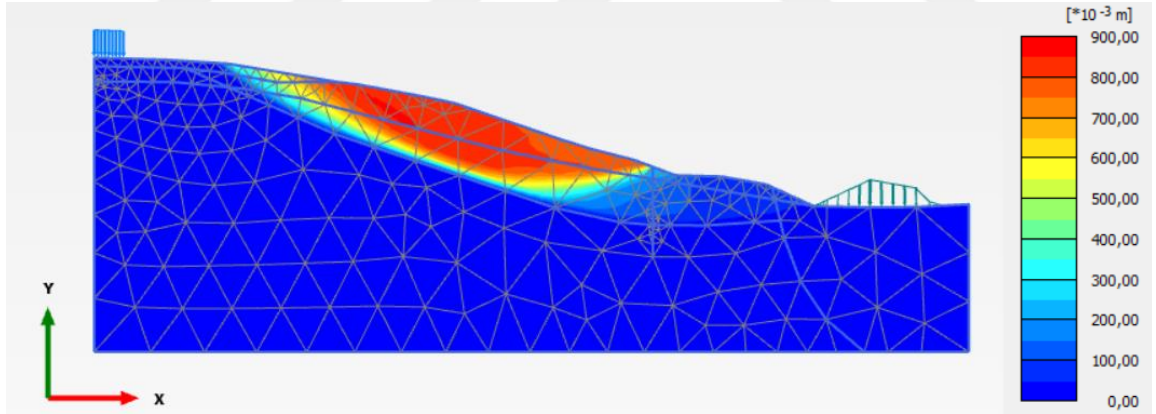


Şekil 53. 2. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı

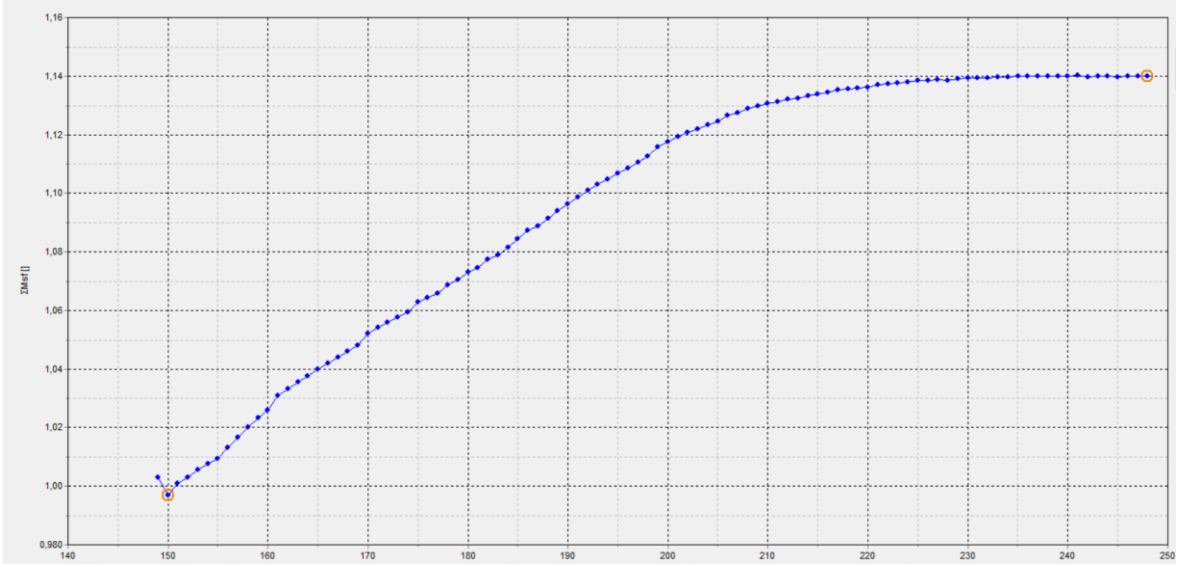
2. referans noktasına 20 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Şekil 54’de model geometrisi verilmiştir. Analizler sonucu ulaşılan renk konturları Şekil 55’de görülmektedir. Yapılan analizler sonucu güvenlik sayısı ‘1.14’ olarak bulunmuştur. Güvenlik sayısında artış olmuştur ancak bulunan bu değer istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Şekil 56’da güvenlik sayısı grafiği verilmiştir.



Şekil 54. 2. referans noktası için 20 m kazık boyu model geometrisi

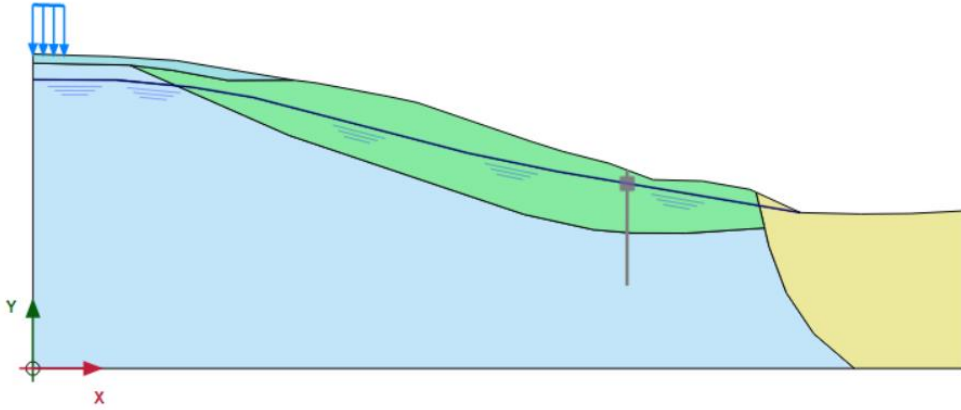


Şekil 55. 2. referans noktası için 20 m kazık boyu renk konturları

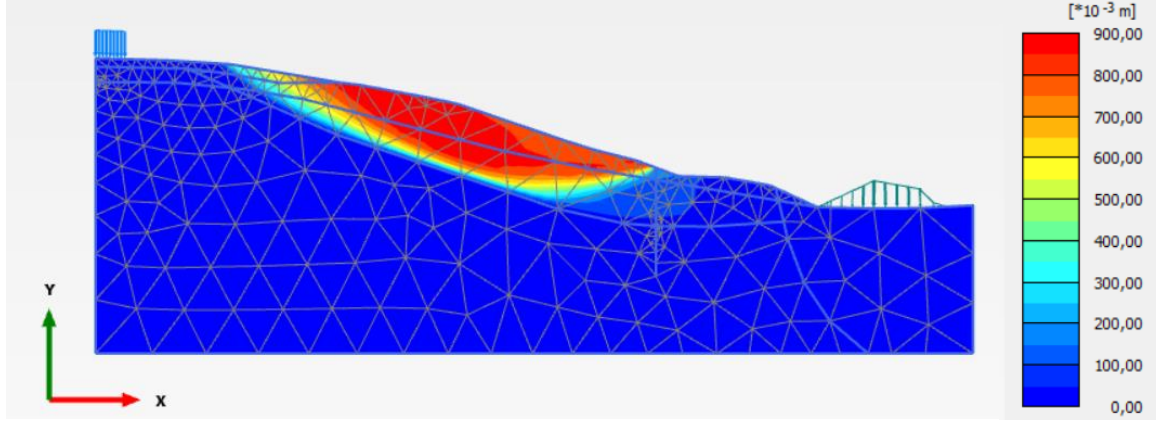


Şekil 56. 2. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı

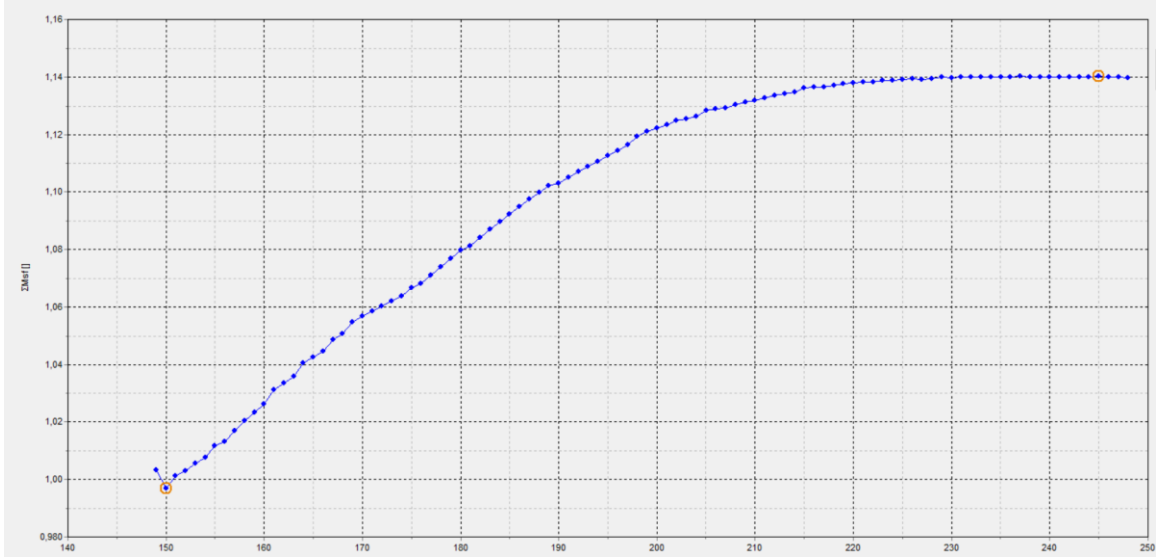
2. referans noktasına 24 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Şekil 57’de model geometrisi verilmiştir. Analizler sonucu ulaşılan renk konturları Şekil 58’de görülmektedir. Yapılan analizler sonucu güvenlik sayısı ‘1.14’ olarak bulunmuştur. Güvenlik sayısında artış olmuştur ancak bulunan bu değer istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Şekil 59’da güvenlik sayısı grafiği verilmiştir.



Şekil 57. 2. referans noktası için 24 m kazık boylu model geometrisi



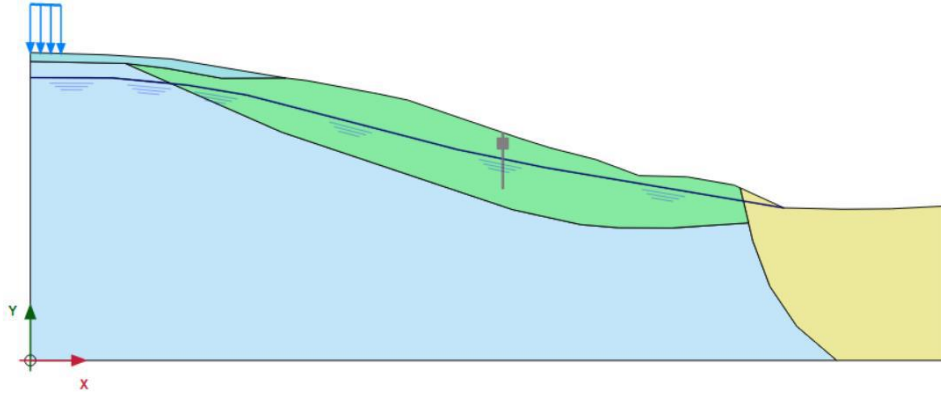
Şekil 58. 2. referans noktası için 24 m kazık boylu renk konturları



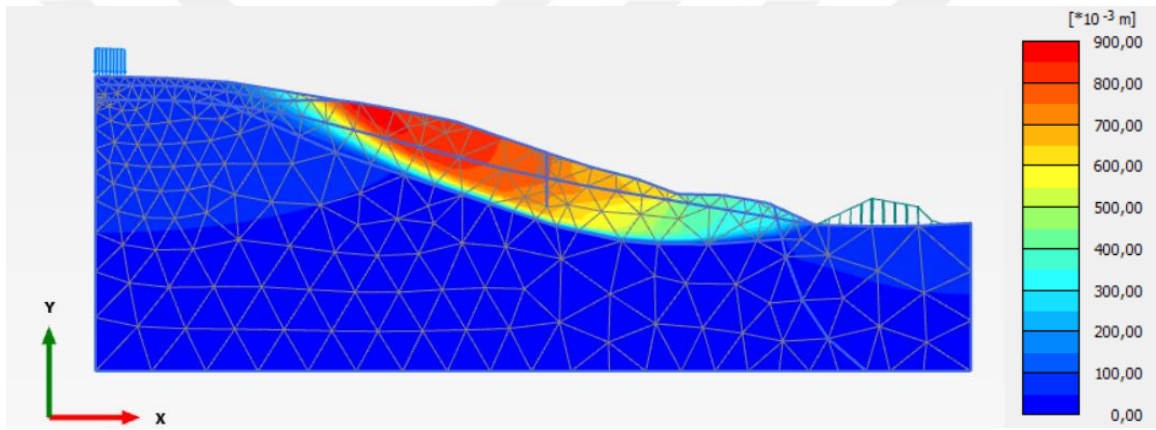
Şekil 59. 2. referans noktası için 24 m kazık boylu güvenlik sayısı

2. referans noktasına uygulanan 12 m ve 15 m fore kazık sistemlerinin güvenlik sayısında artış sağlamadığı görülmüştür. 20 m 24 m fore kazık sistemleri güvenlik sayısında aynı oranda artış sağlamıştır ancak istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analizler seçilen 3. referans noktasına uygulanan fore kazık sistemi ile devam ettirilmiştir.

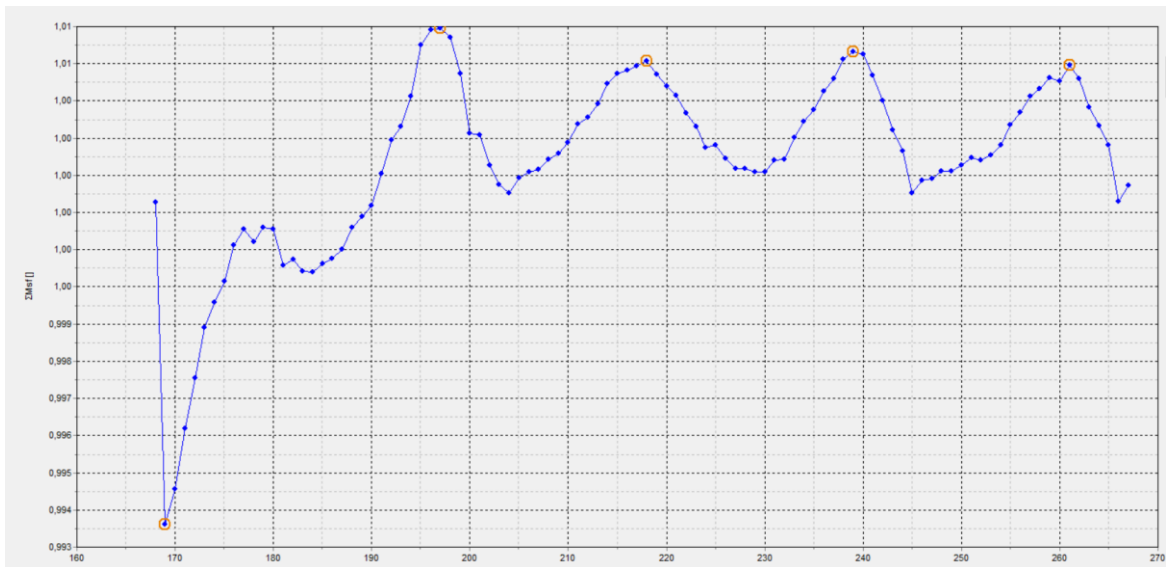
3. referans noktasına 12 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Şekil 60'da model geometrisi verilmiştir. Analizler sonucu ulaşılan renk konturları Şekil 61'de görülmektedir. Yapılan analizler sonucu güvenlik sayısı '1.01' olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Şekil 62'de güvenlik sayısı grafiği verilmiştir.



