



Sümela Manastırı ve Civarının Kaya Düşmeleri Riskinin Belirlenmesi

Program Kodu: 1002

Proje No: 114M015

Proje Yürütücüsü:
Prof. Dr. H.Şebnem DÜZGÜN

Araştırmacı(lar):

Dr. Nurgül GÜLTEKİN
Yrd. Doç.Dr. Müge AĞCA
Prof. Dr. P. Ayşıl YAVUZ
Doç.Dr. Aykut AKGÜN

Bursiyer:

Neda DADASHZADEH

MAYIS 2015
ANKARA

ÖNSÖZ

Sümela Manastırı ve civarının kaya düşmesi riskinin belirlenmesini konu alan bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 114M015 numaralı bir hızlı destek projesidir. Sümela Manastırı ve civarının kaya düşmeleri riskinin değerlendirilmesi için öncelikle arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda kaya düşmesi kaynak alanları ve düşmüş bloklar tespit edilmiş, boyutları ölçülmüş ve lokasyonları belirlenmiştir. Sümela Manastırı şevlerinde süreksizlikler değerlendirilmiş, bölgeden laboratuvar deneyleri için blok örnekler alınmıştır. Yine arazi çalışmaları ile lazer taraması yapılmış çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir. Çalışma kaya düşmelerinin 2B ve 3B analizlerini içermektedir. 2B analizler Rocfall V.5 yazılımı ve 3B analizler HY-STONE yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında bu iki program yardımıyla gerçekleştirilen analizler değerlendirilmiştir. Çalışmanın bir sonraki aşamasında risk altındaki elemanlar tespit edilmiş ve kaya düşmelerinden korunmak için mühendislik çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Sümela Manastırı ve yakın civarı risk altındaki elemanlar açısından değerlendirildiğinde riskli sınıfında yer almakta olup, acilen etkin bir risk yönetimine ihtiyaç bulunmaktadır.

ÖZET

Kültür mirasları insanlığın ortak değerlerini yansıtan, geçmişle günümüz arasındaki en önemli köprülerdir. Bu eserler, bir ülkenin olduğu kadar, tüm insanlığın da evrensel değerleridir. Bu amaçla bu alanların korunmasına bilimsel çalışmalar da yardımcı olmalıdır. Bu çerçevede çalışma alanı olarak kaya düşmesi tehlikesi altında bulunan, tarihi ve kültürel değere sahip, Ortodoks Hristiyanları için özel bir önem içeren Anadolu'daki en eski ve önemli kiliselerden biri olan Sümela Manastırı seçilmiştir.

Kaya düşmeleri büyük oranda yapısal hasara ve can kayıplarına neden olabilecek düzeyde potansiyele sahip doğal tehlikelerdir. Ülkemizde oldukça sık rastlanan kaya düşmeleri önemli kayıplara neden olabilmektedir. Bu çalışmayı değerli kılan, kültür miraslarının korunması kapsamında değerlendirilebilecek olan Sümela Manastırındır.

Sümela Manastırı her yıl yüzbinlerce turist tarafından ziyaret edilmekte olup, bu alan ziyarete gelen turistlerin kaya düşmelerinden korunması açısından da önem taşımaktadır. UNESCO dünya mirasları listesinde yer alan Sümela manastırı, Trabzon ili, Maçka ilçesi sınırları içinde yer almakta olup, bölgede oldukça yüksek bir eğime sahip yamaç üzerinde kurulmuştur.

Bu çalışma kapsamında öncelikle arazi çalışmaları ile bölgede kaya düşmesi kaynak alanları tespit edilmiş, kaya bloklarının davranışı belirlenmiş, malzemeye ait fiziksel, indeks ve mekanik parametrelerin belirlenmesi için örnekleme çalışmaları yürütülmüştür. Yine arazi çalışmaları ile çalışma alanına ait yersel lazer taraması gerçekleştirilmiş ve böylece kaya düşmesi kaynak alanları ve yakın çevresinin sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir. Sonrasında potansiyel kaya bloklarının ilerleme yönü ve mesafelerinin tahmin edilmesine yönelik iki ve üç boyutlu modellemeler Rocfall V.5 (Rocscience Inc., 2015) ve HY-STONE (Frattini et al., 2008) yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Böylece her iki yazılım ile kaya düşmelerinin iki ve üç boyutlu olarak modellenmesi, blokların yayılımlarının belirlenmesi ve elde edilen sonuçların birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır. Daha sonra elde edilen bu veriler ile Sümela Manastırı ve yakın çevresindeki risk altındaki elemanlar için risk analizleri gerçekleştirilmiş, kültürel bir değere sahip Sümela Manastırı ve yakın çevresinin korunmasına yönelik kültür mirası koruma prensipleri ışığında mühendislik çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kaya düşmesi, kültür mirası, modelleme, risk analizi, risk yönetimi

ABSTRACT

Cultural heritages which express common value of humanity are one of the most important links between past and present. They have universal value for a country and also all of the people in the world. For this purpose, scientific researches should be done for preserving these areas. At this point, Monastery of Sumela -which is one of the oldest and the most important church in Anatolia, has historical and cultural importance, has a special value for Orthodoxes, is under rock fall hazard- is selected as study area.

Rock falls are the natural hazards which have potential for structural damages and casualties. The rock falls which occur quite often in our country can cause various casualties. What makes this study valuable is that Monastery of Sumela is evaluated within prevention of cultural heritage.

Monastery of Sumela is visited by several thousands of tourists every year and this area is also important because of protecting the tourists from rock falls. The Monastery of Sumela which is on World Heritage List of the UNESCO is located in Macka-Trabzon. Monastery is constructed on the quite steep slope in the area.

In this study firstly, rock fall source area will be located by performing field survey in the region and behavior of rock blocks was determined. Sampling studies were done to determine the physical, index and mechanical parameters of the material. Also, as part of field survey, terrestrial laser scanning was carried out for the study area and digital elevation model (DEM) of rock fall source area and vicinity area was prepared. Afterwards, 2D and 3D modellings, was implemented to predict the run out direction and run out distance of potential rock blocks. In the present study, Rocfall V.5 (Rocscience Inc., 2015), HY-STONE (Frattoni et. al., 2008) will be used. By this way, using these two softwares it is aimed at obtaining 2D and 3D model of the rockfalls to compare the results obtained from these two different softwares. After that, the risk analyses was carried out for the elements at risk at Monastery of Sumela and surrounding area by using the data obtained and engineering solutions were suggested for Monastery of Sumela in the light of cultural heritage protection.

Keywords: rockfall, cultural heritage, modelling, risk analysis, risk management

TEŞEKKÜR

Sümela Manastırı ve Civarının Kaya Düşmeleri Riskinin Belirlenmesi başlıklı proje kapsamında arazi çalışmalarında göstermiş oldukları destekten dolayı Evren Deniz Yaylacı ve Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi Efdal Kaya'ya,

HY-STONE yazılımına erişim konusundaki desteklerinden dolayı Milano Bicocca Üniversitesi (İtalya) 'nden Prof. Dr. Giovanni B. Crosta, Dr. Paolo Frattini ve Dr. Federico Agliardi'ye,

Modelleme aşamasındaki desteklerinden dolayı Milano Bicocca Üniversitesi (İtalya) Araştırma Görevlisi Dr. Andrea Valagussa'ya,

Coğrafi Bilgi Sistemleri konusundaki desteklerinden dolayı Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği Bölümü Doktora Öğrencisi Otgonbayar Namkhai'ye,

Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Trabzon Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü'nden Çağdaş Çağlayan'a,

Sümela Manastırı Ören yeri çalışanlarına ve

114M015 numaralı projemize sağladığı destekten dolayı TÜBİTAK'a,

teşekkürlerimizi sunarız.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
EKLER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KÜLTÜREL MİRAS OLARAK SÜMELA MANASTIRI.....	3
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
4. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI.....	13
5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ.....	16
6. KAYA DÜŞMESİ ANALİZLERİ.....	18
6.1. Fotogrametrik Analizler.....	18
6.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	35
6.3. Kaya Düşmesi Analizleri.....	38
6.3.1. Geriye Dönük Analizler.....	40
6.3.2. Modelleme Aşaması.....	48
6.3.2.1. Rocfall V.5 Yazılımı Kullanılarak Gerçekleştirilen Kaya Düşmesi Analizleri.....	48
6.3.2.2. HY-STONE Yazılımı Kullanılarak Gerçekleştirilen Kaya Düşmesi Analizleri.....	64
6.3.2.2.1. Sayısal Yükseklik Modeli.....	65
6.3.2.2.2. Unique Condition Haritası.....	66
6.3.2.2.3. Kaya Düşmesi Kaynak Alanı.....	68
6.3.2.2.4. Normal and Tanjansiyel Sönümlenme Katsayıları ve Yüzey Sürtünme Açısı.....	68
6.3.2.2.5. İlksel Durumları ve Kontrol Parametrelerini İçeren Form.....	69
6.3.2.3. Kaya Düşmesi Analiz Çıktıları.....	69
7. RİSK ANALİZİ.....	75
8. RİSK YÖNETİMİ.....	79
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	82
KAYNAKLAR.....	86
EKLER.....	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1.	Kilisenin önündeki şapelin dış duvarı, (Bryer ve Winfield (1985)'nin Rice (1929)'dan aldığı fotoğraf).....	5
Şekil 2.2.	Şekil 2.2. Kilisenin önündeki şapelin dış duvarı, (Eyice 1987'nin, A. Albek (1956)'ten aldığı fotoğraf).....	6
Şekil 2.3.	Mağara kilisenin etrafındaki yapılaşma ve onarımlar, (Yavuz (2007)'den alınmıştır).....	6
Şekil 2.4.	Katmanlaşma ve restorasyonlar.....	7
Şekil 2.5.	Yemekhane olabilecek yapının duvarı önündeki düşmüş taşlar, (Yavuz (2007)'den alınmıştır)	8
Şekil 4.1.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası (Google Earth, 2015, Google Maps, 2015)	13
Şekil 4.2.	Sümela Manastırı ve içinde bulunduğu kaya şevi (a,b).....	14
Şekil 4.3.	Deprem Bölgeleri Haritası (AFAD, 2015).....	15
Şekil 4.4.	1975-1997 yılları aylık ortalama yağış değerleri	15
Şekil 5.1.	Çalışma alanına ait jeoloji haritası (Gelisli et al. 2011).....	17
Şekil 6.1.	Çalışmaya ait iş akış şeması.....	18
Şekil 6.1.1	Süreksizlik ölçüm noktaları.....	19
Şekil 6.1.2.	1 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonunda değerlendirilen süreksizlikler (a,b,c).....	20
Şekil 6.1.3	2 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c).....	21
Şekil 6.1.4.	3 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c)	22
Şekil 6.1.5.	4 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c)	23
Şekil 6.1.6	5 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c,d)	23
Şekil 6.1.7	6 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c,d)	25
Şekil 6.1.8.	26
Şekil 6.1.9.	2 ana süreksizlik setine ait kontör diyagramı.....	26
Şekil 6.1.10.	2 ana süreksizlik düzlemine ait değerlendirme	28
Şekil 6.1.11.	Arazide belirlenmiş 2 ana süreksizlik düzlemi.....	28
Şekil 6.1.12.	Düzlemsel kayma analizi.....	29
Şekil 6.1.13.	Kama türü yenilme.....	29
Şekil 6.1.14	Devrilme türü yenilme.....	31
Şekil 6.1.15.	Süreksizliklere ait gül diyagramı.....	32
Şekil 6.1.16.	Çalışma alanının genel görünümü (a,b,c)	34
Şekil 6.1.17.	Lazer tarama cihazının kurulduğu istasyon noktaları (a,b,c,d)...	34
Şekil 6.2.1.	Şekil 6.1.17. Farklı oturumlar ile taranan yerler üzerine nokta bulutu giydirilmesi (a,b,c).....	36
Şekil 6.3.1.	Birleştirilmiş nokta bulutu.....	36
Şekil 6.3.2.	Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi (a), Brazilian çekilme dayanımı testi (b)	38
Şekil 6.3.3.	Kaya düşmelerinden korunmak amaçlı ziyaretçilere dağıtılan baretler	39
Şekil 6.3.1.1	Düşen blokların meydana getirdiği hasarlar (a,b,c).....	40
Şekil 6.3.1.2.	Çalışma alanında düşmüş olan bloklar (a,b,c,d).....	41