Şekil 60. 3. referans noktası için 12 m kazık boylu model geometrisi

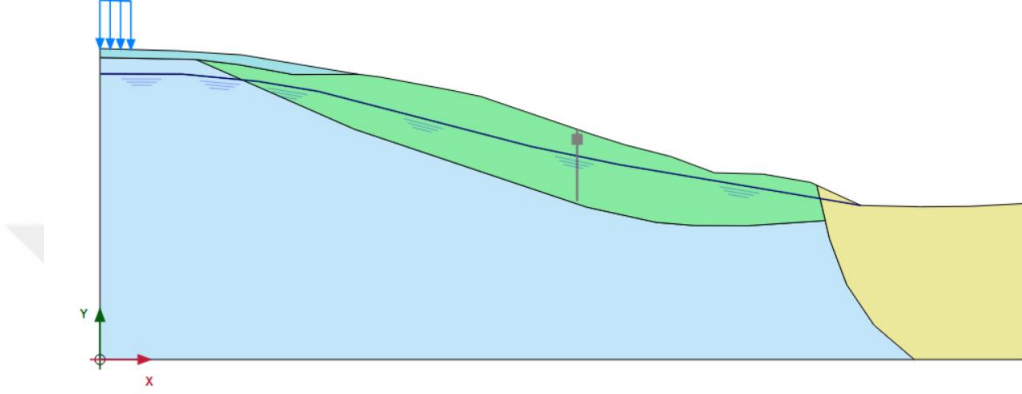


Şekil 61. 3. referans noktası için 12 m kazık boylu renk konturları

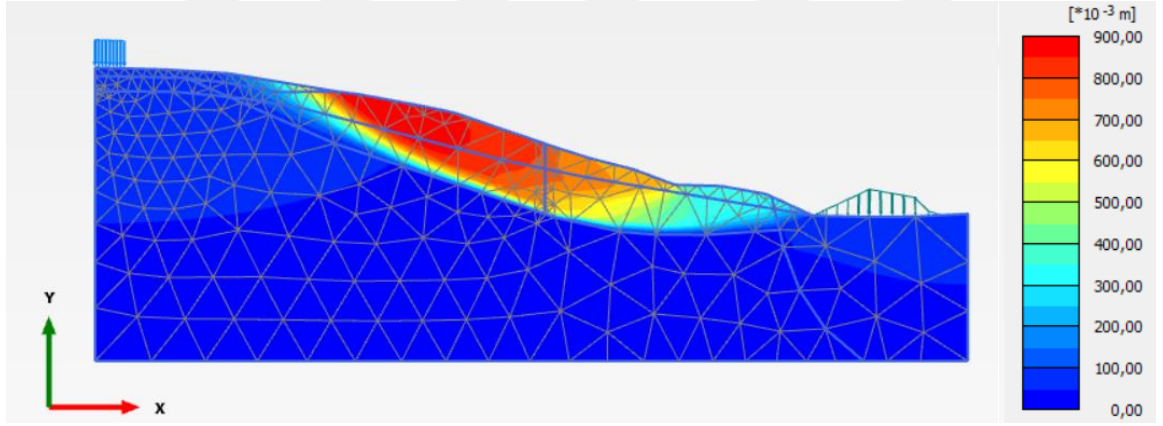


Şekil 62. 3. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı

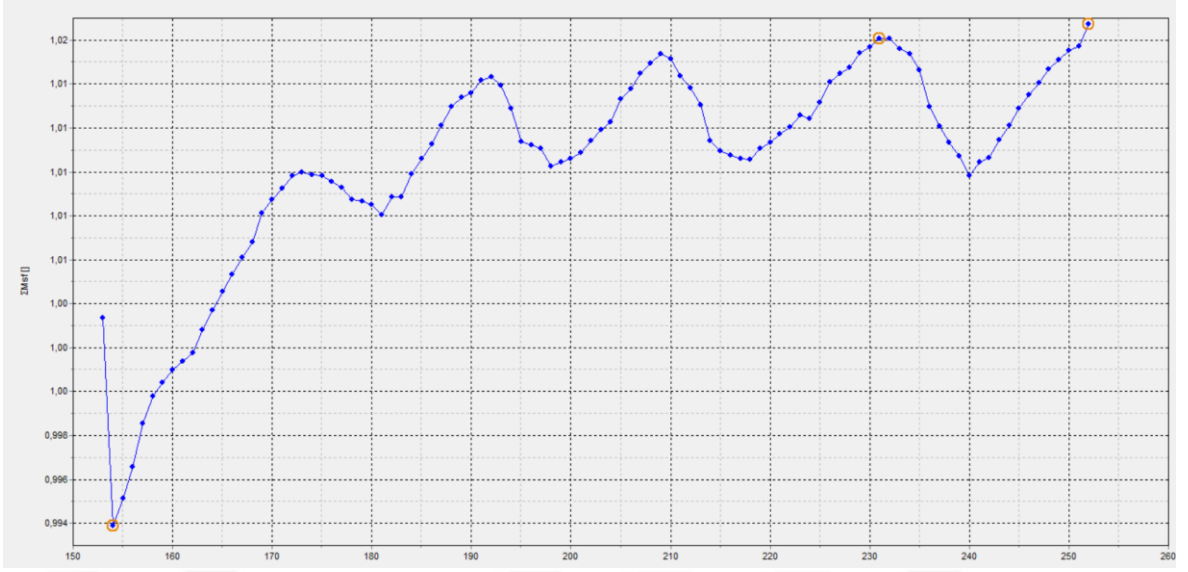
3. referans noktasına 15 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Şekil 63’de model geometrisi verilmiştir. Analizler sonucu ulaşılan renk konturları Şekil 64’de görülmektedir. Yapılan analizler sonucu güvenlik sayısı ‘1.02’ olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Şekil 65’de güvenlik sayısı grafiği verilmiştir.



Şekil 63. 3. referans noktası için 15 m kazık boylu model geometrisi

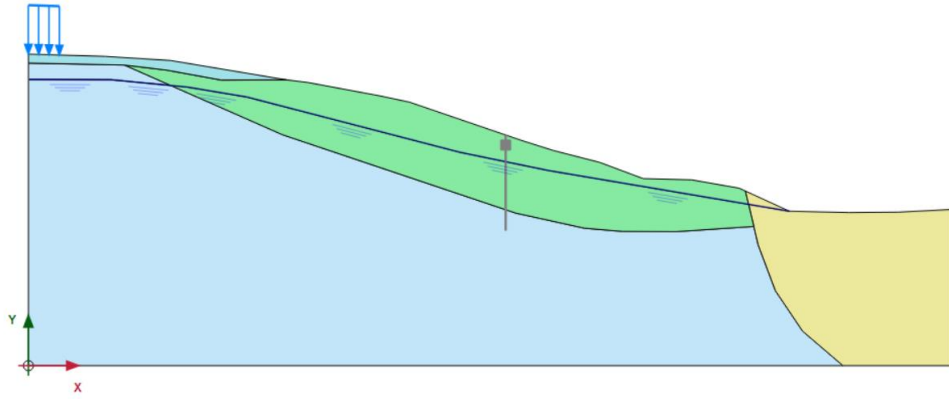


Şekil 64. 3. referans noktası için 15 m kazık boylu renk konturları

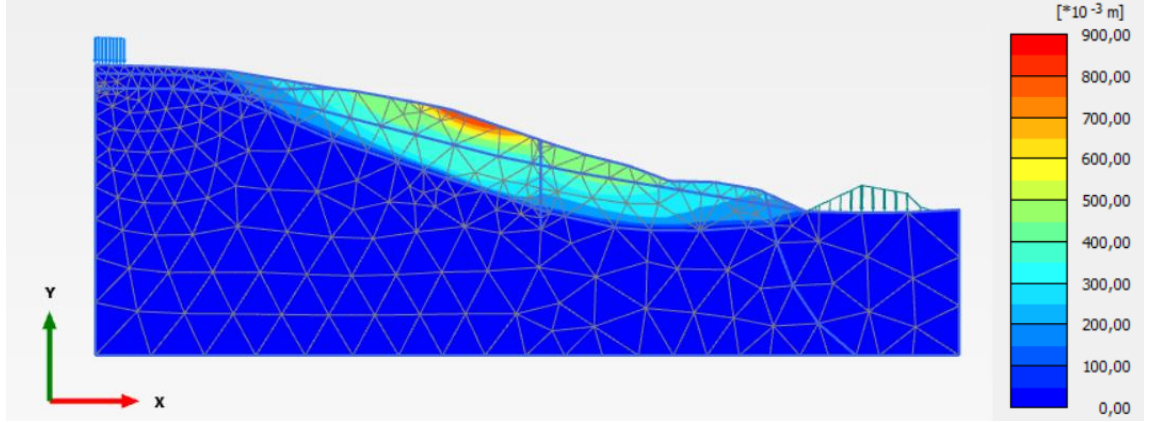


Şekil 65. 3. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı

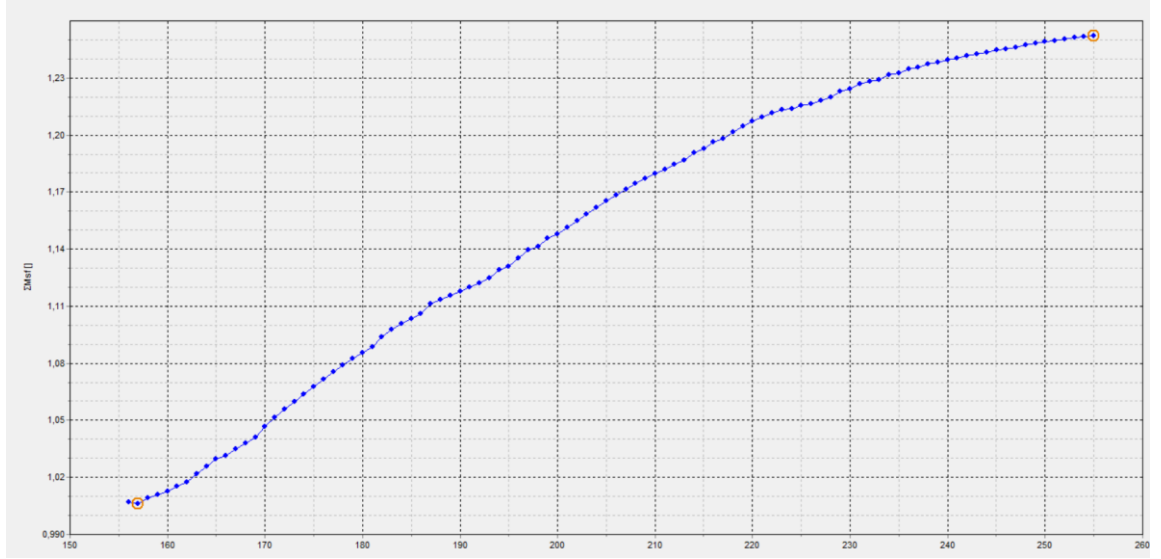
3. referans noktasına 20 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Şekil 66'da model geometrisi verilmiştir. Analizler sonucu ulaşılan renk konturları Şekil 67'de görülmektedir. Yapılan analizler sonucu güvenlik sayısı '1.23' olarak bulunmuştur. Bu değer, Türk Standartları TS 8853'de sağlanması istenilen '1.2' değerini karşılamaktadır. Şekil 68'de güvenlik sayısı grafiği verilmiştir. Şekil 69'da fore kazık moment diyagramı verilmiştir.



Şekil 66. 3. referans noktası için 20 m kazık boylu model geometrisi



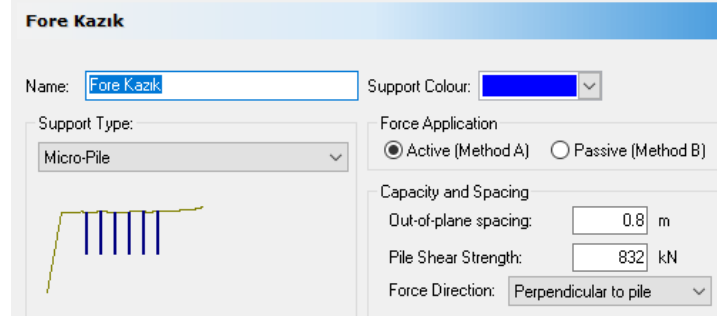
Şekil 67. 3. referans noktası için 20 m kazık boylu renk konturları



Şekil 68. 3. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı

Plaxis 2D programı ile yapılan analizler sonucunda bulunan güvenlik sayıları incelendiğinde 12 m ve 15 m fore kazık sistemlerinin güvenli olmadığı görülmüştür. 2. referans noktasına uygulanan fore 20 m ve 24 m fore kazık sistemleri güvenlik sayısında aynı oranda artış sağlamıştır ancak istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. 3. referans noktasına uygulanan 20m fore kazık sisteminin güvenlik sayısı '1.23' olarak bulunmuştur. Bu değer, Türk Standartları TS 8853'de sağlanması istenilen '1.2' değerini karşılamaktadır.

Analizler Slide2 programı kullanılarak tekrarlanmıştır. Analizlerde kullanılan fore kazık sisteminin özellikleri Şekil 69'da verilmiştir.

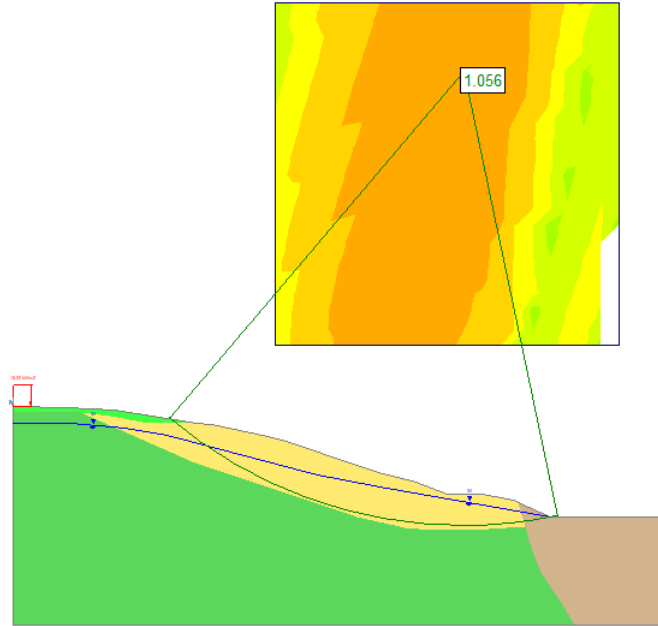


Şekil 69. Slide2 programı fore kazık özellikleri

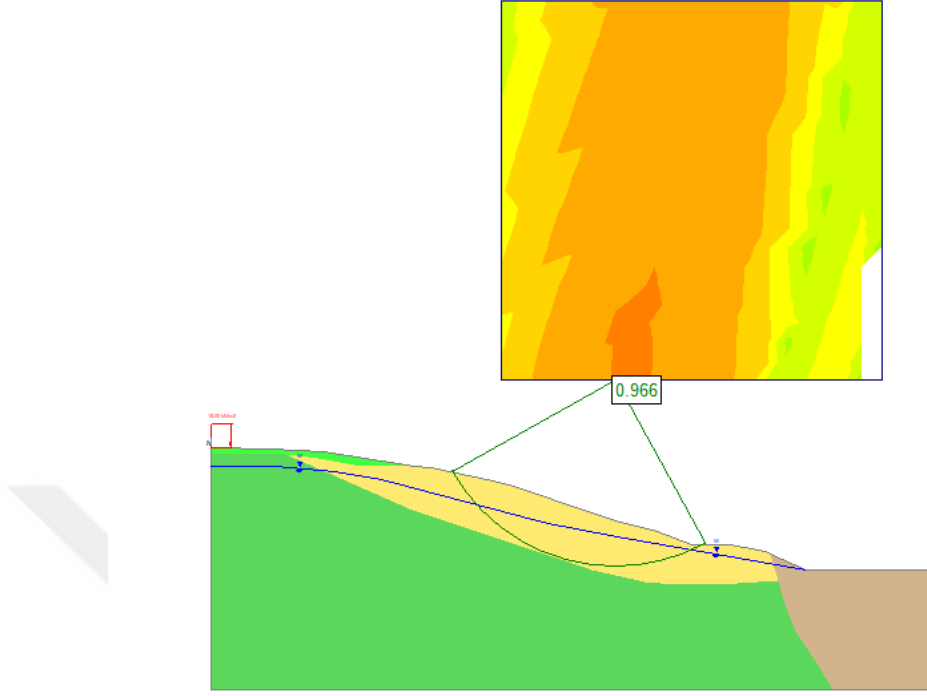
Kazığın kesme dayanımı yaklaşık olarak C30 betonuna göre yaklaşık olarak Eşitlik 9 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V_c = 0.65 * f_{ckd} * b_w * d \quad (9)$$

Analiz yapılırken ilk olarak model geometrisi oluşturulmuştur. Malzeme özellikleri her bir tabaka için tanımlanmış ve zemin tabakalarına atanmıştır. Yeraltı suyu koşulları ve zemine etkiyen 15 kPa sürşarj yükü eklenmiştir. İlk olarak doğal durumdaki şev stabilitesi analizi yapılmıştır. Bishop ve Janbu'ya göre yapılan analizler Şekil 70 ve Şekil 71'de verilmiştir.



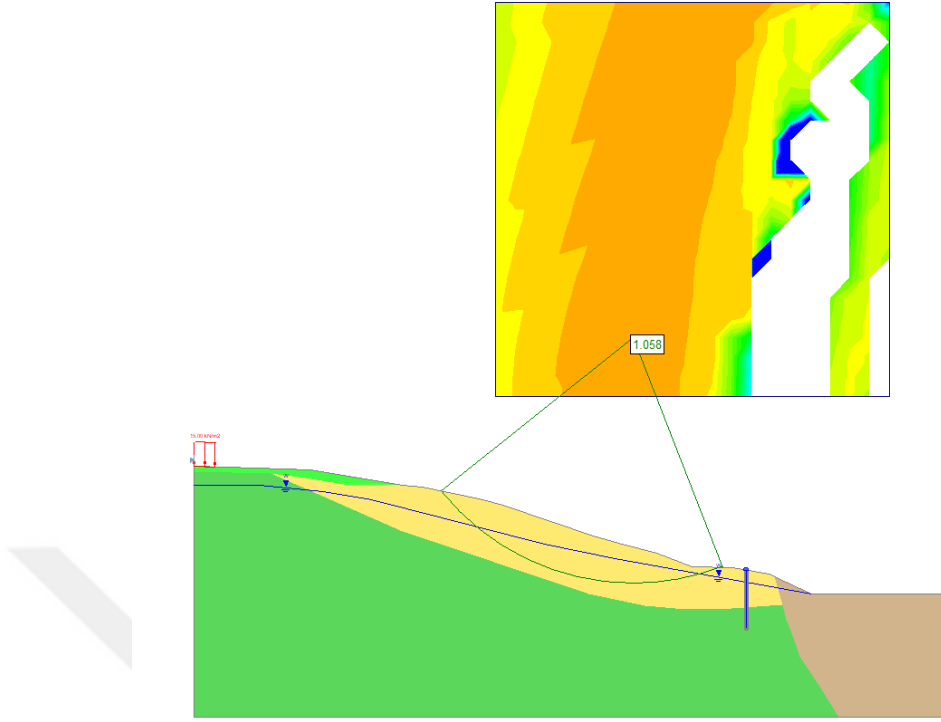
Şekil 70. Bishop'a göre doğal durum şev stabilitesi güvenlik sayısı



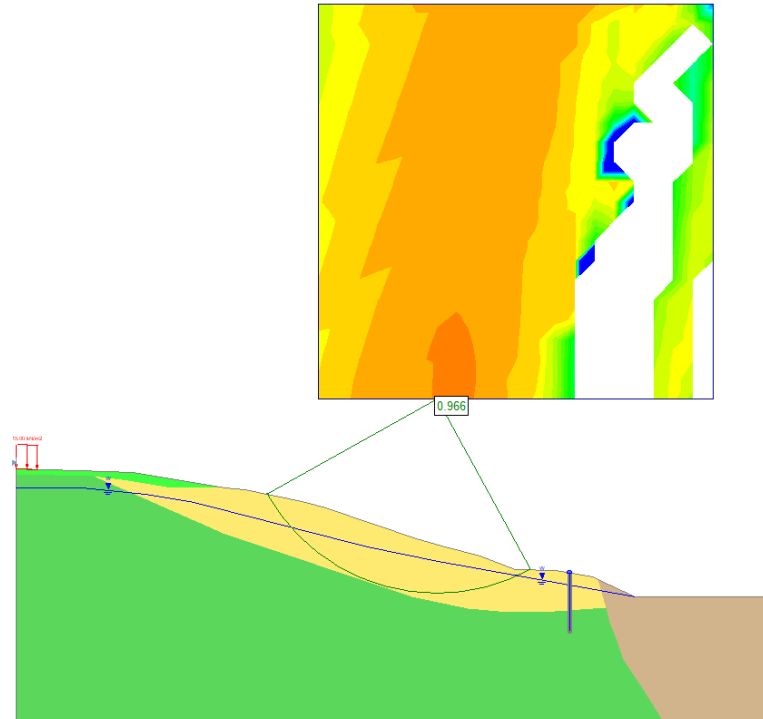
Şekil 71. Janbu'ya göre doğal durum şev stabilitesi güvenlik sayısı

Doğal durum için yapılan şev stabilitesi analizinde güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.056' Janbu'ya göre '0.966' olarak bulunmuştur. Türk Standartları TS 8853'e göre uzun dönem şev stabilite analizlerinde güvenlik sayısı 1.2'den büyük olmalıdır.

1. referans noktasına 15 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.058' Janbu'ya göre '0.966' olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 72 ve Şekil 73'de verilmiştir.



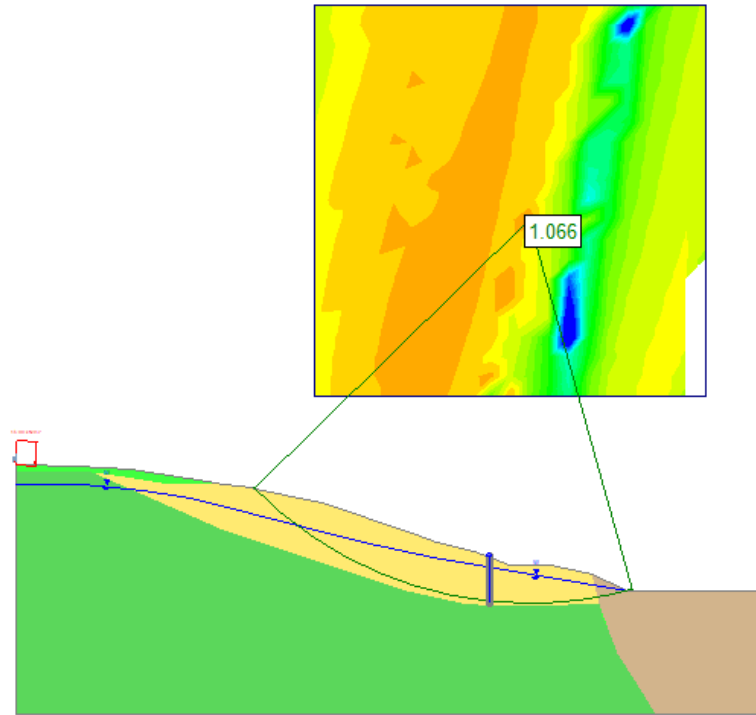
Şekil 72. Bishop'a göre 1. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı



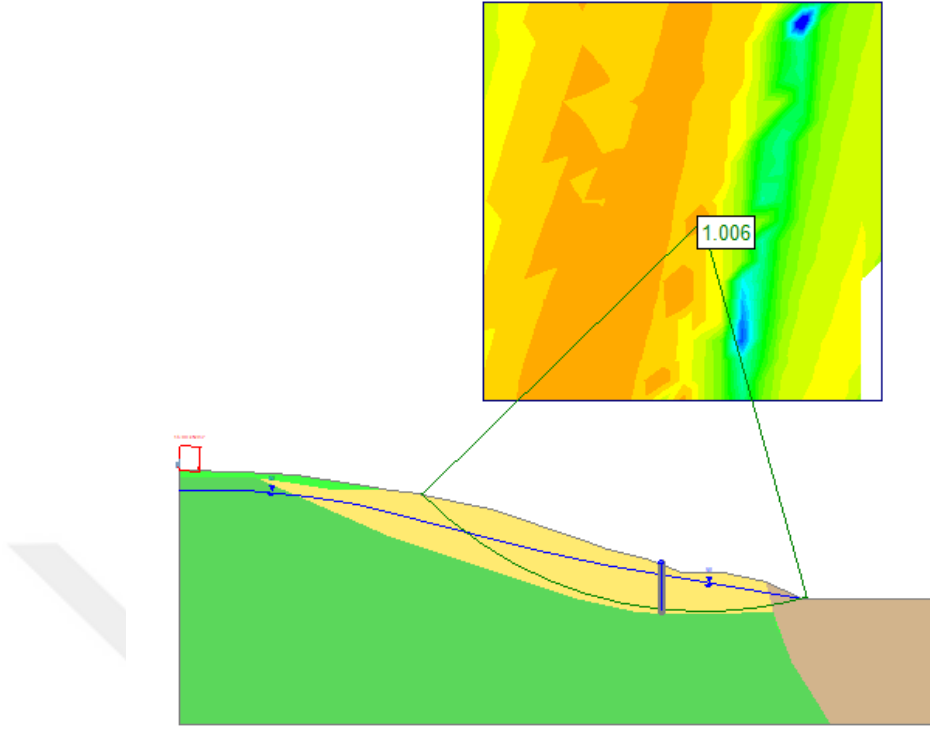
Şekil 73. Janbu'ya göre 1. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı

1. referans noktasına uygulanan fore kazık sisteminin güvenlik sayısında istenilen artışı sağlamadığı görülmüştür. Analizler seçilen 2. referans noktasına uygulanan fore kazık sistemi ile devam ettirilmiştir.

2. referans noktasına 12 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.066' Janbu'ya göre '1.006' olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 74 ve Şekil 75'de verilmiştir.

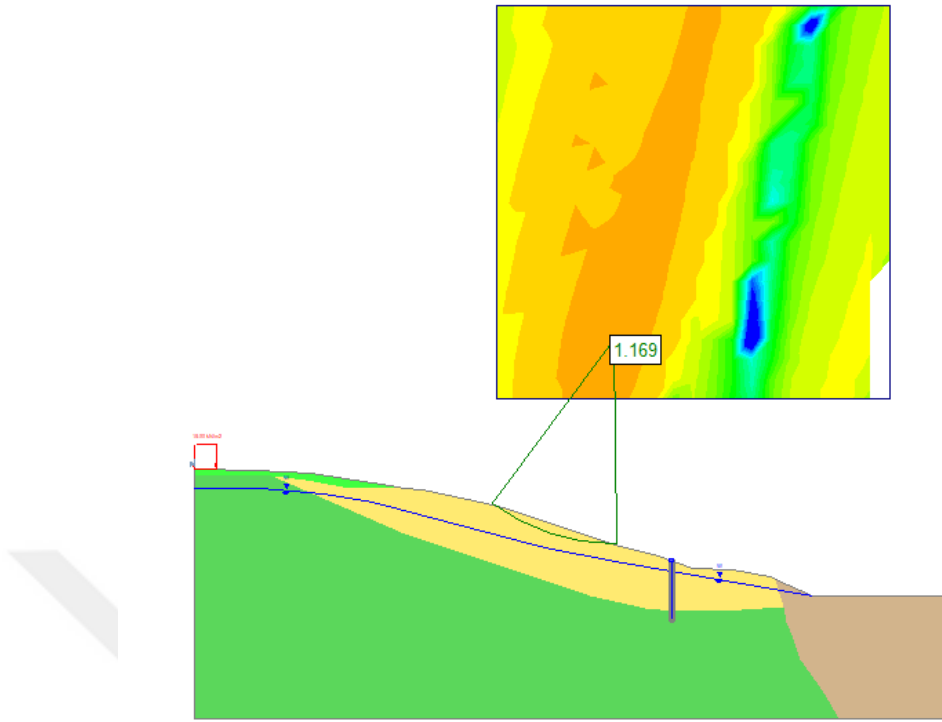


Şekil 74. Bishop'a göre 2. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı

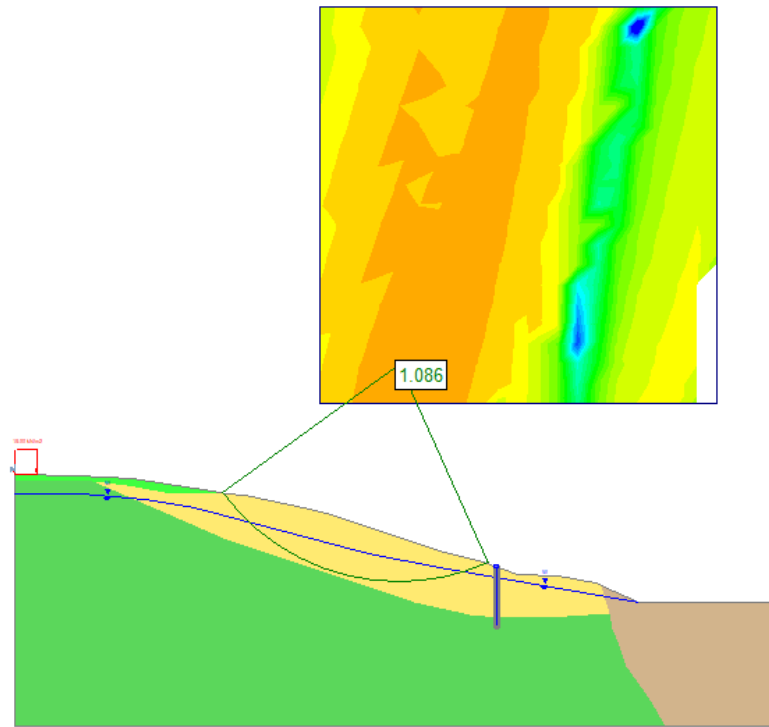


Şekil 75. Janbu'ya göre 2. Referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı

2. referans noktasına 15 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.169' Janbu'ya göre '1.086' olarak bulunmuştur. Bishop'a göre yapılan analizde güvenlik sayısında artış olmuş ama istenilen değeri sağlamamıştır. Janbu'ya göre yapılan analizde güvenlik sayısında artış olmamıştır. Bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 76 ve Şekil 77'de verilmiştir.

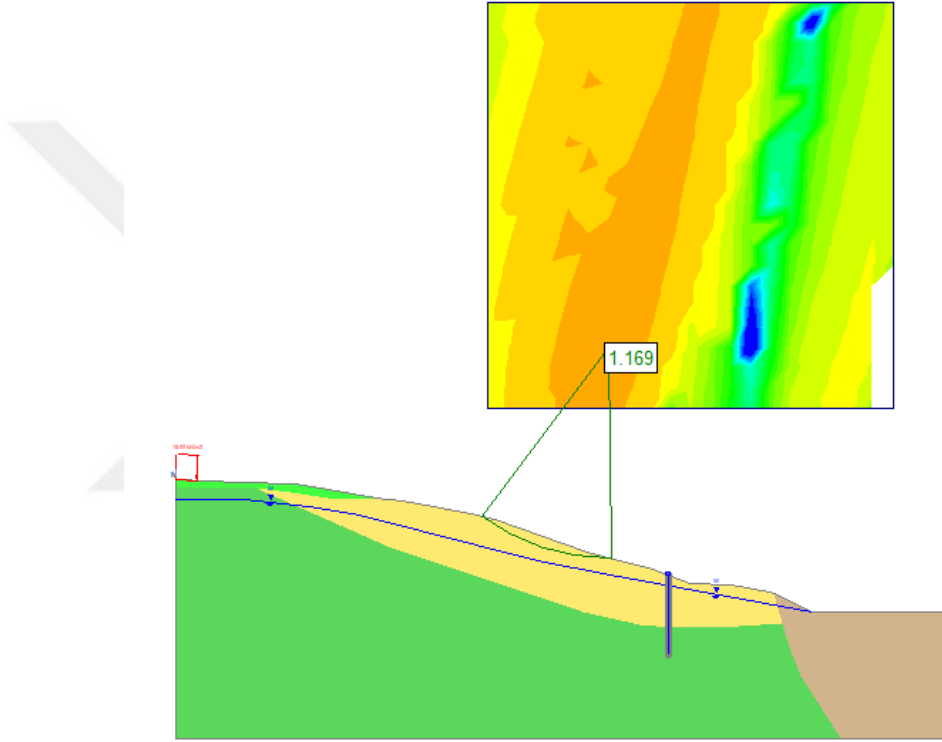


Şekil 76. Bishop'a göre 2. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı

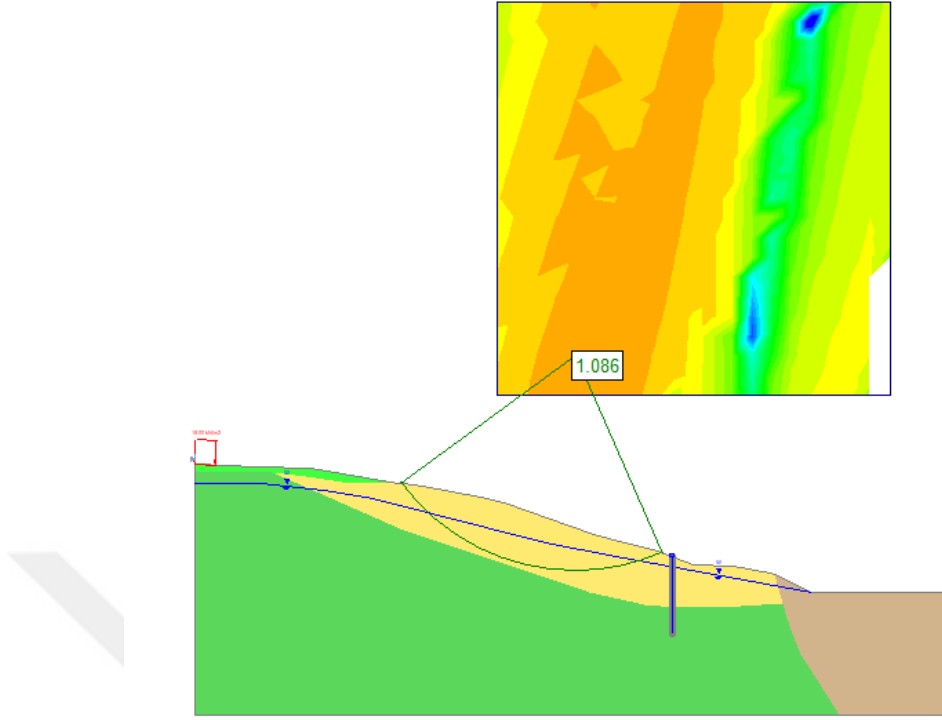


Şekil 77. Janbu'ya göre 2. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı

2. referans noktasına 20 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.169' Janbu'ya göre '1.086' olarak bulunmuştur. Ulaşılan bu değerler 15 m fore kazık sistemi için yapılan analiz sonuçlarından farklılık göstermemiştir. Bishop'a göre yapılan analizde güvenlik sayısında artış olmuş ama istenilen değeri sağlamamıştır. Janbu'ya göre yapılan analizde güvenlik sayısında artış olmamıştır. Bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 78 ve Şekil 79'da verilmiştir.