Şekil 6.3.1.3.	Modellemelerde kullanılan üç farklı malzeme.....	42
Şekil 6.3.1.4.	2001 yılında meydana gelen olaya ait kopan blok lokasyonu ve bloğun izlediği yol (a), blokların düştüğü lokasyon (b)	42
Şekil 6.3.1.5.	Kesit lokasyonu	43
Şekil 6.3.1.6.	Kalibrasyon amaçlı kullanılan düşmüş blok	43
Şekil 6.3.1.7.	Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) blokların izlediği yol.....	44
Şekil 6.3.1.8.	Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) ilerleme mesafeleri.....	44
Şekil 6.3.1.9.	Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) sıçrama yükseklikleri.....	44
Şekil 6.3.1.10.	Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) toplam kinetik enerji.....	45
Şekil 6.3.1.11.	Sümela Manastırı avlusunda meydana gelen kaya düşme alanı	46
Şekil 6.3.1.12.	...	46
Şekil 6.3.1.13.	Kesit lokasyonu	46
Şekil 6.3.1.14.	Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) izlenen yol....	46
Şekil 6.3.2.1.1.	Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) ilerleme mesafeleri.....	47
Şekil 6.3.2.1.2.	Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) sıçrama yükseklikleri.....	49
Şekil 6.3.2.1.3.	Kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası toplam kinetik enerji	50
Şekil 6.3.2.1.4.	Modellemelerin gerçekleştiği kesit hatları (a,b,c).....	51
Şekil 6.3.2.1.5.	Çalışma alanından Profil 1'e ait fotoğraflar	52
Şekil 6.3.2.1.6.	(a,b).....	53
Şekil 6.3.2.1.7.	Profil 1 için gerçekleştirilen kaya düşmesi analizi.....	53
Şekil 6.3.2.1.8.	1 numaralı simülasyona ait 2B kaya düşmesi analiz sonuçları, hız (a), ilerleme mesafesi (b), kinetik enerji (c) ve sıçrama yükseklikleri (d)	55
Şekil 6.3.2.1.9.	Çalışma alanından Profil 2'ye ait fotoğraflar (a,b)	55
Şekil 6.3.2.1.10.	Profil 2 için gerçekleştirilen kaya düşmesi analizi	56
Şekil 6.3.2.1.11.	1 numaralı simülasyona ait 2B kaya düşmesi analiz sonuçları, hız (a), ilerleme mesafesi (b), kinetik enerji (c) ve sıçrama yükseklikleri (d)	57
Şekil 6.3.2.1.12.	Çalışma alanından Profil 3'e ait görüntü (a,b).....	58
Şekil 6.3.2.1.13.	Profil 3 için gerçekleştirilen kaya düşmesi analizi	58
Şekil 6.3.2.1.14.	1 numaralı simülasyona ait 2B kaya düşmesi analiz sonuçları, hız (a), ilerleme mesafesi (b), kinetik enerji (c) ve sıçrama yükseklikleri (d).....	60
Şekil 6.3.2.1.15.	Çalışma alanından Profil 4'e ait görüntü.....	61
Şekil 6.3.2.1.16.	Profil 3 için gerçekleştirilen kaya düşmesi analizi	61
Şekil 6.3.2.1.17.	1 numaralı simülasyona ait 2B kaya düşmesi analiz sonuçları, hız (a), ilerleme mesafesi (b), kinetik enerji (c) ve sıçrama yükseklikleri (d)	62
Şekil 6.3.2.2.1.1.	Profil 1 için gerçekleştirilen analizlerde kullanılan farklı şekillerde bloklara (Elips (a), Üçgen (b), Dikdörtgen (c)) ait blokların izledikleri yol	62
Şekil 6.3.2.2.2.1.	62
Şekil 6.3.2.2.2.2.	Profil 1 için farklı şekillerdeki bloklara ait analiz sonuçları hız (a), toplam kinetik enerji (b), ilerleme mesafesi (c) ve sıçrama yüksekliği (d).....	64
Şekil 6.3.2.2.2.2.1.	Profil 4 için gerçekleştirilen analizlerde kullanılan farklı şekillerde bloklara (Elips (a), Üçgen (b), Dikdörtgen (c)) ait	65
Şekil 6.3.2.2.2.2.2.	66
	67

Şekil 6.3.2.2.2.3	blokların izledikleri	67
Şekil 6.3.2.2.3.1.	yol.....	68
Şekil 6.3.2.3.1	Profil 4 için farklı şekillerdeki bloklara ait analiz sonuçları hız	70
Şekil 6.3.2.3.2.	(a), toplam kinetik enerji (b), ilerleme mesafesi (c) ve sıçrama	70
Şekil 6.3.2.3.3.	yüksekliği (d).....	
	Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli.....	72
Şekil 6.3.2.3.4.	Çalışma alanına ait jeomorfoloji haritası.....	73
Şekil 6.3.2.3.5	Arazi kullanım haritası	74
Şekil 6.3.2.3.6.	<i>Unique condition</i> haritası.....	74
Şekil 7.1.	Kaya düşmesi kaynak alanı.....	75
Şekil 7.2.	Kaya düşmelerinin izleyeceği yol.....	76
Şekil 7.3	Kiremitler üzerine düşen blokların meydana getirdiği hasar.....	
	Kaya düşmelerine ait en düşük (a), ortalama (b), en yüksek (c)	76
Şekil 7.4.	toplam kinetik enerjiler.....	77
Şekil 7.5.	Kaya düşmelerine ait en düşük (a), ortalama (b), en yüksek (c)	
	hızlar.....	77
Şekil 7.6.	Kaya düşmelerine ait sıçrama yükseklikleri.....	78
Şekil 7.7.	Sıçrama yüksekliklerinin en fazla görüldüğü alanlar.....	79
Şekil 8.1.	Tehlike ve olası kayıpların bileşkesi olarak risk.....	
	Manastır binaları çatılarında meydana gelen hasarlar (Kuzey	81
	Endüstriyel Dağcılık tarafından proje ekibine sağlanmıştır).....	
	Bilet gişesi binasının çatısında kaya düşmesi nedeni ile	
	meydana gelen hasarlar.....	
	Avluda düşen kaya blokları.....	
	Avluda etrarındaki merdiven ve duvar üstlerinde 2014 ve 2015	
	yıllarındaki kaya düşmesi nedeni ile oluşan hasarlar.....	
	Patika yolda bulunan düşmüş kaya blokları.....	
	Ziyaretçi yoğunluğu.....	
	Ziyaretçilerin kaya düşmelerine karşı uyarılması ve baret temin	
	edilmesi.....	

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 6.1.1.	Süreksizliklere ait eğim ve eğim yönü değerleri..... 24
Çizelge 6.1.2.	2 ana süreksizlik setlerine ait istatistiksel değerlendirme..... 25
Çizelge 6.1.3.	Süreksizliklere ait değerlendirme 27
Çizelge 6.1.4.	TOPCON GLS-1000 lazer tarayıcıya ait teknik özellikler..... 30
Çizelge 6.2.1.	Tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları 36
Çizelge 6.2.2. 36
Çizelge 6.2.3.	Brazilian çekilme dayanımı deney sonuçları..... 37
Çizelge 6.2.4.	Üç Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi..... 37
Çizelge 6.3.1.1	Sümela Manastırı şevleri için uygulanmış RMR sınıflaması ... 43
Çizelge 6.3.1.2.	Düşmüş bloğa ait 45
Çizelge 6.3.1.3.	parametreler..... 47
Çizelge 6.3.1.4.	Düşmüş bloğa ait parametreler..... 47
Çizelge 6.3.2.1.1.	Geriye dönük analizlerde belirlenmiş sönümlenme 50
Çizelge 6.3.2.1.2.	katsayıları.. 60
Çizelge 6.3.2.1.3.	Geriye dönük analizlerde belirlenmiş sürtünme 64
Çizelge 6.3.2.2.4.1.	katsayısı..... 69
	Profiller boyunca incelenen bloklara ait özellikler.....
	Analizlerde kullanılan parametreler.....
	Bloklara ait kinetik enerji ve hız ve sıçrama yüksekliği
	değerleri
	<i>Unique condition</i> haritasında yer alan birimler

EKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
EK-1 Sönümlenme Katsayıları.....	89
EK-2 Kaya Düşmesi Analiz Sonuçları	102
EK-3 HY-STONE Örnek Form.....	124
EK-4 Ziyaretçi Sayıları.....	126

1. GİRİŞ

Kaya düşmeleri büyük oranda yapısal hasara ve can kayıplarına neden olabilecek düzeyde potansiyele sahip doğal tehlikelerdir. Ülkemizde oldukça sık rastlanan kaya düşmeleri önemli kayıplara neden olabilmektedir. Bu çalışma kapsamında Trabzon İli Maçka İlçesi sınırları içerisinde yer alan Ortodoks Hıristiyanları için özel bir öneme sahip olan Sümela Manastırı ve yakın çevresinin kaya düşme tehlikesi ve riski değerlendirilmiştir. Sümela Manastırı her yıl yüzbinlerce turist tarafından ziyaret edilmekte olup, bu alan hem ziyarete gelen turistlerin kaya düşmelerinden korunması hem de kültür varlığının kaya düşmelerinden kaynakları hasarlardan korunması açısından önem taşımaktadır. UNESCO dünya mirasları listesinde yer alan Sümela manastırı, Trabzon ili, Maçka ilçesi sınırları içinde, Trabzon' a 47 km, Maçka (Cevizli) ilçesine 17 km mesafededir. Sümela Manastırı, Altındere köyü, Altındere (Değirmen Deresi) vadisine hakim Karadağ'ın eteklerinde sarp bir kayalık üzerinde, Altındere Milli Parkı'nın kuzeyinde yer almaktadır. Konum olarak Gümüşhane-Trabzon sınırına çok yakın, denizden 1150m. vadiden 300m. yükseklikte, Maçka'nın güneyinde (17 km), Meryemana (Panagia) deresinin batı kenarındadır. Manastır bölgede oldukça yüksek bir eğime sahip yamaç üzerinde kurulmuştur.