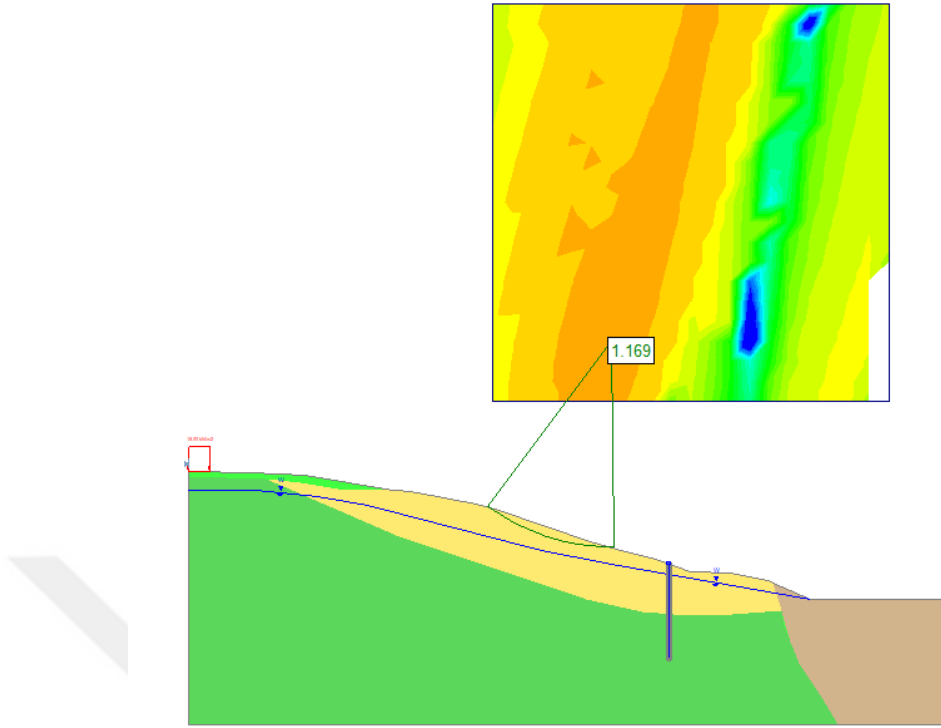


Şekil 78. Bishop'a göre 2. Referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı

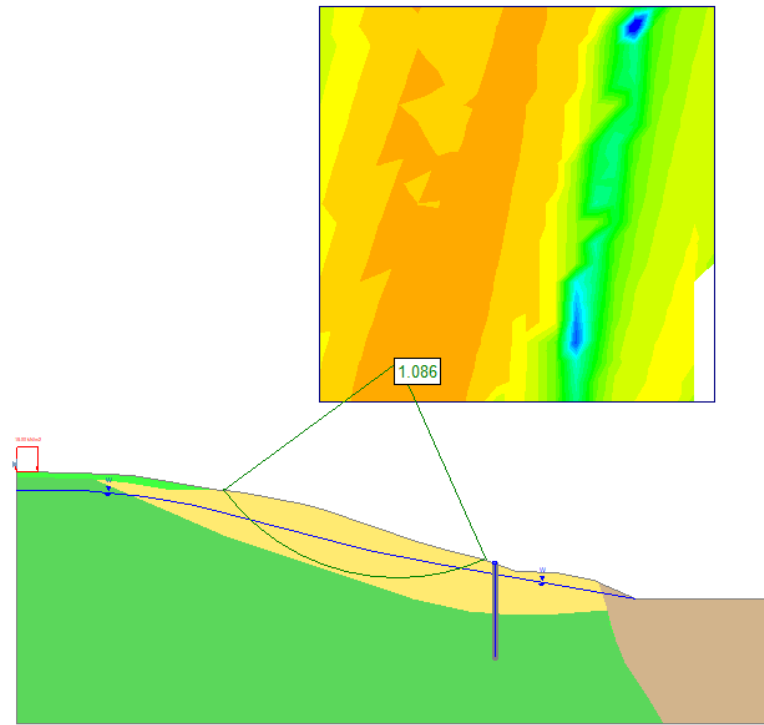


Şekil 79. Janbu'ya göre 2. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı

2. referans noktasına 24 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.169' Janbu'ya göre '1.086' olarak bulunmuştur. Ulaşılan bu değerler 15 m ve 20 m fore kazık sistemi için yapılan analiz sonuçlarından farklılık göstermemiştir. Bishop'a göre yapılan analizde güvenlik sayısında artış olmuş ama istenilen değeri sağlamamıştır. Janbu'ya göre yapılan analizde güvenlik sayısında artış olmamıştır. Bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 80 ve Şekil 81'de verilmiştir.



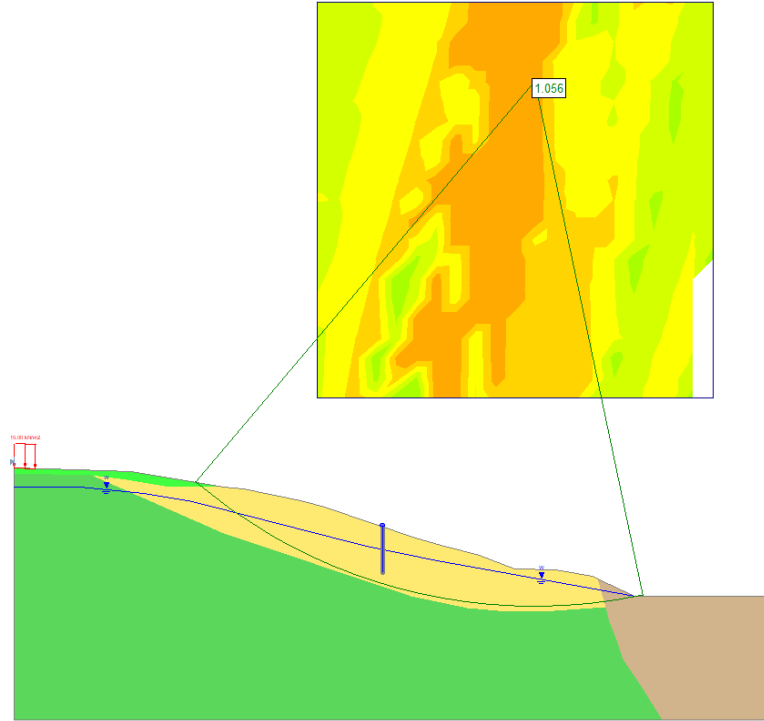
Şekil 80. Bishop'a göre 2. referans noktası için 24 m kazık boylu güvenlik sayısı



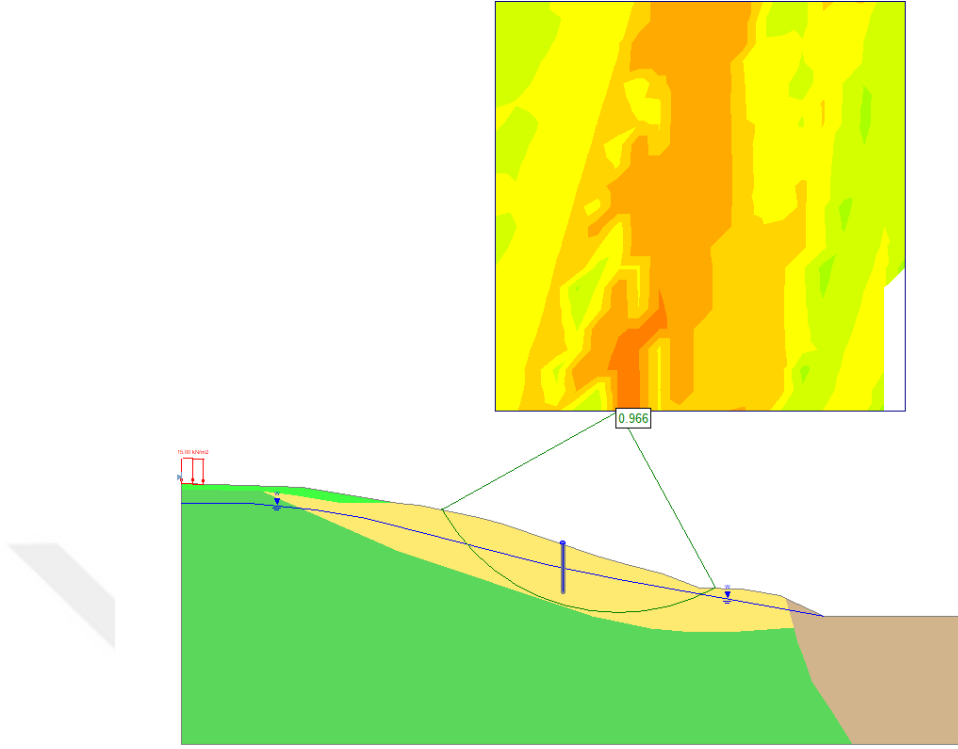
Şekil 81. Janbu'ya göre 2. referans noktası için 24 m kazık boylu güvenlik sayısı

2. referans noktasına uygulanan 12 m ve 15 m fore kazık sistemlerinin güvenlik sayısında artış sağlamadığı görülmüştür. 20 m 24 m fore kazık sistemleri güvenlik sayısında aynı oranda artış sağlamıştır ancak istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analizler seçilen 3. referans noktasına uygulanan fore kazık sistemi ile devam ettirilmiştir.

3. referans noktasına 12 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.056' Janbu'ya göre '0.966' olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 82 ve Şekil 83'de verilmiştir.

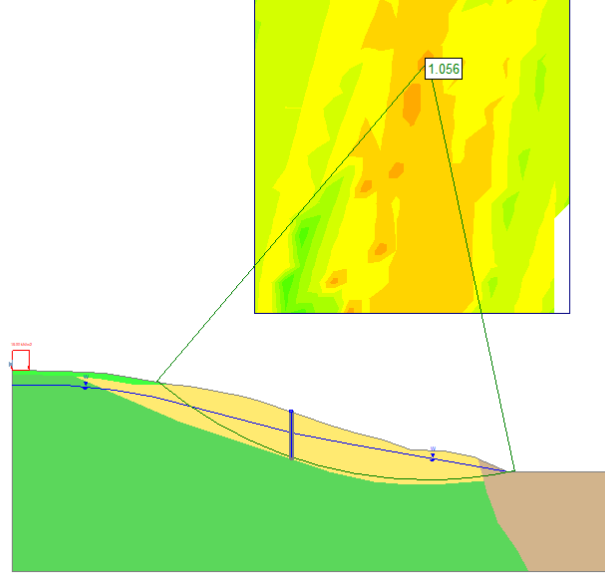


Şekil 82. Bishop'a göre 3. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı

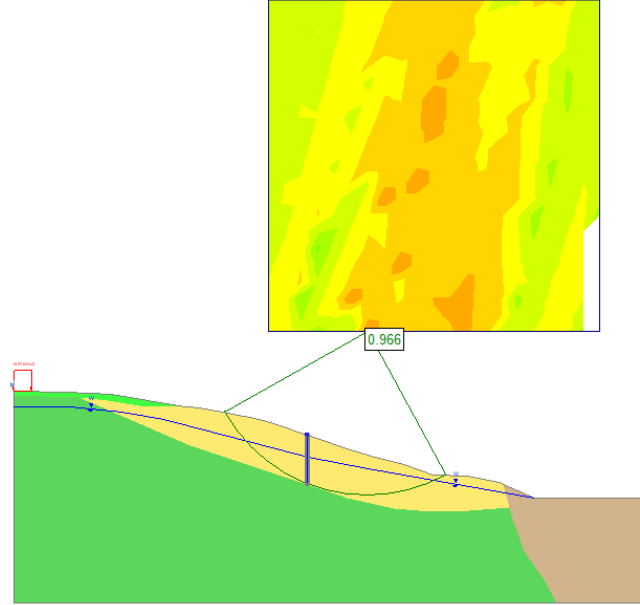


Şekil 83. Janbu'ya göre 3. referans noktası için 12 m kazık boylu güvenlik sayısı

3. referans noktasına 15 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.056' Janbu'ya göre '0.966' olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 84 ve Şekil 85'de verilmiştir.



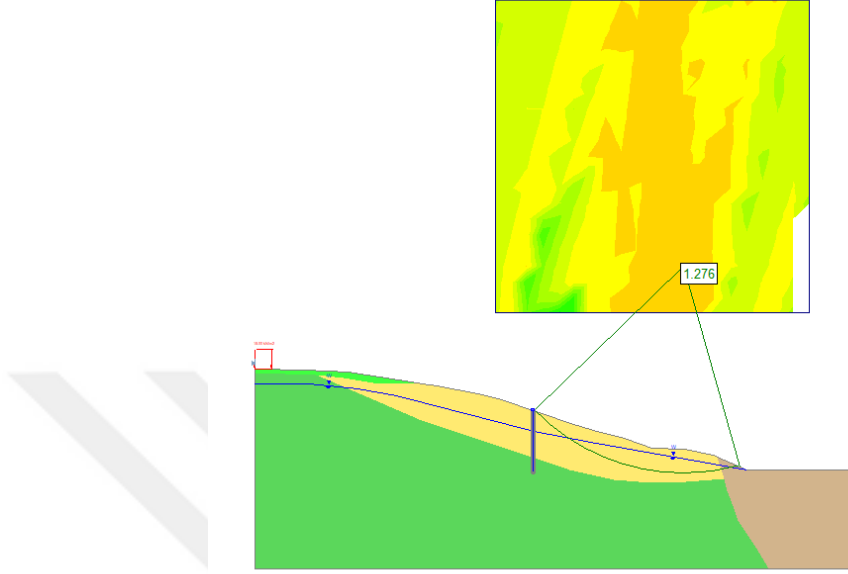
Şekil 84. Bishop'a göre 3. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı



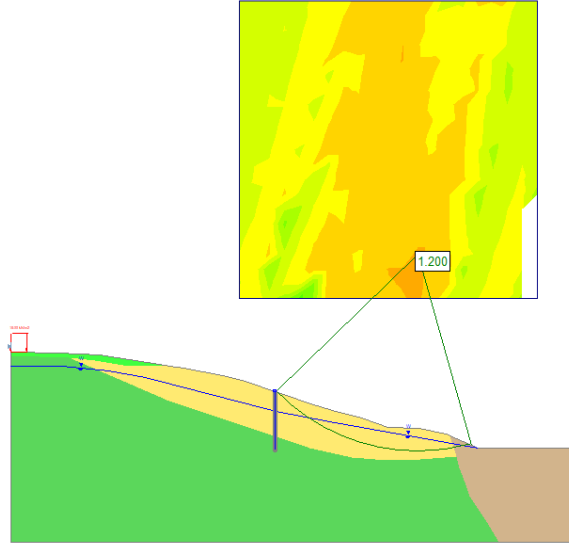
Şekil 85. Janbu'ya göre 3. referans noktası için 15 m kazık boylu güvenlik sayısı

3. referans noktasına 20 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.276' Janbu'ya göre '1.200' olarak bulunmuştur.

Bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamaktadır. Analiz sonuçları şekil 86 ve şekil 87’de verilmiştir.



şekil 86. Bishop’a göre 3. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı



şekil 87. Janbu’ya göre 3. referans noktası için 20 m kazık boylu güvenlik sayısı

Slide2 programı ile yapılan analizler sonucunda bulunan güvenlik sayıları incelendiğinde 12 m ve 15 m fore kazık sistemlerinin güvenli olmadığı görülmüştür. 3.

referans noktasına uygulanan fore 20 m fore kazık sistemi güvenlik sayısı Bishop’a göre ‘1.276’ ve Janbu’ya göre ‘1.2’ olarak bulunmuştur. Bu değerler, Türk Standartları TS 8853’de sağlanması istenilen ‘1.2’ değerini karşılamaktadır. Plaxis 2D ve Slide2 programı ile yapılan analizler sonucu ulaşılan güvenlik sayısı değerleri Tablo10’da verilmektedir.

Tablo 10. Uzun süreli şev stabilitesi analizi güvenlik sayılarının karşılaştırılması

	Kazık Boyu	Güvenlik Sayısı		
		Plaxis 2D	Slide2	
			Bishop	Janbu
Doğal Durum	-	1.01	1.056	0.966
1. Referans Noktası	15 m	1.03	1.058	1.006
2. Referans Noktası	12 m	1.03	1.066	1.006
	15 m	1.06	1.169	1.086
	20 m	1.14	1.169	1.086
	24 m	1.14	1.169	1.086
3. Referans Noktası	12 m	1.01	1.056	0.966
	15 m	1.02	1.056	0.966
	20 m	1.23	1.276	1.2

2.6.6. Dinamik Yükler Etkisinde Yapılan Analizler

Bölgenin depremselliği göz önüne alınarak deprem kuvvetlerinin etkidiği analizler Plaxis 2D ve Slide2 programları ile yapılmıştır. Türk Standartları TS 8853’e göre dinamik yükler altında yapılan analizlerde güvenlik sayısı ‘1’ ya da birden büyük olmalıdır.

Bölüm 2.3.’de verilen parametreler kullanılarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)’de yer alan aşağıdaki formüller yardımıyla parametreler üzerindeki gerekli düzeltmeler yapılmıştır. F_H ve F_V Eşitlik 10 ve Eşitlik 11’deki gibi hesaplanmış ‘ F_H ’ değeri 0.27 ‘ F_V ’ değeri 0.14 olarak bulunmuştur.

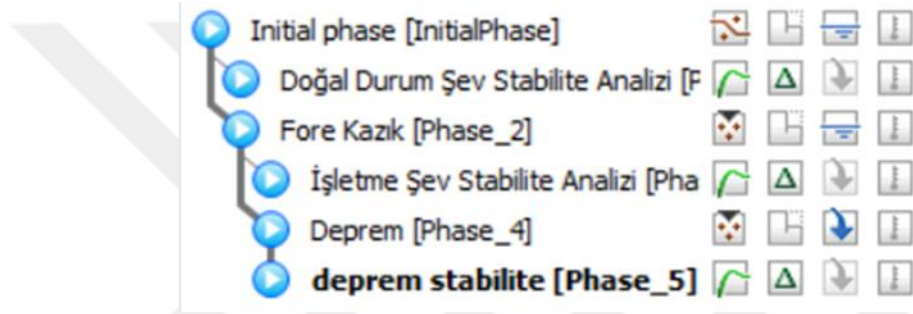
$$F_H = 0.5W(0.4S_{DS}S_T) \quad (10)$$

$$F_V = \mp 0.5F_H \quad (11)$$

Burada F_H yatay eylemsizlik kuvvetlerini, F_V düşey eylemsizlik kuvvetlerini, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını, S_T ise topografik büyütme katsayısını göstermektedir. S_T şevin eğiminin düşüklüğü dikkate alınarak 1.2 olarak seçilmiştir.