Kaya düşmelerinin oluşması iklim, litoloji, malzemenin bozunma özellikleri, topoğrafya faktörlerine bağlı olup, Sümela Manastırı ve yakın çevresinde gerçekleştirilen çalışma ile bölgedeki kaya düşmelerinin mekanizmaları ortaya konulmuş, kaya düşmesi kaynak alanları tespit edilmiş, yayılma, ilerleme mesafeleri ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma ile modelleme aşamasında iki farklı kaya düşme programı olan Rocfall ve HY-STONE kullanılmıştır. Literatür bölümünde ayrıntılı bir şekilde verildiği üzere kaya düşmelerinin modellenmesine yönelik çalışmalarda Rocfall yazılımı daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak Rocfall iki boyutlu bir modelleme yazılımı ve HY-STONE ise üç boyutlu modellemeye imkan vermektedir. Literatür incelendiğinde farklı kaya düşmesi modellerinin kullanıldığı ve karşılaştırıldığı sadece bir çalışma yer almaktadır. Ülkemizde kaya düşmeleri ile ilgili yapılan literatür değerlendirildiğinde sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılmıştır. Yapılan bazı çalışmalarda çalışma alanı kültür varlıkları kapsamında yer alıyor olsa da; kültür varlıklarının korunmasına yönelik bir değerlendirme bulunmamaktadır. Ancak ülkemiz tarihi ve kültürel miraslar açısından zengin bir ülke olup, doğal tehlikelere maruz kalan bu yapıların özel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda kaya düşmesi analizleri ile belirlenen tehlikenin, gerçekleştiği takdirde meydana getireceği kayıpların da belirlenerek kaya düşmesinden kaynaklı risklerin tayini kritik öneme sahiptir. Sümela Manastırı gibi önemli bir kültür mirasının korunmasında kaya düşmesinden kaynaklı risklerin tayini ve yönetimi kritik bir rol arz etmektedir.

Ülkemiz için önemli bir tarihi ve kültürel değere sahip ve UNESCO kültür mirasları listesinde yer alan, Sümela manastırı yüzbinlerce yerli ve yabancı turist tarafından ziyaret edilmektedir. Ziyaretçiler Sümela Manastırı ve civarındaki kaya düşmelerinden dolayı can ve mal kaybı riskine maruz kalmaktadırlar. Ayrıca bu alanda görev yapan memurlar da alanda geçirdikleri süre göz önüne alındığından daha yüksek bir riske maruzdurlar. Öte yandan manastır ve civarındaki kültür mirası yapılar ise kaya düşmesi nedeni ile ciddi hasar görme riskine sahiptirler. Ülkemizdeki farklı kültür varlıkları benzer riskleri bünyesinde barındırmaktadır ve bu tür alanlar için yapılacak analizler ve mühendislik önlemleri için rehber çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmanın ana amacına ulaşmak için gerçekleştirilecek alt amaçlar şunlardır:

1. Sümela manastırı ve bölgeyi ziyarete gelen ziyaretçiler, alanda çalışan görevliler ile yakın çevresindeki yapıları tehdit eden kaya düşmesi kaynak alanlarının tespit edilmesi
2. Kaya düşmelerine neden olan kaya kütlelerine ait süreksizlik değerlendirmelerinin gerçekleştirilmesi
3. Kaya düşmelerinin 2B ve 3B simülasyon (Rocfall ve HY-STONE) teknikleriyle modellemelerinin gerçekleştirilmesi ve bu modellerinin birbiri ile karşılaştırılması
4. Modellemeler ile kaya düşmelerinin yayılma ve ilerleme mesafelerinin belirlenerek risk altındaki elemanların tespit edilmesi
5. Risk yönetimi için uygun çözümlerin geliştirilmesi

2. KÜLTÜREL MİRAS OLARAK SÜMELA MANASTIRI

Çok katmanlı Sümela Manastırı'nın tarihi Finlay (1851), Tozer (1881), Eyice (1966), Tüfek (1978), (1983), Savvides (1981), Haruboğlu (1983), Bryer ve Winfield (1985) , Eyice (1997), Kayaoğlu (1997), Usta (1999), Bryer (2002) ve Fallmerayer (2011) kaynakları incelenerek şu şekilde özetlenebilir: Manastır'ın tarihi kimilerince IV. Yüzyıla, kimilerince VI. yüzyıla dayanmaktadır. Efsaneye göre Theodosius devrinde kurulmuş ve 6. yüzyılda, Justinianus Devrinde, kumandan Belisarius tarafından yeniden yaptırılmıştır. Manastıra adını veren ve İsanın havarilerinden olan Lukas tarafından yapıldığına inanılan ve Atina'da bulunan Madonna resminin IV. yüzyılda buradan ayrılmak istediği ve melekler tarafından uçurularak Trabzon dağlarındaki bu kovuğa getirilip bırakıldığı söylenir. Bu tarihlerde Atina'dan Trabzon'a gelen Barnabas ve Sophronius adlı iki keşiş resmi burada bulmuşlardır. Sümela Manastırının adı tarihte Kommenoslar Devrinde ortaya çıkmaktadır. Benzer manastırlardan giderek manastırın nüvesini oluşturan kovuğun tarihin karanlık çağlarından itibaren kült yeri olması da olasıdır.

Manastırın tarihi ancak 11-12.yy'dan itibaren izlenebilmektedir. Bu tarihlerde Trabzon Kommenos Prensiği, Trabzon ve çevresine hakim durumdadır. Devlet olarak kendi politikaları olan, komşu Türk Beylikleri ile iyi geçinen ve kendilerini İmparator sayan Trabzon Kommenos'larından III. Alexios (1340-1390) bu manastırın esas kurucusu sayılabilir. Kaynaklar Alexios'un bu manastıra özel ilgi gösterdiği, büyük dede, dede ve babasının da bu kiliseye bağışlarda bulduklarını kaydettiğine göre, bu dini merkezin dedesi II. Ioannes (1280-12859) zamanından beri mevcut olması gerekir. 1650 yılına kadar manastırın kapısının üstünde yer alan 1360 tarihli kitabede III. Alexios bu tesisin kurucusu ve Doğu ve Batının hakimi, imparator olarak kaydedilmişti. III. Alexios burasını yeni bir tesis olarak inşa ettirmiş, zengin vakıflar bağışlamış, bir fermanla (khrysobullos) da vakıfları sağlam esaslara bağlamıştır. 1365 tarihli vakfiye manastırın yönetim şartlarının yanısıra arazi ve gelirlerini düzene koymuştur. Vakfiyenin kaydettiği koşullar arasında Trabzon'a gelecek bir tehlikeyi, Türk akınlarını, önlemek üzere keşişlerin daima uyanık olmaları da kaydedilmiştir.

Kommenos'ların Sümela'ya olan ilgisi yeni ferman ve vakıflarla devam etmiştir. Trabzon ve havalisi 1461'de Osmanlılar tarafından alındıktan sonra diğer bütün manastırlarda olduğu gibi bunun da eski hak ve hukukunu dikkatle korumuş, hatta imtiyazlar vermiş ve hediyeler yollamışlardır. Sultan II. Mehmet, II. Beyazıd, I. Selim, II. Selim, III. Murad, İbrahim, IV. Mehmed, II. Süleyman, Mustafa ve III. Ahmed tarafından verilmiş fermanlar bulunmaktadır.

XVIII. yüzyılın ikinci yarısından itibaren manastır ile Eflak voyvodalarının ilgilendiği bilinmektedir. Manastır onların himayesinde gelişmiş ve birçok kısımları yeniden yapılmıştır. 1749'da

Başpiskopos Ignatios duvarların hepsini yeniden freskolarla bezetmiştir.

Manastırdaki yapıların çoğalmas ve bezenmesi Anadolu'nun bütün Rum-Ortodoks topluluklarının görülmemiş bir zenginlik ve heyecan içinde teşkilatlandıkları, kilise ve manastırlara her taraftan akan paralarla inşa ettikleri XIX.yüzyıla rastlar.

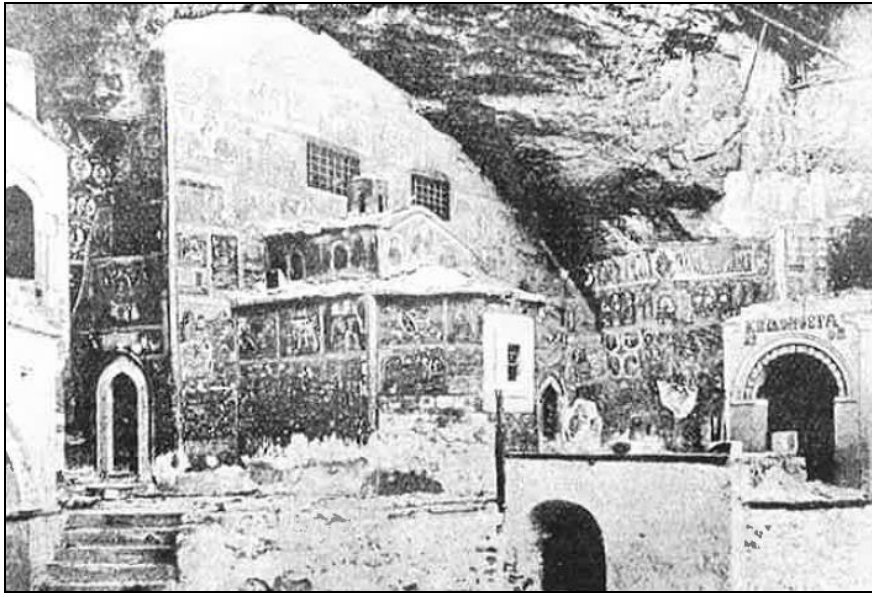
18 Nisan 1916 -24 Şubat 1918 Trabzon'un Rus işgali sırasında Rusların bu manastırla yakından ilgilendikleri bilinmektedir. Manastır 1923'te Rumlar Yunanistan'a yollanınca boşaltılmış, Verria'da (Kara Ferye) aynı adla yeni bir manastır kurulmuştur. Bu tarihten sonra Manastır tütün kaçakçılarının barınağı haline gelmiş, 1930 yılında çok ciddi bir yangın geçirmiştir. Sahipsiz ve kontrolsüz kalınca hızla harap olmaya başlamış, definecilerin tahribatı sonucu bazı kısımları yıkılmıştır. 1960'larda gezilebilmesine karşın ancak 1973 yılında müze haline gelmiştir. Müze açılmadan önce 1970'lerde kısmi bazı restorasyonlar yapıldığı bilinmektedir.