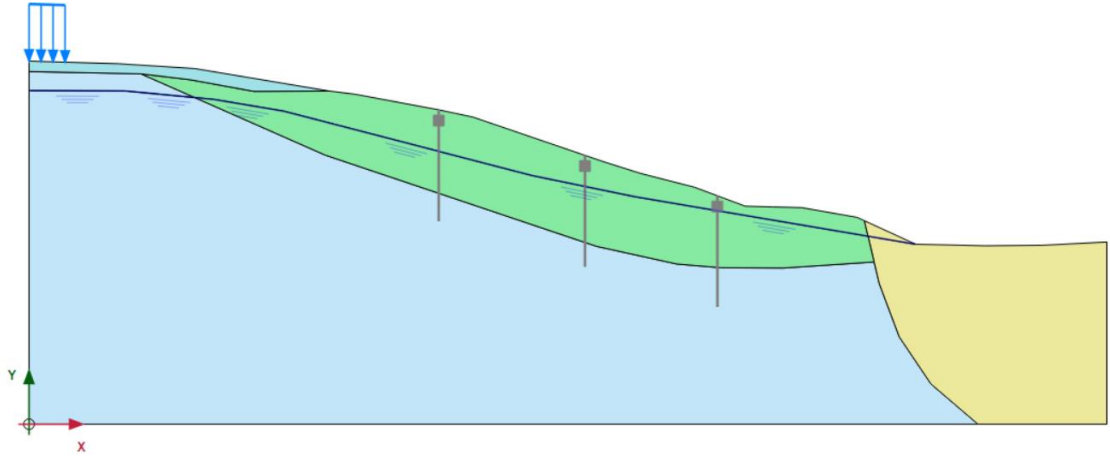
Analizlerde önceki bölümde kullanılan kazık parametreleri kullanılmıştır. Analizler drenajsız koşullara göre yapılmış kohezyon parametresi ‘c’ esas alınmıştır. Kil zeminlerin deprem esnasında dayanımının iki katına çıktığı araştırmalar esas alınarak, güvenli tarafta kalmak amacıyla bu parametre %50 artırılarak analizlerde kullanılmıştır (Carroll,1963).

Plaxis 2D programı ile yapılan dinamik yükler etkisi altında yapılan analiz aşamaları Şekil 88’de gösterilmektedir.

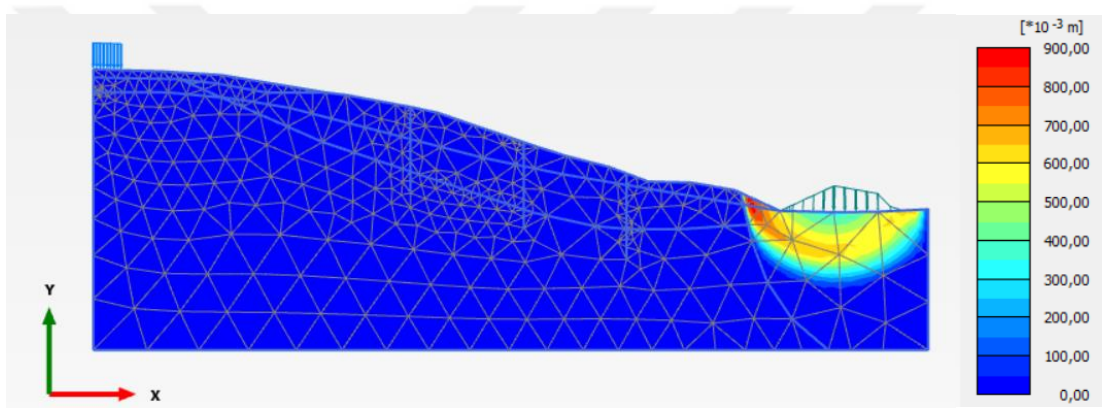


Şekil 88. Deprem yükleri etkisinde analiz aşamaları

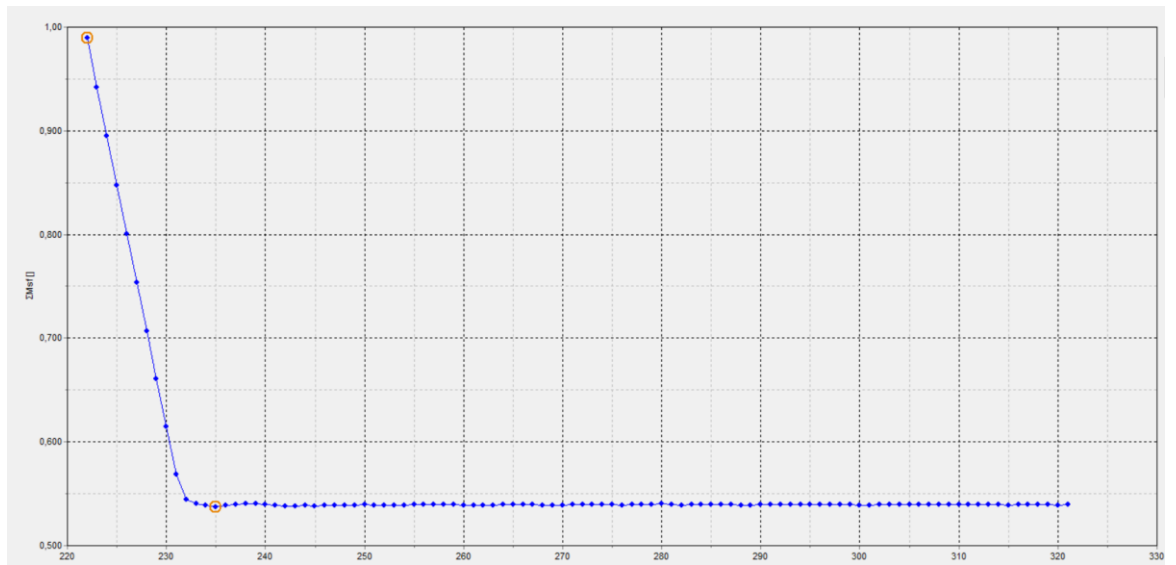
3. referans noktasına uygulanan 24 m fore kazık sistemi ve çift sıra fore kazık sistemi deprem fazında çalışmamıştır, bu fore kazık sistemleri deprem durumu için güvenli değildir. Analizler 20 m üç sıra fore kazık sistemi için gerçekleştirilmiştir. Şekil 89’da model geometrisi verilmiştir. Analizler sonucu ulaşılan renk konturları Şekil 90’da görülmektedir. Yapılan analizler sonucu güvenlik sayısı ‘1.00’ olarak bulunmuştur. Bu değer Türk Standartları TS 8853’de sağlanması istenilen ‘1.0’ değerini karşılamaktadır. Şekil 91’de güvenlik sayısı grafiği verilmiştir.



Şekil 89. Üç sıra fore kazık model geometrisi

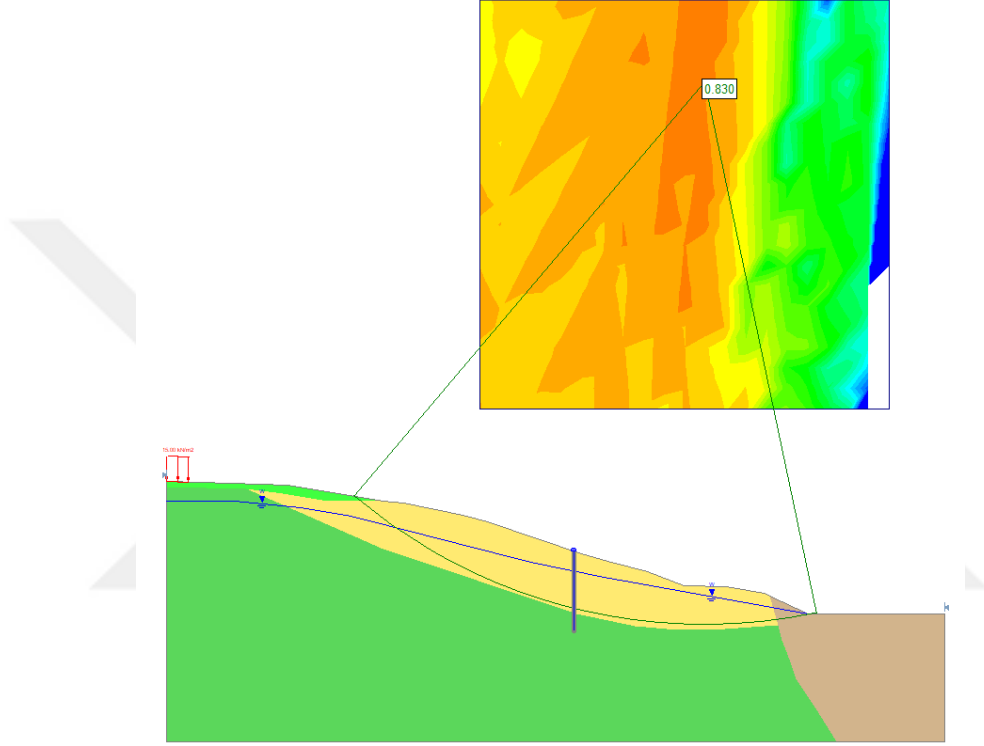


Şekil 90. Üç sıra fore kazık renk konturları

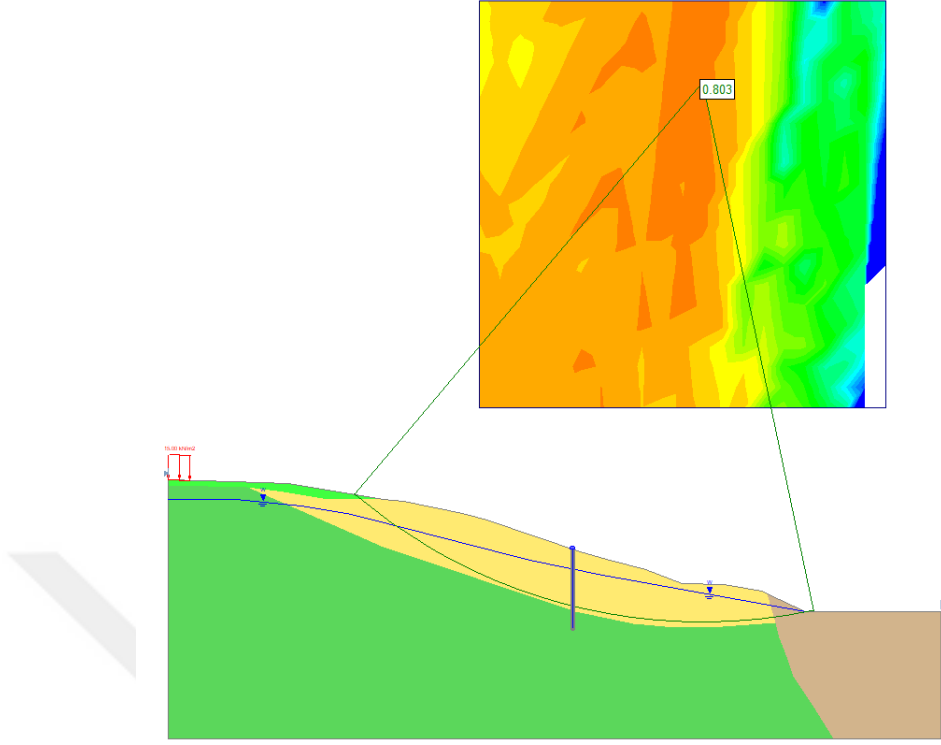


Şekil 91. Üç sıra fore kazık güvenlik sayısı

Slide2 programı ile dinamik yükler etkisi altında analizler gerçekleştirilmiştir. 3. referans noktasına 20 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '0.830' Janbu'ya göre '0.803' olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 92 ve Şekil 93'de verilmiştir.

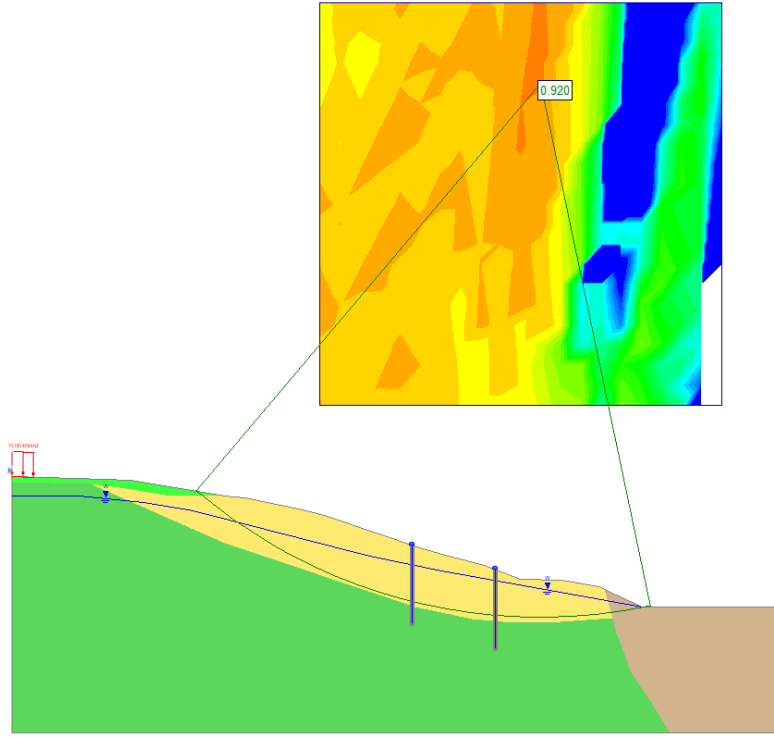


Şekil 92. Bishop'a göre tek sıra fore kazık için güvenlik sayısı

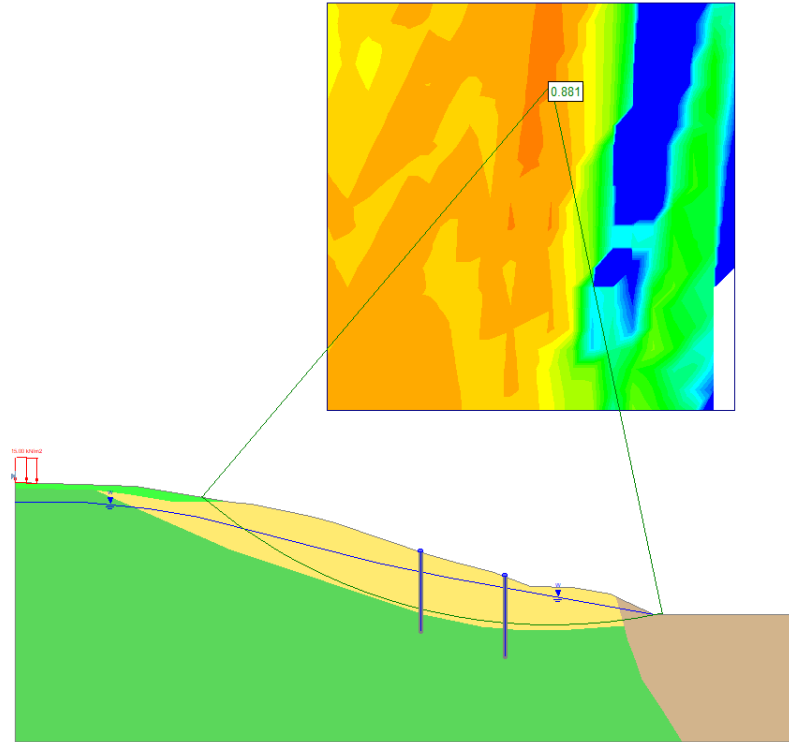


Şekil 93. Janbu'ya göre tek sıra fore kazık için güvenlik sayısı

Çift sıra fore kazık sistemi uygulanarak analizler tekrar edilmiştir. Kazık boyu 20 m'dir. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '0.920' Janbu'ya göre '0.881' olarak bulunmuştur. Güvenlik sayısı değerinde artış olmasına rağmen bulunan bu değerler istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 94 ve Şekil 95'de verilmiştir.

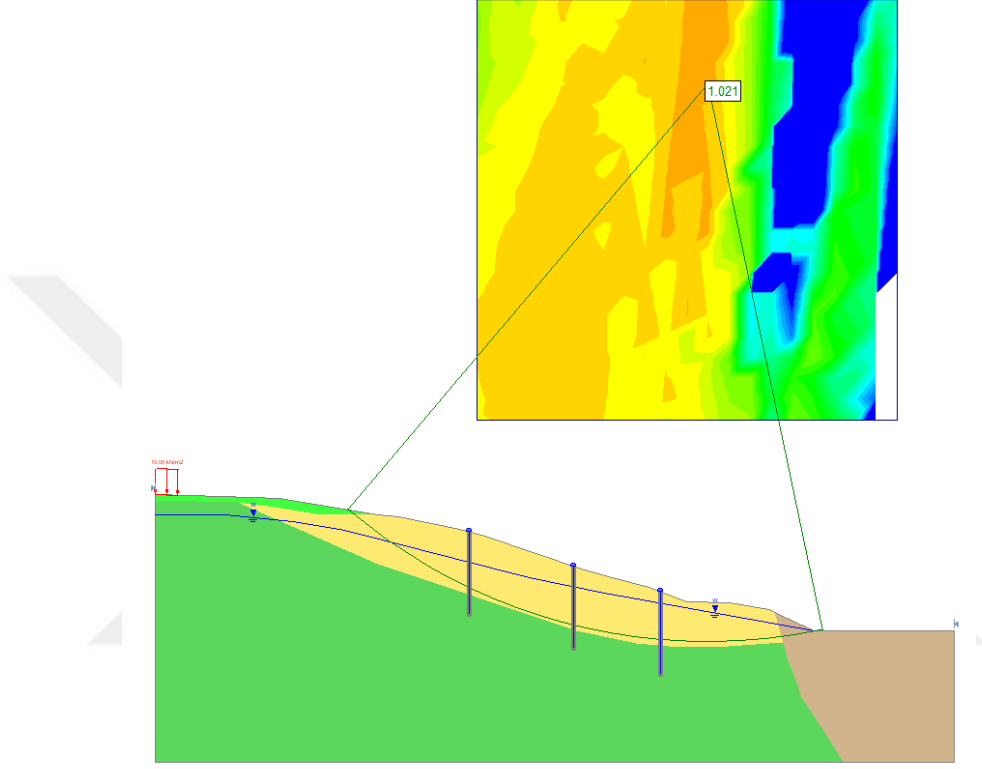


Şekil 94. Bishop'a göre çift sıra fore kazık için güvenlik sayısı

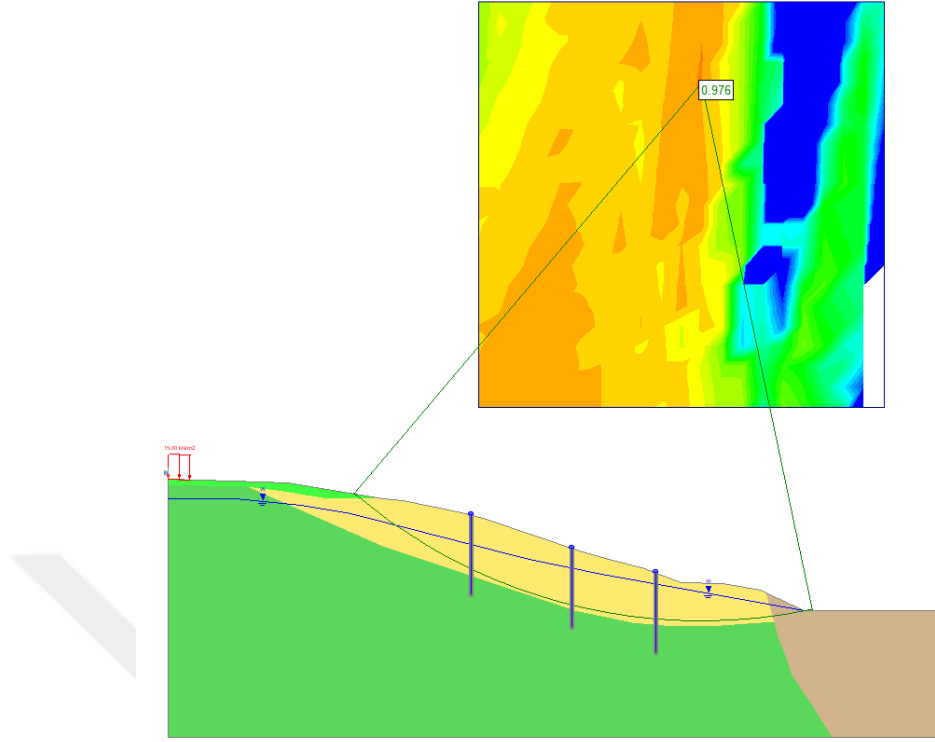


Şekil 95. Janbu'ya göre çift sıra fore kazık için güvenlik sayısı

Üç sıra fore kazık sistemi uygulanarak analizler tekrar edilmiştir. Kazık boyu 20 m'dir. Yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.021' Janbu'ya göre '0.976' olarak bulunmuştur. Bu değerler Türk Standartları TS 8853'de sağlanması istenilen '1.0' değerini karşılamaktadır. Analiz sonuçları Şekil 96 ve Şekil 97'de verilmiştir.



Şekil 96. Bishop'a göre üç sıra fore kazık için güvenlik sayısı



Şekil 97. Janbu'ya göre üç sıra fore kazık için güvenlik sayısı

Yapılan analizler sonucu bulunan güvenlik sayıları karşılaştırıldığında tek sıra ve çift sıra fore kazık sistemlerinin deprem yükü altında istenilen değeri sağlamadığı görülmüştür. Üç sıra fore kazık sisteminin istenilen güvenlik sayısını sağladığı, deprem yükü altında güvenli davranış gösterdiği görülmüştür. Plaxis 2D ve Slide2 programı ile yapılan dinamik yükler etkisi altında yapılan analizler sonucu ulaşılan güvenlik sayısı değerleri Tablo 11'de verilmektedir.

Tablo 11. Dinamik yükler etkisi altında yapılan şev stabilitesi analizi güvenlik sayılarının karşılaştırılması

Fore Kazık Sistemi	Güvenlik Sayısı		
	Plaxis 2D	Slide2	
		Bishop	Janbu
Tek Sıra Fore Kazık	-	0.830	0.803
Çift Sıra Fore Kazık	-	0.920	0.881
Üç Sıra Fore Kazık	1.00	1.021	0.976

3. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında Zonguldak ili Devrek ilçesi Devrek Çayı sol sahili için şev stabilitesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Çalışma alanının büyük bir bölümünde su seviyesinin 5.00-7.00 m'de olması nedeniyle kılçık dren sistemi ve dren kuyuları önerilmemiştir. 12.00 m'ye varan kayma derinlikleri için bu önlem yetersiz ve maliyetlidir. Daha ekonomik bir çözüm olan istinat duvarları bahsedilen kayma derinliğinde güvenlik sağlamayacağından tercih edilmemiştir. Zemin yapısının ayrışmış olması nedeniyle zemin çivisi sistemi tercih edilmemiştir. Zeminde oluşması beklenen olası kaymaları engellemek için fore kazıklı sistem yapılması uygun görülmüştür. Analizler Plaxis 2D ve Slide2 programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler sırasında oluşan kayma yüzeyi derinliklerinin inklinometre okumalarıyla örtüştüğü görülmüştür.

İlk olarak doğal durum için şev stabilitesi analizi yapılmıştır. Plaxis 2D programı ile doğal durum şev stabilitesi analizinde güvenlik sayısı '1.01' olarak bulunmuştur. Slide2 programı ile doğal durum için yapılan şev stabilitesi analizinde güvenlik sayısı Bishop'a göre '1.056' Janbu'ya göre '0.966' olarak bulunmuştur. Türk Standartları TS 8853'e göre uzun dönem şev stabilize analizlerinde güvenlik sayısı 1.2'den büyük olmalıdır. Şev stabilitesinin sağlanabilmesi için gerekli mühendislik çözümü uygulanmalıdır.

80 cm çaplı fore kazık sistemi için uygun yeri bulmak amacıyla 3 farklı referans noktası seçilmiştir. Şev topuğunda seçilen 1. referans noktasına 15 m fore kazık sistemi uygulanmış güvenli olmadığı görülmüştür. 2. Referans noktasına 12 m, 15 m, 20 m ve 24 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Kayan zemin kütlelerinin altında bulunan sağlam zemine ulaşmayan 12 m ve 15 m fore kazık sistemi güvenlik sayısında artış sağlamamıştır. 20 m ve 24 m fore kazık sistemi güvenlik sayısında aynı oranda artış sağlamış ancak istenilen güvenlik sayısını sağlamamıştır. Kazık boyunun 20 m'den daha fazla uygulanmasının güvenlik sayısını değiştirmedığı görülmüştür. 3. Referans noktasına 12 m, 15 m, 20 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Kayan zemin kütlelerinin altında bulunan sağlam zemine ulaşmayan 12 m ve 15 m fore kazık sistemi güvenlik sayısında artış sağlamamıştır. 20 m fore kazık sistemi ile yapılan analizler sonucunda güvenlik sayısı '1.23' olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer istenilen güvenlik sayısı değerini karşılamaktadır. Plaxis 2D programı ile yapılan analizlere göre 3. referans noktasına uygulanan 80 cm çaplı 20 m fore kazık sistemi uzun süreli şev stabilitesi için güvenlidir.

Analizler Slide2 programı kullanılarak tekrar edilmiştir. 1. referans noktasına 15 m fore kazık sistemi uygulanmış güvenli olmadığı görülmüştür. 2. Referans noktasına 12 m, 15 m, 20 m ve 24 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Bishop'a göre yapılan analizlerde 12 m fore kazık sistemi güvenlik sayısında artış sağlamamıştır. 15 m, 20 m ve 24 m fore kazık sistemi güvenlik sayısında aynı oranda artış sağlamış ancak istenilen güvenlik sayısını karşılamamıştır. Kazık boyunun 15 m'den daha fazla uygulanmasının güvenlik sayısını değiştirmedeği görülmüştür. Janbu'ya göre yapılan analizlerde 12 m fore kazık sistemi güvenlik sayısında artış sağlamamıştır. 15 m, 20 m ve 24 m fore kazık sistemi güvenlik sayısında aynı oranda çok düşük bir miktarda artış sağlamış ancak istenilen güvenlik sayısını karşılamamıştır. 3. Referans noktasına 12 m, 15 m, 20 m fore kazık sistemi uygulanmıştır. Bishop'a göre yapılan analizlerde 12 m ve 15 m fore kazık sistemi güvenlik sayısında artış sağlamamıştır. 20 m fore kazık sistemi için yapılan analiz sonucu güvenlik sayısı '1.276' olarak bulunmuştur. Janbu'ya göre yapılan analizlerde 12 m ve 15 m fore kazık sistemi güvenlik sayısında artış sağlamamıştır. 20 m fore kazık sistemi için yapılan analiz sonucu güvenlik sayısı '1.2' olarak bulunmuştur. Slide2 programı ile yapılan analizlere göre 3. referans noktasına uygulanan 80 cm çaplı 20 m fore kazık sistemi uzun süreli şev stabilitesi için güvenlidir.

Bölgenin depremselliği göz önünde bulundurularak dinamik yükler etkisi altında şev stabilitesi analizleri yapılmıştır. Türk Standartları TS 8853'e göre dinamik yükler altında yapılan analizlerde güvenlik sayısı '1' ya da birden büyük olmalıdır.

Plaxis 2D ve Slide2 programı ile yapılan analizlerde tek sıra ve çift sıra fore kazık sistemlerinin deprem için güvenliği olmadığı görülmüştür. 80 cm çaplı 20 m üç sıra fore kazık sistemi ile yapılan analizler sonucunda sistemin istenilen güvenlik sayısına ulaşılmıştır.

Plaxis 2D ve Slide2 programında yapılan analizler karşılaştırıldığında Plaxis 2D programının daha düşük güvenlik sayısı verdiği görülmüştür. Plaxis 2D, şev stabilitesine etkisi olmasa dahi meydana gelen bütün deformasyonları hesaba katması, zemini düğüm noktalarına ayırıp her bir nokta için hesap yapılması esasına dayanması ve mukavemet azaltma yönteminden yararlanması nedenleriyle daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Slide2 programında yapılan analizler karşılaştırıldığında Bishop'a göre yapılan analizlerde Janbu'ya göre yapılan analizlerden daha büyük güvenlik sayılarına ulaşılmıştır. Bishop yönteminde moment dengesi, Janbu yönteminde ise kuvvet dengesinin esas alınması bu farka neden olmaktadır.

Sonlu elemanlar analiz programı Plaxis 2D ve Limit denge analiz programı Slide2 ile yapılan statik ve dinamik yükler etkisinde yapılan şev stabilitesi analiz sonuçları değerlendirildiğinde, bölgenin heyelan tehlikesi ve depremselliği dikkate alınarak 80 cm çaplı 20 m üç sıra fore kazık sisteminin güvenli olduğu görülmüştür.



4. ÖNERİLER

Şev kayması ile oluşan toprak kayması, heyelan gibi doğal afetler dünyada ve Türkiye’de olumsuz etkilere yol açmaktadır. Can ve mal kayıplarının yanında, tarımsal alanlar, kara yolları, taşkın koruma yapıları üzerinde hasar ve kayıplara neden olmaktadır. Bu hasar ve kayıplardan korunmak için şev kaymalarına karşı önlemler alınmalıdır.

Yapılan analizler sonucunda belirlenen en uygun mühendislik çözümü uygulanarak şev stabilitesi sağlanmalıdır. Uygulama mümkün olduğunca çabuk bir şekilde bitirilmeli ve uygulama sırasında iş güvenliğine dikkat edilmelidir.



5. KAYNAKLAR

- Abramson, L.W., Lee T.S., Sharma, S. and Boyce, G.M., 1996. Slope Stability and Stabilization Methods, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- AFAD, 2015. Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması Heyelan-Kaya Düşmesi Temel Kılavuz, Ankara.
- Arioğlu, E. Ve Tokgöz N., 2005. Çözümlü Problemlerle Şev Stabilite Analizi, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- Coduto, D. P., 2006. Geoteknik Mühendisliği İlkeler ve Uygulamalar, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Carroll, W., 1963. Dynamic Bearing Capacity of Soils: Vertical Displacements of Spread Footings on Clay: Static and Impulsive Loadings. Technical Report No. 3-599, Report 5, US. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996. Landslide Types and Processes. Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247, 36–75.
- Das, M.B., 2006. Principles of Geotechnical Engineering, Cengage Learning, Thomson.
- Duncan J. M., Wright S. G., 2005. Soil Strength and Slope Stability, John Wiley & Sons, ABD.
- D.S.İ., 2017. Zonguldak Devrek Çayı Islah Sol Sahil Stabilite Etütleri Jeoteknik Raporu, D.S.İ. 23. Şube Müdürlüğü, Kastamonu.
- Erguvanlı, K., 1995. Mühendislik Jeolojisi, Seç Yayın, İstanbul.
- Erol, G. A., 2018. Şev Stabilitesi Probleminin Teorik ve Uygulamalı Olarak Araştırılması: Bakırdağ Heyelan Vaka Analizi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Erol, O., 2009. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. İller Bankası Genel Müdürlüğü, Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Genç, G., 2010. Kazık Grupları ile Şev Stabilite Analizi. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

- Gökçe, O., Özden, Ş. Demir, A., 2008. Türkiye’de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.
- Gökoğlu, Ö., 2015. Doygun Olmayan Zeminlerde Şev Stabilite Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Günsever, İ., 1999. Derin Kazılarda Çok Sıralı Ankrajlı İksa Sistemlerinin Tasarımı ve Bir Bilgisayar Programı ile Desteklenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karadağ, M.B., 2019. Çiftlikköy İlçesi Gençlik Caddesindeki Heyelanın Vaka Analizi. Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik.
- Kaynak, G., 2007. Uzunkaya (Rize) Heyelanının Geoteknik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Keleşoğlu, A.D., 2020. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Heyelan Analizi: Kireçhane (Trabzon) Heyelan Örneği. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Kul, M.Y., 2022. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Heyelan Analizi: Beşikdüzü İskenderli Tonya (Trabzon) Heyelan Örneği. K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Krahn, J., 2004. Stability Modelling with SLOPE/W: An Engineering Methodology, GEO-SLOPE/W International Ltd., Canada.
- Natur, O., 2018. Şev Stabilitesi analiz Yöntemleri ve Bir Vaka Analizi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.
- Özberk, B. S., 2009. Ankraj Destekli Derin İksalarda Deformasyonların İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özdemir, A., 2009. Sondaj Tekniğine Giriş, Mattek Matbaacılık, Ankara.
- Sivrikaya, M., 2022. Düzköy – Çal Orta Mahalle Heyelanının Limit Denge ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi. Avrasya Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Sivrikaya, O., 2019. Arazi Deneyleri ve Geoteknik Tasarımda Kullanımları, Birsan Yayınevi, Ankara.
- Schuster, R.L., 1996. Socioeconomic Significance of Landslides, Landslides: Investigation and Mitigation, Washington: Transportation Research Board, Special Report 247, 12-35.

- Sürücü, B., 2022. Gevşek Zeminlerden Oluşmuş Heyelan Riski Bulunan Şevlerin Tasarımı ve Projelendirmesi Üzerine Bir Vaka Analizi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Spencer, E., 1967. A Method of Analysis of The Stability of Embankments Assuming Paralel Inter-Slice Forces Geotechnique, 23, 1, 85-100.
- T.S.E., 1991. Yamaç ve şevlerin dengesi ve hesap metodları. TS-8853, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- URL-1, Heyelan Haritaları. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/heyelan-haritalari> 23 Kasım 2023.
- URL-2, Şevlerin Stabilitesi. <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/mustafa.vekli/7031-3/4.hafta.pdf> 24 Ocak 2024.
- URL-3, <https://www.yeniadimgazetesi.com/karabuk-belediyesi-istinat-duvari-yapimi-iscin-ihale-duzenleyecek> 15 Ocak 2024.
- URL-4, <https://www.aksaray.bel.tr/HaberDetay.aspx?icerikId=3392&BEDIR-MUHTAR-VE-ERVAH-KABRISTANLIKLARINDA-ISTINAT-DUVARI-CALISMASI-BASLATILDI> 15 Ocak 2024.
- URL-5, Palplanş. <https://metalticaret.com/palplans> 15 Ocak 2024.
- URL-6, Zemin ve Kaya Ankrajları. https://insapedia.com/kaya-ve-zemin-ankraji/#Google_vignette 15 Ocak 2024.
- URL-7, Zemin Çivisi. <https://www.egainternational.com.tr/hizmetdetay/zemin-civisi>, 15 Ocak 2024.
- URL-8, Kazık Temeller, Kullanım alanları ve Kazık Temel Çeşitleri. <https://insapedia.com/kazik-temeller-kullanim-alanlari-ve-kazik-temel-cesitleri/> 15 Ocak 2024.
- URL-9, Fore Kazık Uygulaması. <https://www.saplamacivata.com/fore-kazik-uygulamasi/> 15 Ocak 2024.
- URL-10, Kazıklı Perde İmalatı. <https://santiyede.com/kazikli-perde-imalati-fore-kazik/> 15 Ocak 2024.
- URL-11, Google Haritalar. <https://www.google.com/maps/@40.9894912,39.7312,14z?entry=ttu> 11 Aralık 2023.
- URL-12, Türkiye Deprem Tehlike Haritası. <https://tdth.afad.gov.tr/> 8 Eylül 2023.
- Uzuner, B. A., 2016. Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği, Derya Kitabevi, Trabzon.