1991- 2007 arasında, hazırlanan bir restorasyon projesine göre uygulama başlamış, bazı yapılarda tamamlamaya gidilmiş, yapıların ortasındaki zemin şekillendirilmiş ve beton teraslar haline getirilmiştir. Farklı sebeplerden kaynaklanan proje ve uygulama hataları ortaya çıkınca 1999'da bir bilirkişi kurulu tarafından sorunlar saptanmış ve sonrasında yeni projeler geliştirilmiştir. Büyük bütçeli bir restorasyon uygulamasının yakın tarihlerde başlayacağı ve hatta 2015 içinde bitirileceği medyada paylaşılmaktadır. Bunların arasında kayaların çelik hasırla örtüleceği bir proje de bulunmaktadır. Bu projenin ihalesinin Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Trabzon Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü tarafından yapılarak Mayıs 2015 içinde uygulanmaya başlandığı bilgisi proje ekibince saha çalışmaları sırasında öğrenilmiştir.

Yapıların duvarları, içine yerleştiği andezit kayanın kendinden hazırlanan moloz taşlar ile sırasız veya devamsız sıralı olarak örülmüştür. Kapı ve pencere sövelerinin yanısıra bazı mekanlardaki atkı kemerlerinde kesme taş kullanılmıştır. Bu taşlar daha açık renkli olup daha yumuşak ve kolay işlenir niteliktedir. Bu kısımların restorasyonunda da, yakın çevrede bulunmayan, Bayburt ve Ankara'dan getirilen açık renkli ve daha kolay işlenen kesme taşlar kullanılmıştır.

Başlangıcı tarihi kanıtlara dayanmasa da VI. yüzyıldan itibaren büyüyerek günümüze ulaşan manastırdaki yapıların kendi içlerinde gözlemlenen malzeme kullanımı, öğelerin tasarımı ve tamirlerden giderek birçok yapının birçok kez tamir gördüğü izlenebilmektedir. Genelde daha erken yapıldığı anlaşılan yapı veya parçalarında moloztaş duvarların üzerinde örtünün düz veya atkı kemerli beşik tonoz olmasına karşın, aynı yapının üst kısımlarındaki örtünün ahşap kirişleme olarak yenilendiği izlenmektedir. Bu da yangın riskini arttırmıştır.

Yayınlanan kaynaklarda en çok kaydedilen doğal afet yangındır. Bunun kaynağı keşişlerin manastırı ziyaret eden kişilere verdikleri bilgilerdir. İki kaynakta, kütüphanedeki yazma, kitap ve belgelerin yangında kaybedildiği kaydı bulunmaktadır. J.Ch Fallmerayer (Usta,1999) 1840'ta kendisine yetmiş sene önce yani 1870'de yangın olduğu ve bazı kitapların yandığı söylendiğini yazmaktadır. D.T. Rice'ın 1929'da çektiği fotoğrafta (Bryer ve Winfield, 1985, 209 no.lu fotoğraf) (Şekil 2.1) mağara kilise ve şapelinin cephesindeki dıştaki fresklerin normal patinalı olduğu ama A. Albek'in 1956 tarihli resimlerinde (Eyice,1997) (Şekil 2.2) bu cephenin tamamen isle kaplı olduğu görülmektedir. Bryer ve Winfield (1985) bu tarihten hemen sonra bir yangın olduğunu bildirmektedir (Bryer ve Winfield, 281). Bu herhalde manastırın geçirdiği son yangındır. Özellikle ahşabın daha fazla kullanıldığı kısımlarda yangın sayısının ve tahribatının daha fazla olması olağandır. VI. yüzyıldan itibaren büyüyerek günümüze ulaşan manastırdaki yapıların kendi içlerinde gözlemlenen malzeme kullanımı, öğelerin tasarımı ve tamirlerden giderek birçok yapının birçok kez tamir gördüğü izlenebilmektedir (Şekil 2.3 ve 2.4).



Şekil 2.1. Kilisenin önündeki şapelin dış duvarı, (Bryer ve Winfield (1985)'nin Rice (1929)'dan aldığı fotoğraf)



Şekil 2.2. Kilisenin önündeki şapelin dış duvarı, (Eyice 1987'nin, A. Albek (1956)'ten aldığı fotoğraf)



Şekil 2.3. Mağara kilisenin etrafındaki yapılaşma ve onarımlar, (Yavuz (2007)'den alınmıştır)



Şekil 2.4. Katmanlaşma ve restorasyonlar

İncelenen çok sayıda kaynakta kaya düşmesine ilişkin hiç bir kayıt bulunmamıştır. Hatta manastırı 1839 yılında gören Tozer (Tozer 1841) manastırın içinin çok girift bir şekilde yapılarla dolu olduğunu ve ana kayadan hiç taş düşmesi olmadığı özellikle kaydetmekle birlikte bu bilginin kendisine keşişler tarafından mı verildiğini yoksa orada bulunduğu iki günde yaptığı gözleme dayanarak mı yazdığını saptamak olası değildir.

Proje araştırmacısı Aysel Yavuz'un 2007 yılında yaptığı inceleme sırasında yemekhane olabilecek yapının duvarının yanında biriktirilmiş çok sayıda düşmüş kaya bloklar bulunmaktadır (Şekil 2.5). Bunların boyutları 30-90 cm. arasında değişmektedir. Bu projenin araştırma ekibinin 2014'te kaydettiği kayalar da yerlerinden kaldırılıp bir yerde toplandığı için, taşların nereye düştüğü, koptukları yerleri saptama şansı vermemiştir.



Şekil 2.5. Yemekhane olabilecek yapının duvarı önündeki düşmüş taşlar, (Yavuz (2007)'den alınmıştır).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde kaya düşmelerinin modellenmesi ile ilgili çalışmalar yer almaktadır. Guzzetti et al. (2002) çalışmalarında kaya düşme tehlikesinin değerlendirilmesi için 3 boyutlu bir benzeştirme yazılımı olan STONE' u geliştirmişlerdir. Bu yazılım ile kaya düşmelerinin modellenmesinin diğer programlarla karşılaştırıldığında daha gerçekçi sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Agliardi and Crosta (2003) merkez Alpler'de yüksek çözünürlüklü 3 boyutlu kaya düşmesi modellemesi yaptıkları çalışmalarında risk altındaki elemanlar değerlendirilmiş, kaya düşmelerinden korunma ve önlemler üzerinde durulmuştur. Ulusay et al. (2006) Kayakapı, Ürgüp' te gerçekleştirdikleri çalışmalarında kaya düşmelerini Rocfall yazılımını kullanarak modellemişlerdir. Topal et al. (2007) Afyon kalesi ve civarında meydana gelen kaya düşmesi tehlikesini değerlendirdikleri çalışmalarında iki boyutlu kaya düşmesi analizleri gerçekleştirmişlerdir. Bu analizler ile elde edilen sonuçlar kaya düşmesi riski altında bulunan alanlara uygulanmış ve Afyon kalesi ve çevresinde mümkün olabilecek iyileştirme çalışmaları değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur. Frattini et al. (2008) kaya düşmesi duraylılığının değerlendirilmesi için istatistiksel ve fiziksel tabanlı bir yaklaşım önermişlerdir. HY-STONE kaya düşmesi programı ile kaya düşmelerinin ilerleme mesafeleri ile ilgili üç boyutlu modeller oluşturmuşlar ve bu modelleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Agliardi et al. (2009) Varenna/İtalya'da meydana gelen kaya düşmeleri için risk değerlendirmesi yaptıkları çalışmalarında üç boyutlu modelleme programı olan HY-STONE'u kullanmışlardır. Çalışma kapsamında risk altındaki elemanlar belirlenmiş, çalışma ile farklı kaya düşmelerinden koruma senaryoları için farklı önlemler değerlendirilmiştir. Tunusluoglu and Zorlu (2009) yapmış oldukları çalışma ile Kapadokya bölgesinde yer alan önemli kültürel miraslardan olan Ortahisar Kalesi'nin tehlike potansiyelini değerlendirmeyi, bölgede meydana gelen kaya düşmelerini analiz etmeyi ve sonuçlarını tartışmayı amaçlamışlardır. Arazi çalışmaları esnasında düşen blokların ve düşme potansiyeline sahip blokların lokasyonları ve boyutları belirlenmiştir. Analiz aşamasında 9 adet askıda bulunan blok Rocfall V.4 yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar kullanılarak Ortahisar kalesi ve yakın çevresinde kaya düşmesi tehdidi altında bulunan alanlar için blokların ilerleme mesafelerini, sıçrama yüksekliklerini, kinetik enerjilerini ve hızlarını gösteren bir zonlama haritası oluşturulmuş ve 30 ev ve 150 kişinin kaya düşmesi tehdidi altında olduğu belirlenmiştir. Bagde et al. (2010) UNESCO dünya mirasları listesinde yer alan Ajanta, Hindistan mağaralarında meydana gelen kaya düşmeleri ile ilgili olarak blokların duraylılığının ve bunun yanında bölgeyi ziyarete gelen turistlerin güvenliğinin sağlanması için gerçekleştirdikleri çalışmalarında tarihi ve kültürel alanların korunmasına yönelik uygun koruma yöntemleri tartışılmıştır. Bu yöntemler tartışılırken yapıların doğal görüntüsünü kaybetmemesi açısından minimum müdahale ile maksimum korumanın gerçekleştirilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Süreksizliklere ait

değerlendirmeler gerçekleştirilmiş, düşen ve askıda olan blokların geometresi belirlenmiştir. Binal and Ercanoglu (2010) Kula, Manisa jeopark alanındaki kaya düşmesi potansiyelini değerlendirdikleri çalışmalarında öncelikle arazi çalışmaları ile düşen blokların boyutlarını belirlemişler, hat etütleri ve örnekleme çalışmaları yapmışlardır. Araştırmacılar kaya düşmesi analizleri kapsamında iki boyutlu kaya düşmesi analizi yapan Rocfall V.4.0 programını kullanmışlardır. Bu program yardımıyla düşen bloklara ait ilerleme mesafeleri, kinetik enerji değerleri, blok hızları belirlenmiştir. Ayrıca yine çalışmada potansiyel kaya düşme alanlarının dağılımının belirlenmesi ve kabaca kaya düşmelerine eğilimli alanların tahmin edilmesinde CONEfall yazılımı kullanılmıştır. Çalışma sonunda bölgenin kaya düşmelerinden korunması için bariyer tasarımı önerilmiştir. Sadagah (2010) Saudi Arabistan'da kaya düşmelerini değerlendirdikleri çalışmalarında Rocfall yazılımını kullanmışlardır. Kaya düşmelerine ait ilerleme mesafesi, blokların enerjisi, sıçrama yüksekliği gibi veriler elde edilmiş ve bölge için kaya düşmelerinden korunmaya yönelik güvenli tasarımlar değerlendirilmiştir. Duzgun et al. (2011) Amasya'daki Harşena Dağı'nın kaya düşmesi ve kaya şevi kayması probleminin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında, kaya şevi kaymalarının güvenilirlik indeksini, olasılık ve nümerik analiz metodlarına dayalı yöntemlerle tahmin etmişler, ortaya çıkabilecek kayıpların belirlenmesine dayalı risk analizi gerçekleştirmişler ve alternatif mühendislik çözümleri önermişlerdir. Sümela manastırı ve yakın çevresi ile ilgili yapılmış tek uluslararası çalışma Gelişli et al. (2011) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmada 2001 yılında Sümela manastırı şevlerinde meydana gelen kaya düşmelerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada kaya düşmeleri genel bir terim olarak ifade edilmiş olup, bu terim kaya düşmelerini, kaya kaymalarını, moloz kaymalarını, moloz akmalarını ve kaya çığlarını içermektedir. Bu amaçla kaya şev duraylılığının belirlenmesi amacıyla şevin kaya kütle özelliklerinin tanımlanmasına yönelik kaya kütle kalitesi (Q), kaya kalite göstergesi (RQD) ve kaya kütlesi sınıflama sistemi (RMR) uygulanmıştır. Bu değerlendirmelere göre manastır şevi aşırı zayıf-çok zayıf kaya sınıfında çıkmış olup; bu durum araştırmacılar tarafından duraysız jeoteknik durumları ve manastır şevinde yüksek oranda kaya düşmelerini belirtmektedir. Gelişli et al. (2011) çalışma alanında şev eğiminin çok yüksek olduğunu ve zor çalışma koşulları bulunduğunu ifade etmişler ve sonuç olarak; bölgede bazı tehlike yaratan ve şevde birikmiş olan blokların kaldırılmasını, binaların korunması için sağlam kaya üzerine istinat duvarı yapılmasını ve çok eklemlili kaya kütlelerinin bulunduğu alanlarda ise çimento ile güçlendirme yapılmasını önermişlerdir. Bilgin et al. (2012) Mardin Kalesi ve yakın çevresinde meydana gelen kaya düşmelerinin önlenmesine yönelik arazi ve laboratuvar çalışmalarını, kaya düşmelerinin ilerleme mesafelerini, blokların enerjilerinin belirlendiği modelleme aşamasını ve bölgede kaya düşmelerinden korunmak için çözüm önerilerini içeren bir rapor hazırlamışlardır. Topal et al. (2012) yapmış oldukları çalışma ile Kastamonu kalesinde meydana gelen kaya düşmelerini