- Ük, M., 2009. Derin Kazılar ve Derin Kazılara Bir Örnek: Flame Towers Projesi İksa Sistemi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movements: types and processes. In: Schuster, R.L., Krizek, R.J.(Eds.), Landslide Analysis and Control. Transportation Research Board, Special Report No. 176, Washington, DC, 11–33.
- Yılmaz, I., 2007. Mühendislik Jeolojisi İlkeler ve Kavramlar, Teknik Yayınevi, Ankara.



Ek 1. Sondaj Logları

SONDAJ LOGU BORING LOG

Şeyhi/Şeyhi	1/3
SONDAJ Boring No:	HSK-1
SONDÖR Driller	RECEP DEMİR

PROJE ADI / Project Name	ZONGULDAK DEVREK TAŞKIN KORUMA STABİLİTE ETÜDÜ		
SONDAJ YERİ / Boring Location			
KİLOMETRE / Kilometer	-	MUH. BOR. DER./Coring Depth	-
SONDAJ DER. / Boring Depth	25.00 m.	BAŞ. BİT. TARİHİ / Start-Finish Date	23.11.2017 - 24.11.2017
SONDAJ KOTU / Elevation	-	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y	413802
YER ALTİ SUYU / Groundwater	6.50 m.	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x	4567812

Sonda Derin. (m) Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Mançera Boyu Riser	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test		JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	Net Last Basınç (kg/cm ²)	Elastik Modül (kg/cm ²)	Dayanım Gücü Strength	Ayrınma Weathering	Kırılma / 30 cm Fracture / 30 cm	Kırılma % Core Recovery	RQD %
			DARBE SAYISI Num. Of Blows	GRAFIK Graph									
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm							
0.50	Karot												
1.00													
1.50		1.50											
2.00	SPT-1	1.95	10 6 11 17										
2.50	Karot												
3.00													
3.50	SPT-2	3.45	8 11 10 21										
4.00	Karot												
4.50													
5.00													
5.50	Karot												
6.00													
6.50	Karot												

DAYANIMLILIK - Strength	AYRIŞMA - Weathering	İNCE DANELİ - Fine Grained	İRİ DANELİ - Coarse Grained
I DAYANIMLI Strong	I TAZE Fresh	N=0-1 ÇOK YUMUŞAK V. Soft	N=0-4 ÇOK GEV. V. Loose
II ORTA DAYANIMLI M. Strong	II AZ AYRIŞMIŞ Slightly W.	N=3-4 YUMUŞAK Soft	N=5-10 GEVŞEK Loose
III ORTA ZAYIF M. Weak	III ORTA DER. AYR. Mod. Weak	N=5-8 ORTA KATI M. Stiff	N=11-20 ORTA SIKI M. Dense
IV ZAYIF Weak	IV ÇOK AYR. Highly W.	N=9-15 KATI Stiff	N=21-50 SIKI Dense
V ÇOK ZAYIF V. Weak	V TAM AYRIŞMIŞ Comp. W.	N=16-30 ÇOK KATI V. Stiff	N=51 ÇOK SIKI V. Dense
		N>30 SERT Hard	

KAYA KALİTESİ - RQD	KIRIKLAR - 30 cm - Fractures	ORANLAR - Proportions
% 0-25 ÇOK ZAYIF V. Poor	< 1 SEYREK Wide (W)	% 5- PER AZ Slightly
% 25-50 ZAYIF Poor	1 - 2 ORTA Moderato (M)	% 5 - 15 AZ Little
% 50-75 ORTA Fair	2 - 10 SIK Close (C)	% 15 - 35 ÇOK Very
% 75-90 İYİ Good	10 - 20 ÇOK SIK Intense (I)	% 35 - 50 VE And
% 90-100 ÇOK İYİ Excellent	> 20 PARÇALI Conchoidal (C)	

[illegible]

[illegible]

Sayfa/Page	:	1/3
SONDAJ Boring	No :	HSK-2
SONDÖR Driller	:	RECEP DEMİRAY

PROJE ADI / Project Name

SONDAJ YERİ / Boring Location

KİLOMETRE /Kilometer

SONDAJ DER. / Boring Depth

SONDAJ KOTU /Elevation

YER ALTI SUYU /Groundwater

25.00 m.

7.00 m.

MUH. BOR. DER./Casing Depth

BAŞ. BİT. TARİHİ /Start-Finish Date

KOORDİNAT /Coordinate (N-S) y

KOORDİNAT /Coordinate (E-W) x

-

23.11.2017 - 24.11.2017

413700

4567745

Sonda Derin. (m)
Boring Depth (m)

Numune Cinsi
Sample Type

Manevra Boyu
Run

DARBE SAYISI
Num. Of Blows

GRAFIK
Graph

0-15 cm

15-30 cm

30-45 cm

N

10

20

30

40

50

60

JEOTEKNİK TANIMLAMA
Geotechnical Description

Profil
Profile

Dayanıklılık
Strength

Ayrışma
Weathering

Kırık / 30 cm
Fracture / 30 cm

Karat %
Core Recovery

RQD %

0.50

1.00

1.50

2.00

2.50

3.00

3.50

4.00

4.50

5.00

5.50

6.00

6.50

Karot

SPT-1

Karot

3.00

3.45

8

11

10

21

0.00-25.00 m. AYRIŞMIŞ KİLTAŞI-KUMTAŞI: sarımsı, açık kahve renkli 0.00-9.00 m. arasında genel olarak orta-çok ayrışmış, yer yer zeminleşmiş, 9.00-12.00 m. arasında ise çakıllı ve bloklu zonlar içeren tamamen ayrışmış zeminleşmiş kıltaşı-kumtaşı ardalanması. 13.00-18.00 m. aralığında karot alınamamış ve bu seviyelerden alınan SPT numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre bu seviye çakıllı orta plastisiteli kil olarak değerlendirilmiştir. Birim RQD veren kısımlarda zayıf-çok zayıf kaya kalitesinde, sık kırıklı-parçalı, yatay tabakalı, düzensiz istifli eklemleri az pürüzlü. Tüm ilerleme kireç kongresyonlu.

IV-V

III-IV

CI-Cr

26

0

52

18

35

16

DAYANIMLILIK - Strength

AYRISMA - Weathering

İNCE DANELİ - Fine Grained

İRİ DANELİ - Coarse Grained

I DAYANIMLI

II ORTA DAYANIMLI

III ORTA ZAYIF

IV ZAYIF

V ÇOK ZAYIF

Strong

M. Strong

M. Weak

Weak

V. Weak

I

II

III

IV

V

TAZE

AZ AYRIŞMIŞ

ORTA DER. AYR.

ÇOK AYR.

TAM AYRIŞMIŞ

Fresh

Slightly W.

Mod. Weath.

Highly W.

Comp. W.

R=0-2 ÇOK YUMUŞAK

R=3-4 YUMUŞAK

R=5-8 ORTA KATI

R=9-15 KATI

R=16-30 ÇOK KATI

R>30 SERT

V. Soft

Soft

M. Stiff

Stiff

V. Stiff

Hard

N=0-4

N=5-10

N=11-30

N=31-50

N=50

ÇOK GEV.

GEVŞEK

ORTA SIKI

SIKI

ÇOK SIKI

V. Loose

Loose

M. Dense

Dense

V. Dense

KAYA KALİTESİ - RQD

KIRIKLAR - 30 cm -Fractures

ORANLAR - Proportions

% 0-25 ÇOK ZAYIF

%25-50 ZAYIF

%50-75 ORTA

%75-90 İYİ

%90-100 ÇOK İYİ

V. Poor

Poor

Fair

Good

Excellent

<1

1 - 2

2 - 10

10 - 20

> 20

SEYREK

ORTA

SIK

ÇOK SIK

PARÇALI

Wide

Moderate

Close

Intense

Crushed

(W)

(M)

(Cl)

(I)

(Cr)

% 5<

% 5 - 15

% 15 - 35

% 35 >

PEK AZ

AZ

ÇOK

VE

Slightly

Little

Very

And

% 5>

% 5 - 20

% 20 - 50

PEK AZ

AZ

ÇOK

Slightly

Little

Very

SONDAJ LOGU BORING LOG

Sayfa/Page : 2/3
SONDAJ No : HSK-2
SONDÖR : RECEP DEMİRAY
Driller :

Sonda Derin. (m) Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Mançura Boyu Run	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test				GRAFIK Graph						JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	Dayanıklılık Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fractures / 30 cm	Koruma % Core Recovery	RQD %							
			DARBE SAYISI Num. Of Blows			N																				
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm		10	20	30	40	50	60														
7.50	Karot												0.00-25.00 m. AYRIŞMIŞ KİLTAŞI-KUMTAŞI: sarımsı, açık kahve renkli 0.00- 9.00 m. arasında genel olarak orta-çok ayrışmış, yer yer zeminleşmiş, 9.00-12.00 m. arasında ise çakıllı ve bloklu zonlar içeren tamamen ayrışmış zeminleşmiş kıltaşı- kumtaşı ardalanması. 13.00- 18.00 m. aralığında karot alınamamış ve bu seviyelerden alınan SPT numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre bu seviye çakıllı orta plastisiteli kil olarak değerlendirilmiştir. Birim RQD veren kısımlarda zayıf-çok zayıf kaya kalitesinde, sık kırıklı-parçalı, yatay tabakalı, düzensiz istifli eklemleri az pürüzlü. Tüm nerleme kireç konsresyonlu.		IV-V	III-IV	CI-Cr	35	16							
8.00																										
8.50																										
9.00	Karot														V	IV-V	Cr	20	0							
9.50																										
10.00																										
10.50	SPT-2	10.50	17	26	40	66									V	IV-V	Cr	7	0							
11.00		10.95																								
11.50	Karot																									
12.00	SPT-3	12.00	29	50/2	-	R									V	IV-V	Cr	22	0							
12.50		12.17																								
13.00	Karot																									
13.50	SPT-4	13.50	11	15	18	33									V	IV-V	Cr	Numune Alınmadı	Numune Alınmadı							
14.00		13.95																								
14.50																										
15.00	SPT-5	15.00	7	14	17	31									V	IV-V	Cr	Numune Alınmadı	Numune Alınmadı							
15.50		15.45																								
16.00																										
16.50	SPT-6	16.50	8	16	19	35									V	IV-V	Cr	Numune Alınmadı	Numune Alınmadı							
17.00		16.95																								

0.00-25.00 m. AYRIŞMIŞ KİLTAŞI-KUMTAŞI: sarımsı, açık kahve renkli 0.00-9.00 m. arasında genel olarak orta-çok ayrılmış, yer yer zeminleşmiş, 9.00-12.00 m. arasında ise çakıllı ve bloklu zonlar içeren tamamen ayrılmış zeminleşmiş kıltaşı-kumtaşı aralanması. 13.00-18.00 m. aralığında karot alınamamış ve bu seviyelerden alınan SPT numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre bu seviye çakıllı orta plastisiteli kil olarak değerlendirilmiştir. Birim RQD veren kısımlarda zayıf-çok zayıf kaya kalitesinde, sık kırıklı-parçalı, yatay tabakalı, düzensiz istifli lekeleri az pürüzlü. Tüm derleme kireç konsresyonlu.

		SONDAJ LOGU BORING LOG				Sayfa/Page : 3/3	
						SONDAJ No : HSK-2	
						Borular : REÇEP DEMİRAY	

Kuyu Sonu: 25.00 m.

0.00-25.00 m. AYRIŞMIŞ KİLTAŞI-KUMTAŞI: sarımsı, açık kahve renkli 0.00-9.00 m. arasında genel olarak orta-çok ayrılmış, yer yer zeminleşmiş, 9.00-12.00 m. arasında ise çakıllı ve bloklu zonlar içeren tamamen ayrılmış zeminleşmiş kıltaşı-kumtaşı ardalanması. 13.00-18.00 m. aralığında karot alınamamış ve bu seviyelerden alınan SPT numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre bu seviye çakıllı orta plastisiteli kil olarak değerlendirilmiştir. Birim RQD veren kısımlarda zayıf-çok zayıf kaya kalitesinde, sık kırıklı-parçalı, yatay tabakalı, düzensiz istifli eklemleri az pürüzlü. Tüm ilerleme kireç konkresyonlu.

		SONDAJ LOGU BORING LOG		Sayfa/Page : 1/2 SONDAJ No : HSK-3 SONDÖR : RECEP DEMİRAY Driller :												
PROJE ADI / Project Name : ZONGULDAK DEVREK TAŞKIN KORUMA STABİLİTE ETÜDÜ																
SONDAJ YERİ / Boring Location :																
KİLOMETRE / Kilometer :		SONDAJ DER. / Boring Depth : 15.00 m.		MUH. BOR. DER. / Casing Depth :												
SONDAJ KOTU / Elevation :		KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y : 413665		BAŞ. BİT. TARİHİ / Start-Finish Date : 25.11.2017 - 25.11.2017												
YER ALTI SUYU / Groundwater : 5.00 m.		KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x : 4567812														
Sonda Derin. (m) Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Manevra Boyu Riser	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test						JEOLOJİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	Dayanıklılık Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	Kıst. % Core Recovery	RQD %	
			DARBE SAYISI Num. Of Blows			GRAFİK Graph										
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20								30
0.50	Karat	1.50														
1.00																
1.50																
2.00	Karat	1.95	7	8	9	17										
2.50																
3.00																
3.50	Karat	3.00	13	16	17	33										
4.00																
4.50																
5.00	Karat	3.45	16	11	18	29										
5.50																
6.00																
6.50	Karat	4.95	11	8	11	19										
DAYANIMLILIK - Strength			AYRIŞMA - Weathering			İNCİ DANELİ - Fine Grained			İRİ DANELİ - Coarse Grained							
I DAYANIMLI Strong			I TAZE Fresh			N=0-2 ÇOK YUMUŞAK V. Soft			N=0-4 ÇOK GEV. V. Loose							
II ORTA DAYANIMLI M. Strong			II AZ AYRIŞMIŞ Slightly W.			N=3-4 YUMUŞAK Soft			N=5-10 GEYSEK Laose							
III ORTA ZAYIF M. Weak			III ORTA DER. AYR. Mod. Weath			N=5-8 ORTA KATI M. Stiff			N=11-20 ORTA SIKI M. Dense							
IV ZAYIF Weak			IV ÇOK AYR. Highly W.			N=9-15 KATI Stiff			N=31-50 SIKI Dense							
V ÇOK ZAYIF V. Weak			V TAM AYRIŞMIŞ Comp. W.			N=16-30 ÇOK KATI V. Stiff			N=50 ÇOK SIKI V. Dense							
						N=30 SERT Hard										
KAYA KALİTESİ - RQD			KIRIKLAR - 30 cm - Fractures			ORANLAR - Proportions										
%0-25 ÇOK ZAYIF V. Poor			<1 SEYREK Wide (W)			%5> PEK AZ Slightly			%5> PEK AZ Slightly							
%25-50 ZAYIF Poor			1-2 ORTA Moderate (M)			%5-15 AZ Little			%5-20 AZ Little							
%50-75 ORTA Fair			2-10 SIK Close (C)			%15-35 ÇOK Very			%20-50 ÇOK Very							
%75-90 İYİ Good			10-20 ÇOK SIK Intense (I)			%35> VE And										
%90-100 ÇOK İYİ Excellent			>20 PARÇALI Crushed (Cr)													

		SONDAJ LOGU BORING LOG										Sayfa/Page : 1/2									
												SONDAJ Boring No : HSK-3									
												SONDÖR : RECEP DEMİRAY									
												Driller :									
Sonda Derin. (m) Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Mançera Boyu Ram	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test					JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description					Profil Profile	Dayanıklılık Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	Karat % Core Recovery	RQD %			
			DARBE SAYISI Num. Of Blows			GRAFİK Graph															
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20	30	40	50	60									
7.50	Karot	7.50																			
	SPT-5	7.68	13	50/8	-	R												38	0		
8.00																					
8.50	Karot																				
9.00		9.00																			
	SPT-6	9.45	6	8	9	17												37	0		
9.50																					
10.00	Karot																				
10.50		10.50																			
	SPT-7	10.95	6	11	10	21												47	0		
11.00																					
11.50	Karot																				
12.00		12.00																			
	SPT-8	12.45	10	8	9	17												57	0		
12.50																					
13.00	Karot																				
13.50																					
14.00																					
14.50																					
15.00																					
15.50																					
16.00																					
16.50																					
17.00																					
												Kuyu Sonu: 15.00 m.									

1.50-15.00 m. AYRIŞMIŞ KİLTAŞI-KUMTAŞI: Sarımsı, koyu kahve renkli, genel olarak incelendiğinde tamamen ayrılmış zeminleşmiş, bloklu yer yer çok ayrılmış kıltaşı-kumtaşı ardalanması. Tüm ilerleme kireç konsolidasyonlu, parçalı, düzensiz istifli. SPT numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre, zeminleşmiş bölümler genel olarak yüksek plastisiteli kil niteliğinde olup yer yer kumlu seviyelerde gözlenmektedir.