değerlendirmişlerdir. Bu amaçla 2-D kaya düşmesi analizleri gerçekleştirilmiş olup; Rocfall V.4.0 yazılımı kullanılmıştır. Düşme mesafesi, sıçrama yüksekliği, kinetik enerji ve kaya düşmelerinin gerçekleştiği kumtaşlarının hızı ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen veriler olası kaya düşmesi tehlike zonunun belirlenmesinde kullanılmıştır. Sonuç olarak potansiyel kaya düşmesi riski altındaki alanlar belirlenmiş ve bölgenin kaya düşmelerinden korunmasına yönelik çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Wang et al. (2012) Çin Shijing dağlarında budistler için önemli bir yere sahip UNESCO dünya mirasları içinde yer alan Sutra mağaralarının kaya düşmesi tehlikesini değerlendirdikleri çalışmalarında kaya yüzeyinin profilinin belirlenmesi için lazer taraması yapmışlardır. Bu profil kaya düşmesi modellemelerinde kullanılmıştır. Kaya düşmesi modellemelerinde iki boyutlu simülasyon yazılımı olan Rocfall V.4.0 kullanılmıştır. Sonuç olarak kaya düşmesi tehlikesini azaltmak amacıyla kaya saptaması, enerjiyi absorbe edecek yumuşak zemin ve esnek bariyer önerilerinde bulunulmuştur. Yesiloglu-Gultekin et al. (2012) Egirdir yerleşim merkezi ve yakın çevresinin potansiyel tehlikelerinin değerlendirilmesi ve haritalanması üzerine gerçekleştirdikleri çalışmalarında arazi çalışmaları ile moloz birikimleri, moloz akmaları, aktif, potansiyel ve paleo heyelan alanları, kaya düşmesi kaynak alanları, sığ heyelan alanları haritalanmıştır. Kaya düşmeleri için Rocfall v.4.0 yazılımı kullanılarak kaya düşmelerinin ilerleme mesafeleri belirlenmiş ve buna göre potansiyel kaya düşmesi alanları oluşturulmuştur. Keskin (2013) Boğaziçi Erzican' da gerçekleştirdikleri çalışmalarında bölgenin kaya düşmesi durumunu değerlendirmişlerdir. Çalışmada düşen blokların boyutlarının belirlenmesi için hat etütleri yapılmış, düşen blokların boyutları hesaplanmıştır. Kaya düşmesi analizlerinin gerçekleştirilmesi için Rocfall V.4.0 programı kullanılmıştır. Her bir kaya düşmesi hattı için düşen bloklara ait ilerleme mesafesi, kinetik enerji, blok hızı, sıçrama yüksekliği belirlenmiş ve elde edilen veriler kaya düşmesi dağılım haritasının oluşturulmasında ve yerleşim alanının risk açısından değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

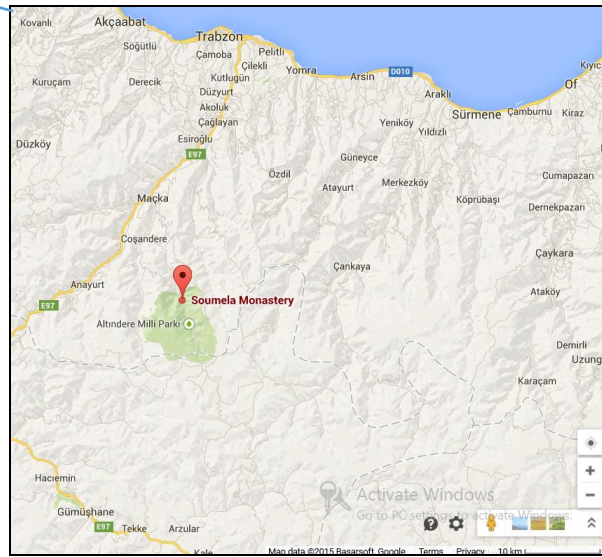
Uluslararası literatür incelendiğinde 2 boyutlu ve 3 boyutlu kaya düşmesi simülasyon programlarını birlikte kullanan ve karşılaştıran tek bir çalışma mevcut olup, Tagliavini et al. (2009) tarafından gerçekleştirilmiştir. Tagliavini et al. (2009) yapmış oldukları çalışma ile kaya düşmesi analizlerinde yaygın olarak kullanılan iki boyutlu simülasyon yazılımı olan Rocfall'u ve üç boyutlu simülasyon programı STONE 'u Monte Salta kaya düşmeleri için karşılaştırmışlardır. Maksimum ilerleme mesafeleri ve düşey mesafe dikkate alınarak gerçekleştirilen karşılaştırmada STONE ile gerçekleştirilen analiz sonuçlarının daha uzun kaya düşmesi güzergahı verdiği böylece daha tutucu olduğu ve bunun yanında kaya düşmelerinden etkilenebilecek daha geniş bir alanın tanımlanmasına imkan verdiği ifade edilmiştir. STONE 'nun 3 boyutlu yapısının bir şey boyunca düşen blokların izlediği yolu iyi tanımlamasından dolayı çok başarılı olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar eğer kaya düşme problemi basit ve iyi belirlenmiş bunun yanında iyi bir sayısal

arazi modeli yok ise Rocfall programının; çok geniş, morfolojinin karmaşık olduğu, birden fazla kaya düşmesi kaynak alanının bulunduğu durumlarda ise STONE' un daha başarılı sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Çalışma kapsamında Rocfall ve STONE simülasyon programlarının Sümela manastırı ve yakın çevresini etkileyen kaya düşmelerine uygulanması planlanmaktadır. Böylece gerek ulusal ve gerekse uluslararası literatüre katkı sağlanacaktır. Önerilen çalışma için yapılması planlanan, ülkemizde çok yaygın olarak kullanılmayan ancak uluslararası literatürde yer alan yersel lazer taraması (TLS)'in uygulanması ile gerçekleştirilen çalışmalar mevcuttur. Çalışma kapsamında sayısal arazi modelinin oluşturulması ve süreksizliklere ait değerlendirmelerin yapılmasında kullanılacak yersel lazer taraması için literatürde çalışmalar mevcut olup; farklı disiplinlerce özellikle kültürel mirasların korunmasında uygulanmaktadır. Bauer et al. (2005) Avusturya Alplerinde yersel lazer taramasını uyguladıkları çalışmalarında elde edilen fotoğraflarla kaya düşmelerini değerlendirmişlerdir. Sonraki çalışmalarda elde edilen verilerin risk değerlendirmesinde kullanılabileceği ifade edilmiştir. Böylece kaya düşmesi ilerleme ve sıçrama mesafeleri, blokların kinetik enerjileri belirlenmiş ve kaya düşmelerinden bölgeyi korumak için bariyer çözümlenmesine gidilmiştir. Abellán et al. (2006) TLS i Vall de Núria de kaya düşmesi alanı için uygulamışlardır. Böylece alana ait sayısal arazi modeli ve eklem geometrileri ile ilgili veriler elde edilmiştir. Çalışma ile kaya düşmeleri ile ilgili envanter oluşturulacağı ve daha başarılı kaya düşmesi simülasyonlarının sağlanacağı ifade edilmiştir. Literatürde tarihi yapıların korunmasına yönelik çalışmalar kapsamında yapıların üç boyutlu modellerinin elde edilmesinde çok sayıda çalışma bulunmakta olup, Yastikli (2007) tarihi yapıların restore edilmesi ve onarılması aşamasında yapıların korunması için tercih edilen bir yöntem olduğunu ifade etmiştir. Yine aynı şekilde kültürel mirasların sayısallaştırılmasında Pavlidis et al. (2007) TLS yöntemini uygulamışlardır. Yine Santana et al. (2012) süreksizliklerin kaya düşmesi kaynak alanlarının belirlenmesinde ve dağılımında ve kopma hacminin belirlenmesinde TLS yöntemini kullanmışlardır. Monserrat and Crosetto (2008) yapmış oldukları çalışma ile TLS 'i bir yüzey boyunca meydana gelen deformasyonların belirlenmesinde kullanmışlardır. Pesci et al. (2012) İtalyan kültür mirasları içinde yer alan Palazzo d'Accursio (Bologna, Italy) için gerçekleştirdikleri çalışmalarında TLS kullanarak yüksek çözünürlüklü bir model geliştirmişler ve bu modeli yapının restorasyonunda kullanmışlardır.

4. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI

Trabzon ili Karadeniz Bölgesi'nin ikinci büyük şehri olup, Maçka en büyük ilçesidir. Maçka sınırları içinde yer alan Sümela Manastırı ülkemizin önemli turizm merkezlerinden biri durumundadır. Altındere Vadisine bakan Karadağ'ın yamacına kurulmuş, Altındere köyü sınırları içinde yer alan Sümela Manastırı vadiden yaklaşık 300 m yükseklikte bulunmaktadır . Efsaneye göre manastır Doğu Roma İmparatoru I. Theodosius (M.S. 375-395) döneminde Barnabas ve Sophnanius adı verilen iki keşiş tarafından inşa edilmiştir. Bölge doğal, tarihi ve kültürel güzellikleriyle yerli ve yabancı turistlerin önemli ziyaret yerlerindedir. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası Şekil 4.1'de verilmiştir. Sümela Manastırı ve içinde bulunduğu kaya şevi Şekil 4.2a ve Şekil 4.2b' de verilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası (Google Earth, 2015, Google Maps, 2015)

(a)



(b)



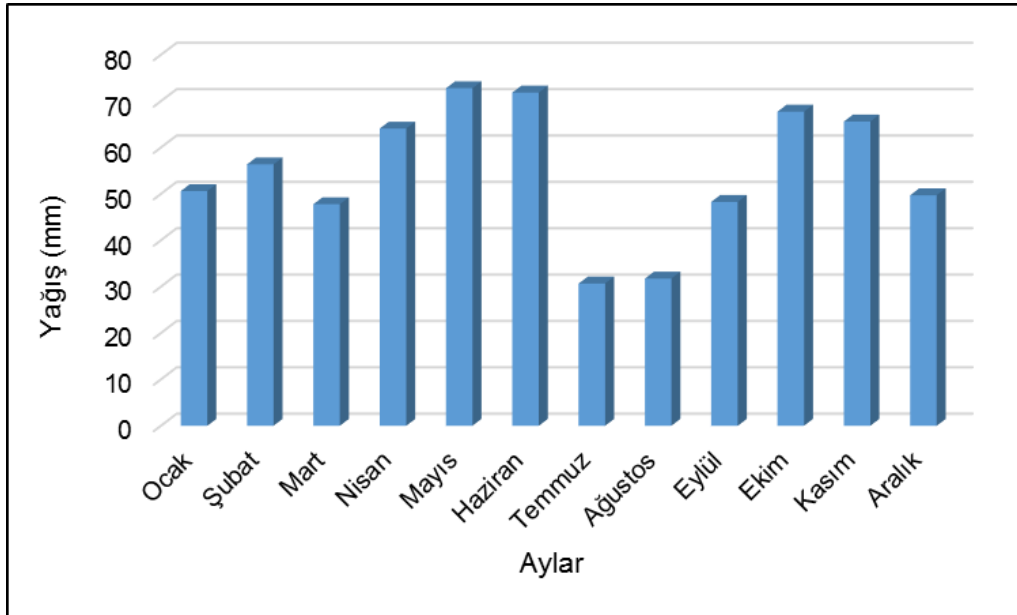
Şekil 4.2. Sümela Manastırı ve içinde bulunduğu kaya şevi (a,b)

Çalışma alanını içine alan Trabzon ili Deprem Araştırma Dairesi tarafından hazırlanan deprem bölgeleri haritasına göre 4. Derece Deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 4.3. Deprem Bölgeleri Haritası (AFAD, 2015)

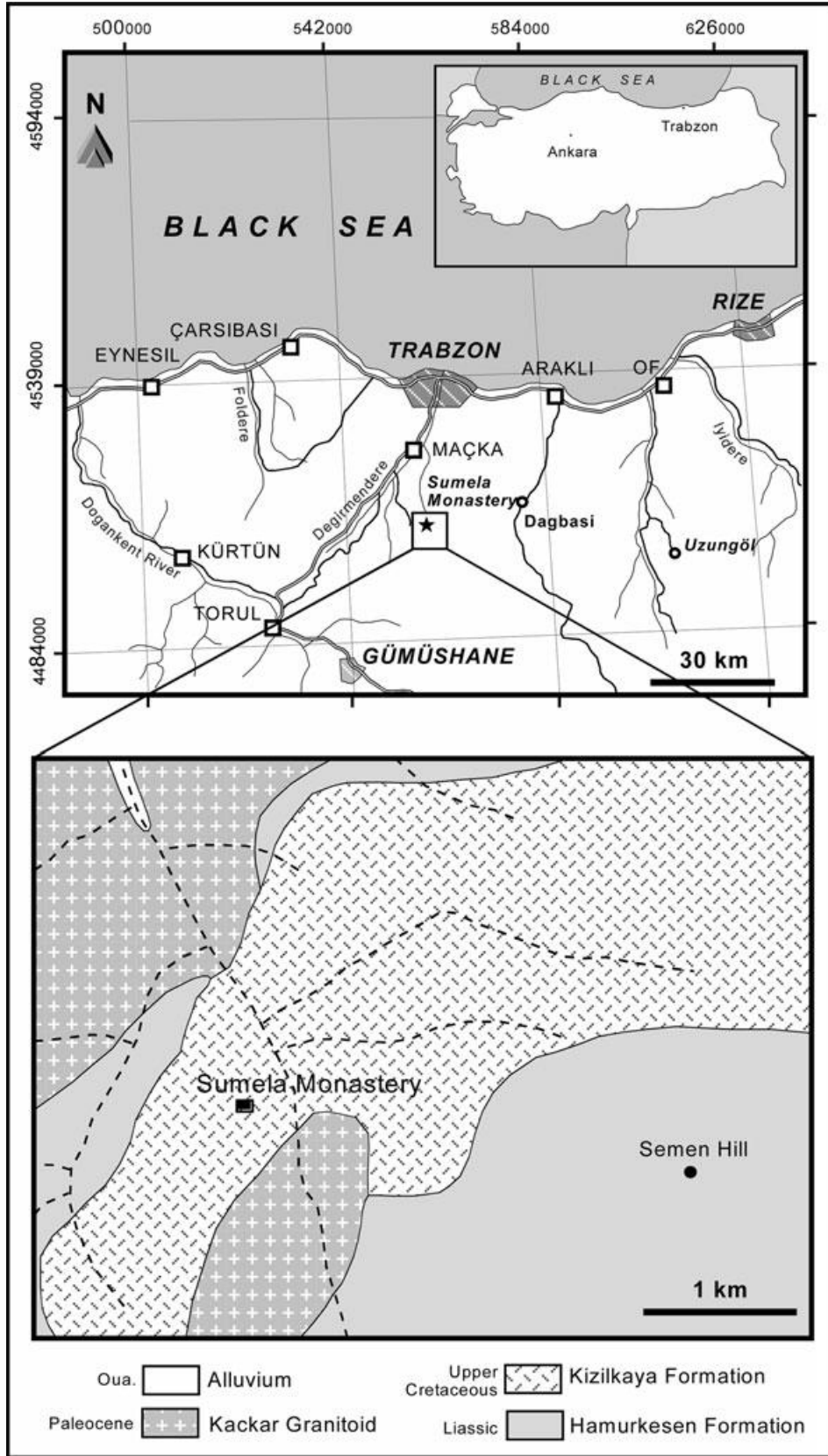
Çalışma kapsamında Sümela Manastırı ve yakın civarına ait yağış verileri değerlendirilmiştir. Bu amaçla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden çalışma alanına en yakın istasyon olan Maçka meteoroloji istasyonuna ait veriler değerlendirilmiştir. Şekil 4.4.'te Maçka istasyonuna ait 1975-1997 yılları aylık ortalama yağış değerleri yer almaktadır. Maçka meteoroloji istasyonu kaldırıldığı için en güncel veri 1997 yılına aittir.



Şekil 4.4. 1975-1997 yılları aylık ortalama yağış değerleri

5. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanı Doğu Pontit volkanik kuşağı içerisinde yer almaktadır. Doğu Pontitler yapısal ve litolojik farklılıklardan dolayı kuzey ve güney zon olarak ikiye ayrılmaktadır (Ketin 1966; Gedikoglu et al. 1979; Bektas, et al. 1999). Çalışma alanının kuzey zonu Geç Kretase ve Orta Eosen volkanitleri volkanoklastik kayalardan oluşmaktadır. Bununla birlikte güney zonda ise Orta Geç Kretase sedimanter kayaçları yer almaktadır. Sümela manastırının bulunduğu alanda yüzeylenen birim asidik karakterli lav ve piroklastlardan oluşan Kızılkaya Formasyonudur (Güven, 1998). Kızılkaya formasyonu riyodasitik, dasitik lavlar ve az oranda killi ve kumlu kireçtaşı içeren piroklastik kayaçlardan oluşmaktadır. Bazik karakterli volkano-tortul istif Çatak formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen lavlar, genellikle sarımsı ayrışmalı gri renkleri ve prizmatik kolan yapıları ile dikkat çekmektedir. Yersel çok iri kuvarslı, porfiritik dokulu, ve akma yapıdırlar. Yer yer düzgün tabakalanma gösteren tuf, aglomera ve breş seviyeleri formasyonun üst horizonları içinde daha yaygındır. Birim yersel alterasyon zonları içermektedir. Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşlı Çağlayan formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülen birimin yaşının Santoniyen olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca bölgede yüzeylenen bir diğer birim olan Hamurkesen formasyonu mor yeşilimsi, gri renkli bazalt, andezit, dasit, lav ve piroklastlardan oluşmaktadır. Birim içinde yer yer killi kireçtaşı, şeyl ve kumtaşı ara tabakaları bulunmaktadır. İntergranüler, mikrolitik, porfirik dokulu bazalt lavları büyük oranda olivin içermektedir. Bazaltlarda albitleşme, serisitleşme ve kloritleşme yaygın olup, seyrek olarak yastık lavları gözlenmektedir. Çalışma alanını içine alan jeoloji haritası Şekil 5.1'de yer almaktadır.

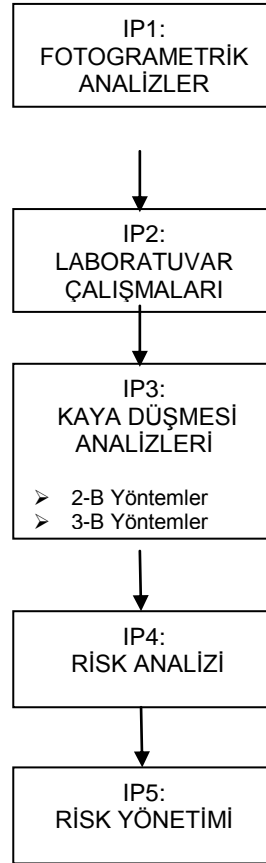


Şekil 5.1. Çalışma alanına ait jeoloji haritası (Gelisli et al. 2011)

6. KAYA DÜŞMESİ ANALİZLERİ

Sümela Manastırı ve yakın çevresine ait kaya düşmesi riskinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışma kapsamında izlenen adımlar 5 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.1'den de anlaşılacağı üzere Fotogrametrik analizler ve laboratuvar çalışmaları kaya düşmesi analizlerinin temel girdilerinin elde edilmesi için gereklidir. Kaya düşmesi analizleri ise hem 2B hem de 3B analiz teknikleri kullanılarak yapılmıştır. Kaya Düşmesi analizleri ise, tehlike ve tehlike gerçekleştiğinde olası kayıpların bileşkesinden oluşan risk analizinin tehlike bileşenini oluşturmaktadır.

Çalışma kapsamında izlenecek yönetime ait adımlar Şekil 6.1'de verilmiştir.



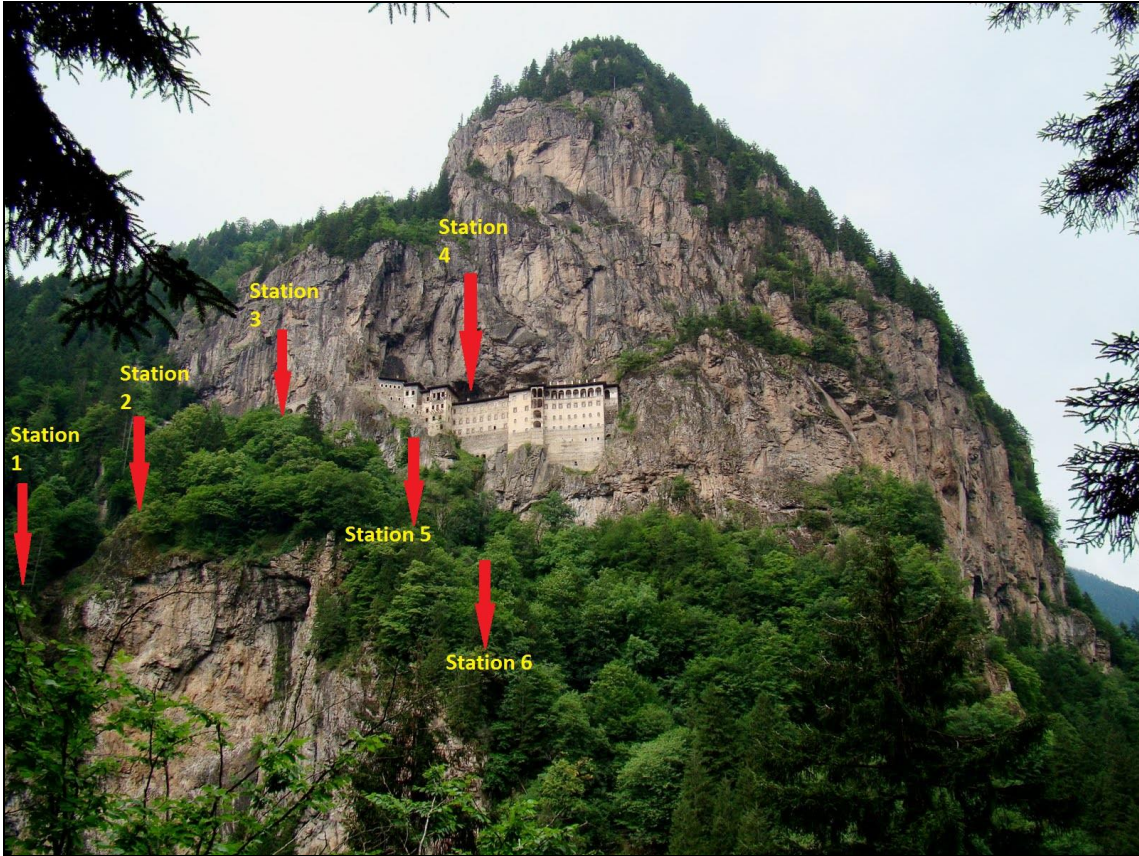
Şekil 6.1. Çalışmaya ait iş akış şeması

6.1. Fotogrametrik Analizler

Fotogrametrik analizler aşamasında arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada Sümela Manastırı ve yakın çevresi için tehlike yaratan kaya düşmesi kaynak alanları tespit edilmiş, çalışma alanında düşmüş ve askıda olan bloklar belirlenmiş, lokasyonları GPS ile ölçülmüş ve

boyutları kaydedilmiştir. Yine arazi çalışmaları ile, modelleme aşamasında kullanılacak olan kaya düşmesi yüzey özellikleri, bölgenin arazi kullanımı ve jeomorfolojik özellikleri belirlenmiştir. Arazi çalışmaları esnasında topoğrafyanın imkan vermemesinden dolayı yamaç boyunca bloklar yuvarlanamamış ve modelleme aşamasında gerekli olan sönümlenme ve sürtünme katsayılarının belirlenmesinde literatürden elde edilen parametreler ve geriye dönük analizlerden yararlanılmıştır. Çalışma alanında daha önce meydana gelmiş ve düşen blokların yerlerinin belli olduğu iki kaya düşmesi vakası değerlendirilmiştir (Bknz. Geriye Dönük Analizler).

Arazi çalışmalarında süreksizliklere ait değerlendirmeler 6 ayrı lokasyonda gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.1.1). Bu noktalar kaya düşmelerinin meydana geldiği alanları ya da potansiyel kaya düşme alanlarını içermektedir.



Şekil 6.1.1 . Süreksizlik ölçüm noktaları

1 numaralı süreksizlik ölçüm noktası yürüyüş yolu yakınlarını içermekte olup; lokasyonun koordinatı 555628/4504276'dır. 1 numaralı süreksizlik ölçüm lokasyonuna ait fotoğraflar Şekil 6.1.2a, 6.1.2b ve 6.1.2c de verilmiştir.

(a)



(b)



(c)



Şekil 6.1.2. 1 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonunda değerlendirilen süreksizlikler (a,b,c)

2 numaralı süreksizlik ölçüm noktasının koordinatı 555614/4504459'dur. Şekil 6.1.3' te ölçüm noktasına ait fotoğraflar yer almaktadır.

(a)



(b)



(c)



Şekil 6.1.3. 2 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c)

3 numaralı süreksizlik ölçüm noktasının koordinatı 555600/4504409'dur. Şekil 6.1.4' te ölçüm noktasına ait fotoğraflar yer almaktadır.

(a)

(b)



(c)



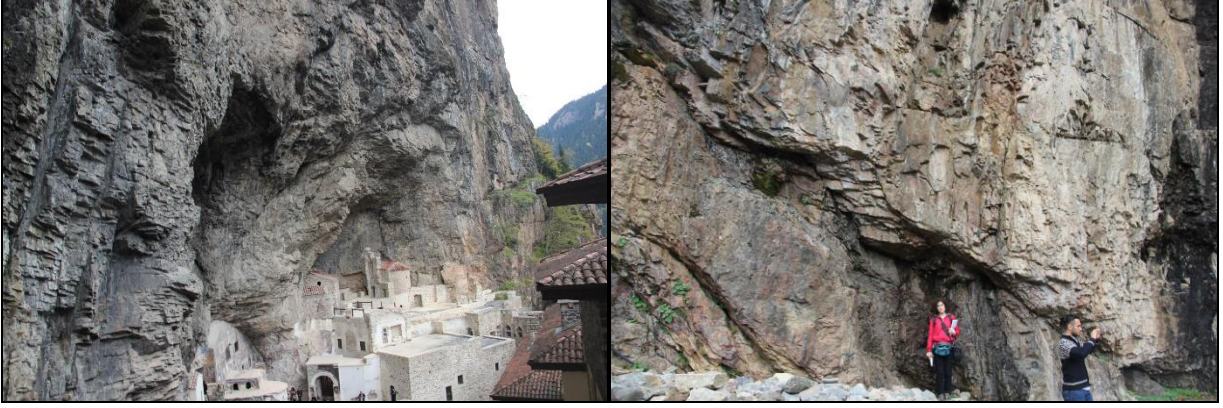
Şekil 6.1.4. 3 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c)

4 numaralı süreksizlik ölçüm noktasının koordinatı 555590/4504530'dur. Lokasyon Manastır

alanını içermektedir. Şekil 6.1.5' te ölçüm noktasına ait fotoğraflar yer almaktadır.

(a)

(b)



(c)



Şekil 6.1.5. 4 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c)

5 numaralı süreksizlik ölçüm noktasının koordinatı 555743/4504710'dur. 6.1.6' da ölçüm noktasına ait fotoğraflar yer almaktadır.

(a)

(b)



(c)

(d)



Şekil 6.1.6. 5 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c,d)

6 numaralı süreksizlik ölçüm noktasının koordinatı 555816/4504730'dur. 6.1.7' de ölçüm noktasına ait fotoğraflar yer almaktadır. Çalışma alanında oldukça büyük boyutlarda düşmüş bloklar yer almaktadır. Çalışma alanında süreksizlikler genel olarak Şekil 6.1.7c'de görüldüğü gibi geniş açıklıklı ve dolgusuzdur.

(a)

(b)



(c)

(d)



Şekil 6.1.7. 6 numaralı süreksizlik ölçüm istasyonu (a,b,c,d)

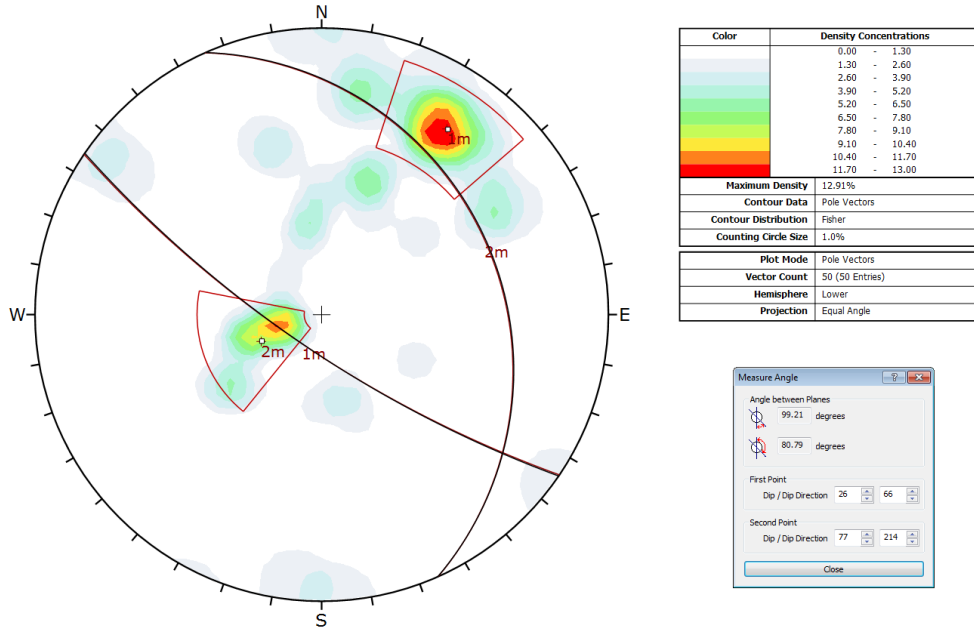
6 ayrı lokasyondan alınan toplam 50 adet süreksizliğe ait eğim ve eğim yönü değerleri Çizelge 6.1.1' de verilmiştir.

Çizelge 6.1.1. Süreksizliklere ait eğim ve eğim yönü değerleri

No.	Eğim	Eğim Yönü
26	16	56
27	35	63
28	40	290
29	80	120
30	75	180
31	75	187
32	75	200
33	65	155
34	90	300
35	65	235
36	85	200
37	47	225
38	70	205
39	55	194
40	27	68
41	24	60
42	48	175
43	60	160
44	70	230
45	10	60
46	15	61
47	55	195
48	50	190
49	32	64
50	18	70

Arazi çalışmaları ile belirlenen süreksizliklere ait değerlendirmeye göre iki ana süreksizlik seti belirlenmiştir (1m ve 2m) (Şekil 6.1.8). Bu iki süreksizlik düzlemleri arasındaki açı 100° dir. Her bir süreksizlik setine ait istatistiksel değerlendirme Çizelge 6.1.2' de verilmiştir. Ayrıca Şekil

6.1.9'da arazide 2 ana süreksizlik düzlemleri görülmektedir. Kinematik olarak değerlendirilen süreksizlik verisi arazi gözlemi ile örtüşmektedir.