Kuyu Sonu: 15.00 m.

		SONDAJ LOGU BORING LOG		Sayfa/Page : 1/2 SONDAJ No : İSK-1 SONDÖR : RECEP DEMİRAY											
PROJE ADI / Project Name : ZONGULDAK DEVREK TAŞKIN KORUMA STABİLİTE ETÜDÜ															
SONDAJ YERİ / Boring Location :															
KİLOMETRE / Kilometer :		MUH. BOR. DER. / Casing Depth :		BAŞ. BİT. TARİHİ / Start-Finish Date :											
SONDAJ DER. / Boring Depth :		15.00 m.		25.11.2017 - 25.11.2017											
SONDAJ KOTU / Elevation :		-		KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y :											
YER ALTI SUYU / Groundwater :		5.00 m.		KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x :											
YER ALTI SUYU / Groundwater :		5.00 m.		4567781											
Sondaj Derin. (m) Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Masa ve Boyu Size	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test						JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	Dayanım Gücü Strength	Ayrışma Weathering	Kırıntı / 20 cm Fraction / 20 cm	Korutma % Core Recovery	RQD %
			DARBE SAYISI Num. Of Blows				GRAFİK Graph								
			0-45 cm	45-90 cm	90-135 cm	135-180 cm	N	10							
0.50	Korot	1.50	7	9	11	20									
1.00															
1.50	SPT-1	1.95													
2.00	Korot	6.00	8	16	19	35									
2.50															
3.00	UD	6.45													
3.50	Korot	6.45													
4.00															
4.50	Korot	6.45													
5.00															
5.50	Korot	6.45													
6.00															
6.50	SPT-4	6.45													
	Korot	6.45													
DAYANIMLILIK - Strength			AYRIŞMA - Weathering			İNCE DANELİ - Fine Grained			İRİ DANELİ - Coarse Grained						
I DAYANIMLI	Strong	I TAZE	Fresh	N=0-2 ÇOK YUMUŞAK	V. Soft	N=0-4	ÇOK GEV.	V. Loose							
II ORTA DAYANIMLI	M. Strong	II AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N=3-4 YUMUŞAK	Soft	N=5-10	GEVŞEK	Loose							
III ORTA ZAVIF	M. Weak	III ORTA DER. AYR.	Mod. Weath.	N=5-8 ORTA KATI	M. Stiff	N=11-30	ORTA SIKI	M. Dense							
IV ZAVIF	Weak	IV ÇOK AYR.	Highly W.	N=9-15 KATI	Stiff	N=31-50	SIKI	Dense							
V ÇOK ZAVIF	V. Weak	V TAM AYRIŞMIŞ	Comp. W.	N=16-30 ÇOK KATI	V. Stiff	N=50	ÇOK SIKI	V. Dense							
KAYA KALİTESİ - RQD			KIRIKLAR - 30 cm - Fractures			ORANLAR - Proportions									
% 0-25 ÇOK ZAVIF	V. Poor	< 1	SEVREK	Wide (W)	% 5+	PEK AZ	Slightly	% 5+	PEK AZ	Slightly					
% 25-50 ZAVIF	Poor	1 - 2	ORTA	Moderate (M)	% 5 - 15	AZ	Little	% 5 - 20	AZ	Little					
% 50-75 ORTA	Fair	2 - 10	SIK	Close (C)	% 15 - 35	ÇOK	Very	% 20 - 50	ÇOK	Very					
% 75-90 İYİ	Good	10 - 20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35+	VE	And								
% 90-100 ÇOK İYİ	Excellent	> 20	PARÇALI	Crushed (Cr)											

		SONDAJ LOGU BORING LOG		Sayfa/Page : 1/2 SONDAJ Boring No : İSK-2 SONDÖR Driller : RECEP DEMİRAY														
PROJE ADI / Project Name		ZONGULDAK DEVREK TAŞKIN KORUMA STABİLİTE ETÜDÜ																
KİLOMETRE / Kilometer		-		MÜB. BOR. DER./Casing Depth														
SONDAJ DER. / Boring Depth		15.00 m.		BAŞ BİT. TARİHİ /Start-Finish Date														
SONDAJ KOTU /Elevation		-		KOORDİNAT /Coordinate (N-S) y														
YER ALTI SUYU /Groundwater		2.50 m.		KOORDİNAT /Coordinate (E-W) x														
		STANDART PENETRASYON DENEYİ		JEOTEKNİK TANIMLAMA														
		Standard Penetration Test		Geotechnical Description														
Sonda Derin. (m) Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Mucavaza Boyu Run	DARBE SAYISI Num. Of Blows				GRAFİK Graph		JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	Net Lineal Bıçak (kg/cm ²)	Enstatite Modülü (kg/cm ²)	Dayanım Sırası Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	Korut. % Core Recovery	RQD %	
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N												
0.50	Karot	1.50	7	12	16	28			0.00-1.00 m. Dolgu:									
1.00									Servis yolu kazı çalışması sırasında atılan koyu kahve renkli, orta-düşük plastisiteli,									
1.50																		
2.00	SPT-1	1.95							1.00-15.00 m. AYRIŞMIŞ KİLTAŞI-KUMTAŞI:									
2.50									Sarımsı, kahve renkli, genel olarak incelendiğinde bloklu, çok ayrılmış yer yer tamamen ayrılmış zeminleşmiş kıltaşı-kumtaşı aralanması. Birim RQD veren kısımlarda çok zayıf									
3.00									kaya kalitesinde, sık kırıklı-parçalı, yatay tabakalı, düzensiz istifli eklemleri az pürüzlü. Zeminleşmiş bölümler, SPT numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre, yüksek plastisiteli yağlı kil niteliğindedir.									
3.50	Karot	4.50	12	14	15	29												
4.00																		
4.50																		
5.00	SPT-2	4.95																
5.50																		
6.00																		
6.50	Karot	6.45	11	16	18	34												
DAYANIMLILIK - Strength			AYRIŞMA - Weathering			İNCE DANELİ - Fine Grained			İRİ DANELİ - Coarse Grained									
I DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N=0-4 ÇOK YUMUŞAK	V, Soft	N=0-4	ÇOK GEV.	V, Loose									
II ORTA DAYANIMLI	M. Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N=5-10 ÇOK YUMUŞAK	Soft	N=5-10	GEVSEK	Loose									
III ORTA ZAYIF	M. Weak	III	ORTA DER. AYR.	Med. Weath.	N=11-30 ÇOK KATI	M. Stiff	N=11-30	ORTA SIKI	M. Dense									
IV ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYR.	Highly W.	N=31-50 ÇOK KATI	Stiff	N=31-50	SIKI	Dense									
V ÇOK ZAYIF	V. Weak	V	TAM AYRIŞMIŞ	Comp. W.	N=51-100 ÇOK KATI	V. Stiff	N=51-100	ÇOK SIKI	V. Dense									
KAYA KALİTESİ - RQD			KIRIKLAR - 30 cm - Fractures			ORANLAR - Proportions												
% 0-25 ÇOK ZAYIF	V. Poor	< 1	SEYREK	Wide (W)	% 5>	PEK AZ	Slightly	% 5>	PEK AZ	Slightly								
% 25-50 ZAYIF	Poor	1 - 2	ORTA	Moderate (M)	% 5 - 15	AZ	Little	% 5 - 20	AZ	Little								
% 50-75 ORTA	Fair	2 - 10	SIK	Close (C)	% 15 - 35	ÇOK	Very	% 20 - 50	ÇOK	Very								
% 75-90 İYİ	Good	10 - 20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35 >	VE	And											
% 90-100 ÇOK İYİ	Excellent	> 20	PARÇALI	Crushed (Cr)														

[illegible]

		SONDAJ LOGU BORING LOG		Sayfa/Page : 1/2 SONDAJ Boring No : İSK-3 SONDÖR : RECEP DEMİRAY Driller :										
PROJE ADI / Project Name		ZONGULDAK DEVREK TAŞKIN KORUMA STABİLİTE ETÜDÜ												
SONDAJ YERİ / Boring Location		KİLOMETRE / Kilometers		MUL. BOR. DER./Casing Depth										
SONDAJ DER. / Boring Depth		15.00 m.		BAŞ BİT. TARİHİ / Start-Finish Date										
SONDAJ KOTU / Elevation		-		KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y										
YER ALTİ SUYU / Groundwater		9.50 m.		KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x										
		STANDART PENETRASYON DENEYİ		JEOTEKNİK TANIMLAMA										
		Standard Penetration Test		Geotechnical Description										
Sondaj Derin. (m) Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Minörün Boyu Run	DARBE SAYISI Num. Of Blows		GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	Net Limit Barınç (kg/cm ²)	Elastisite Modülü (kg/cm ²)	Dayanım Gücü Strength	Ayrılma Weathering	Kırılganlık / 30 cm Fracture / 30 cm	Kırılganlık % Fracture %	RQD %
			0-15 cm	15-30 cm										
0.50						0.00-1.50 m. YOL DOLGUSU: Koyu kahve, siyahımsı renkli çakıllı kum.		4.3	28					
1.00														
1.50														
2.00	Karot					1.50-5.50 m. Yamaç Molozu: Koyu kahve renkli, orta sıkı non plastik az killi çakıllı kum.		4.6	24					
2.50														
3.00														
3.50	Karot					5.50-15.00 m. AYRIŞMIŞ KİLTAŞI-KUMTAŞI:		6.2	66	V	V	Cr	11	0
4.00														
4.50														
4.50	SPT-1	4.50	12	21	27	48								
5.00		4.95												
5.50	Karot													
6.00	SPT-2	6.00	7	11	13	14								
6.50	Karot	6.45												
DAYANIMLILIK - Strength		AYRIŞMA - Weathering		İNCE DANELİ - Fine Grained		İRİ DANELİ - Coarse Grained								
I DAYANIMLI	Strong	I TAZE	Fresh	N=0-2 ÇOK YUMUŞAK	V. Soft	N=0-4	ÇOK GEV.	V. Loose						
II ORTA DAYANIMLI	M. Strong	II AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N=3-4 YUMUŞAK	Soft	N=5-10	GEVŞEK	Loose						
III ORTA ZAYIF	M. Weak	III ORTA DER. AYR.	Med. Weather	N=5-8 ORTA KATI	M. Stiff	N=11-30	ORTA SIKI	M. Dense						
IV ZAYIF	Weak	IV ÇOK AYR.	Highly W.	N=9-15 KATI	Stiff	N=31-50	SIKI	Dense						
V ÇOK ZAYIF	V. Weak	V TAM AYRIŞMIŞ	Comp. W.	N=16-30 ÇOK KATI	V. Stiff	N=50	ÇOK SIKI	V. Dense						
KAYA KALİTESİ - RQD		KIRIKLAR - 30 cm - Fractures		ORANLAR - Proportions										
% 0-25 ÇOK ZAYIF	V. Poor	< 1	SEYREK	Wide (W)	% 5-10	PEK AZ	Slightly	% 5-10	PEK AZ	Slightly				
% 25-50 ZAYIF	Poor	1 - 2	ORTA	Moderate (M)	% 10 - 20	AZ	Little	% 10 - 20	AZ	Little				
% 50-75 ORTA	Fair	2 - 10	SIK	Close (C)	% 20 - 35	ÇOK	Very	% 20 - 35	ÇOK	Very				
% 75-90 İYİ	Good	10 - 20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35 - 50	VE	And	% 35 - 50	VE	And				
% 90-100 ÇOK İYİ	Excellent	> 20	PARÇALI	Crushed (Cr)										

SONDAJ LOGU BORING LOG

Sayfa/Page : 2/2
SONDAJ Boring No : İSK-3
SONDÖR : RECEP DEMİRAY
Driller :

Sondaç Derin. (m) Boring Depth (m)	Nümunne Cinsi Sample Type	Manevra Boyu Blow	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test		JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	Net Limit Başarı (kg/cm ²)	Elastisite Modülü (kg/cm ²)	Dayanım Gücü Strength	Ayrılma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	Karat % Core Recovery	RQD %								
			DARBE SAYISI Num. Of Blows																		
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																
7.50	SPT-3	7.50	8	12	13	25						19	0								
8.00	Karot	7.95																			
8.50												23	0								
9.00	SPT-4	9.00	9	14	18	28															
9.50	Karot	9.45																			
10.00												23	0								
10.50	SPT-5	10.50	7	9	11	20			V	V	Cr										
11.00		10.95						8.8	96												
11.50																					
12.00																					
12.50																					
13.00	SPT-6	12.00	12	16	14	30															
13.50	Karot	12.45						7.1	63												
14.00																					
14.50																					
15.00																					
15.50																					
16.00																					
16.50																					

Kuyu Sonu: 15.00 m.

SONDAJ LOGU BORING LOG

Sayfa/Page : 1/2
SONDAJ Boring No : İSK-4
SONDÖR : RECEP DEMİRAY
Driller :

PROJE ADI / Project Name ZONGULDAK DEVREK TAŞKIN KORUMA STABİLİTE ETÜDÜ

SONDAJ YERİ / Boring Location

KILOMETRE / Kilometer

-

MUL. BOR. DER./Casing Depth

-

SONDAJ DER. / Boring Depth

15.00 m.

BİT. TARİHİ / Start-Finish Date

27.11.2017 - 27.11.2017

SONDAJ KOTU / Elevation

-

KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y

413841

YER ALTı SUYU / Groundwater

3.00 m.

KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x

4567782

STANDART PENETRASYON DENEYİ

Standard Penetration Test

DARBE SAYISI

Num. Of Blows

GRAFİK

Graph

JEOTEKNİK TANIMLAMA

Geotechnical Description

Profil

Profile

Net Limit Başıncı

(kg/cm²)

Elastikite Modülü

(kg/cm²)

Dayanım Gücü

Strength

Ayrılma

Weathering

Kırılganlık

Fracture (%)

Korutma

Core Recovery

RQD %

Sonda Derinliği (m) Boring Depth (m)	Numune Cinsi Sample Type	Mançura Boyu Anvil	DARBE SAYISI Num. Of Blows	GRAFİK Graph	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	Net Limit Başıncı (kg/cm ²)	Elastikite Modülü (kg/cm ²)	Dayanım Gücü Strength	Ayrılma Weathering	Kırılganlık Fracture (%)	Korutma Core Recovery	RQD %
0.50					0.00-1.00 m. Dolgu: Servis yolu kazı çalışması sırasında atılan koyu kahve renkli, orta-düşük plastisiteli,								
1.00													
1.50													
2.00	Karot				1.00-15.00 m. AYRIŞMIŞ KİLTAŞI-KUMTAŞI: Sarımsı, kahve renkli, genel olarak incelendiğinde bloklu, çok ayrılmış yer yer tamamen ayrılmış zeminleşmiş kıltaşı-kumtaşı ardalanması. Sık kırıklı-parçalı, yatay tabakalı, düzensiz istifli. 6.00-7.50 m. aralığında karot alınamamış ve bu seviyelerden alınan SPT numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre bu seviye non plastik az çakilli killi kum olarak değerlendirilmiştir. 9.00 m. seviyesi sonrası zeminleşmiş kesimler ise yüksek plastisiteli yağlı kil niteliğindedir.								
2.50													
3.00													
3.50													
4.00	UD												
4.50													
5.00	Karot												
5.50													
6.00		6.00											
6.50	SPT-1	6.45	11 14 13 27										

DAYANIMLILIK - Strength		AYRIŞMA - Weathering		İNE DANELİ - Fine Grained		İRİ DANELİ - Coarse Grained		
DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N=0-2 ÇOK YUMUŞAK	V. Soft	N=0-4 ÇOK GEV.	V. Loose
ORTA DAYANIMLI	M. Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N=3-4 YUMUŞAK	Soft	N=5-10 GEVSEK	Lame
ORTA ZAYIF	M. Weak	III	ORTA DER. AVR.	Mod. Weath.	N=5-8 ORTA KATI	M. Stiff	N=11-30 ORTA SIKI	M. Dense
ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AVR.	Highly W.	N=9-12 KATI	Stiff	N=31-50 SIKI	Dense
ÇOK ZAYIF	V. Weak	V	TAM AYRIŞMIŞ	Comp. W.	N=16-30 ÇOK KATI	V. Stiff	N=50 ÇOK SIKI	V. Dense
					N=30 SERT	Hard		
KAYA KALİTESİ - RQD		KIRIKLAR - 30 cm - Fractures		ORANLAR - Proportions				
0-25 ÇOK ZAYIF	V. Poor	< 1	SEYREK	Wide (W)	% 5- PEK AZ	Slightly	% 5- PEK AZ	Slightly
25-50 ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Moderate (M)	% 5-15 AZ	Little	% 5-20 AZ	Little
50-75 ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (C)	% 15-35 ÇOK	Very	% 20-50 ÇOK	Very
75-90 İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35- VE	And		
90-100 ÇOK İYİ	Excellent	> 20	PARÇALI	Crushed (Cr)				

SONDAJ LOGU
BORING LOG

Sayfa/Page	:	2/2
SONDAJ Boring No :		İSK-4
SONDÖR Driller	:	RECEP DEMİRAY

[illegible]

ÖZGEÇMİŞ

Yazar ilk, orta ve lise eğitimlerinin tamamladıktan sonra 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliğini kazanmıştır. 2018 yılında mezun olan yazar 2019 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisansa başlamıştır. Yazar 2020 yılında Mimarlık lisans eğitimine başlamıştır ve eğitimi devam etmektedir.