Şekil 6.1.8. 2 ana süreksizlik setine ait kontör diyagramı

Çizelge 6.1.2. 2 ana süreksizlik setlerine ait istatistiksel değerlendirme

Mean Set Planes

ID	Dip	Dip Direction	Label
1m	75.53	213.68	
1w	75.53	213.68	
2m	26.08	66.29	
2w	26.08	66.29	

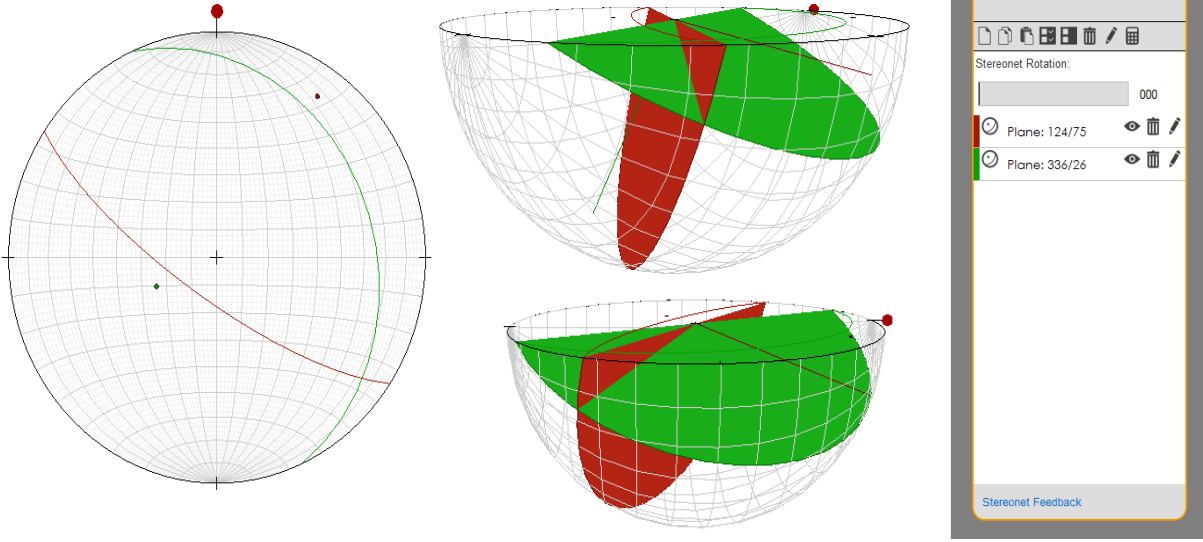
Set Statistics

Set: 1m (UNWEIGHTED)

	68.26%	95.44%	99.74%	50%
Variability Limit	8.19205°	13.4572°	18.7242°	6.36451°
Confidence Limit	2.59899°	4.26385°	5.92116°	2.0198°

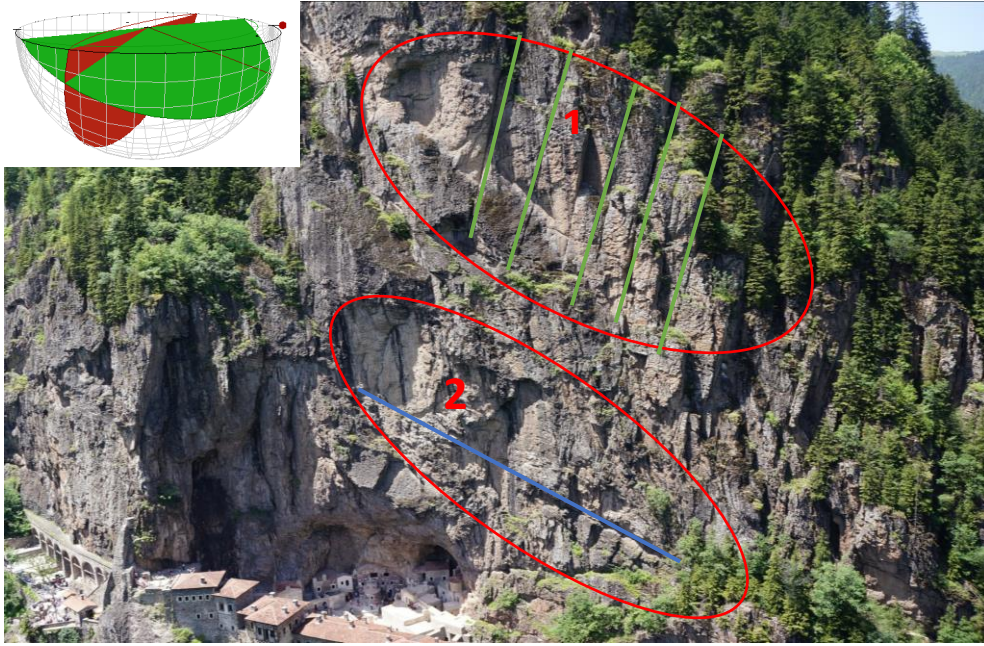
Set: 2m (UNWEIGHTED)

	68.26%	95.44%	99.74%	50%
Variability Limit	14.2583°	23.4924°	32.8362°	11.0698°
Confidence Limit	3.84986°	6.3171°	8.77474°	2.99179°



Şekil 6.1.9. 2 ana süreksizlik düzlemine ait değerlendirme

Arazide belirlenmiş olan süreksizliklerle, analizlerle belirlenen süreksizlik düzlemleri örtüşmektedir (Şekil 6.1.10).



Şekil 6.1.10. Arazide belirlenmiş 2 ana süreksizlik düzlemi

Çizelge 6.1.3'te yine arazide toplanan verilere ait eğim, eğim yönü, Schmidt sertlik çekici ve açıklık değerleri yer almaktadır.

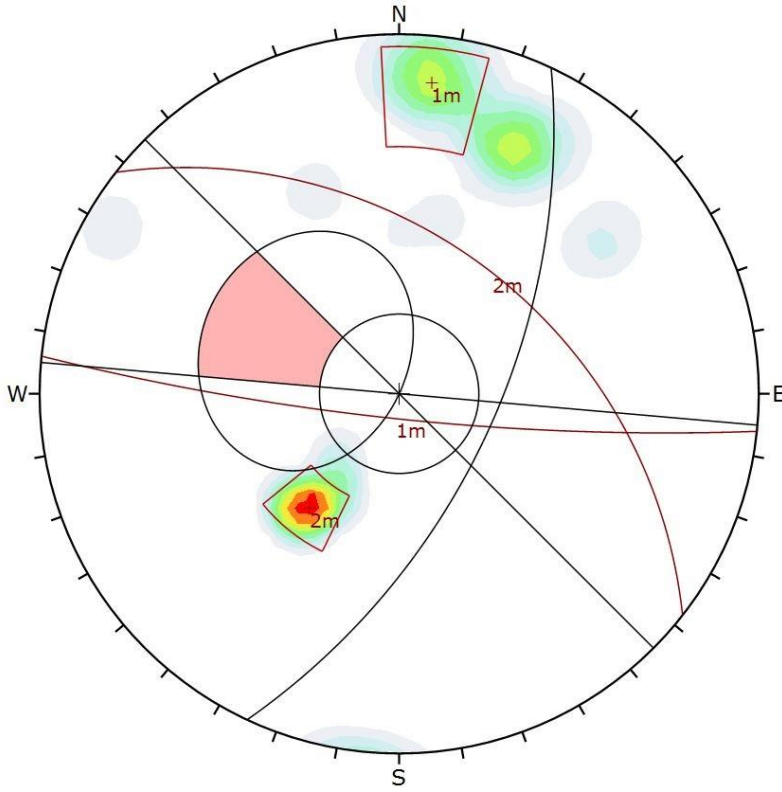
Çizelge 6.1.3. Süreksizliklere ait değerlendirme

No.	Eğim	Eğim yönü	Schmidt Sertlik Çekici Değeri	Açıklık (mm)
1	80	185	51	3
2	45	40	58	2
3	78	200	53	5
4	21	130	48	5
5	35	165	38	5
6	83	180	56	10
7	70	200	49	15
8	48	40	48	15
9	44	38	52	10
10	40	335	36	20
11	86	190	50	5
12	85	185	42	5
13	80	214	54	1
14	78	208	47	1
15	68	210	39	-
16	75	210	46	10
17	75	200	26	15
18	35	32	37	10
19	31	41	30	10
20	40	32	44	-
21	38	26	50	-
22	43	41	38	50
23	47	36	24	60
24	75	205	32	50
25	75	205	36	50

No.	Eğim	Eğim yönü	Schmidt Sertlik Çekici Değeri	Açıklık (mm)
26	75	235	28	-
27	80	185	31	-
28	40	290	44	-
29	80	120	53	-
30	85	180	38	50
31	85	187	46	-
32	75	190	57	-
33	65	155	53	-
34	90	300	24	-
35	65	235	29	30
36	83	191	33	30
37	47	225	45	25
38	70	205	49	30
39	47	45	29	10
40	48	175	30	25
41	60	160	38	-
42	70	230	44	-
43	45	49	42	12
44	42	37	37	10
45	55	195	40	10
46	50	190	52	15
47	26	52	45	5
48	45	39	38	5
49	34	33	47	5
50	26	40	49	5

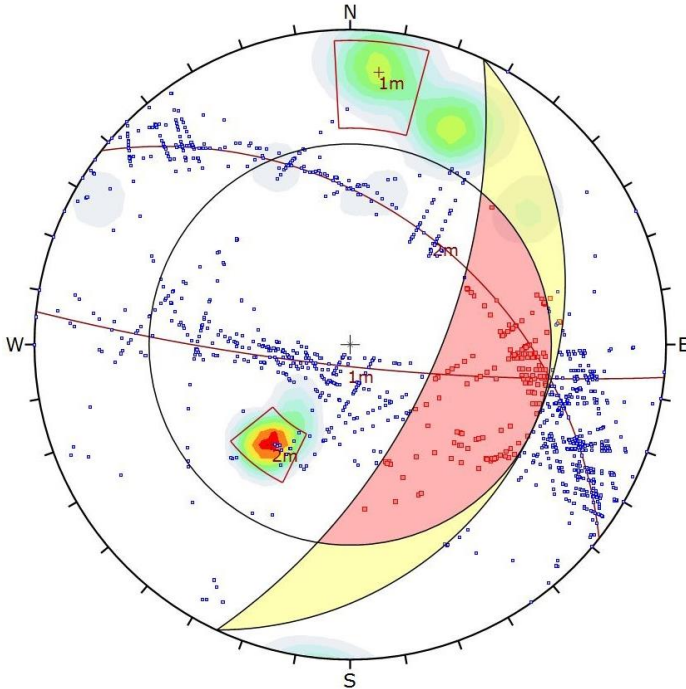
Çalışma kapsamında toplanan süreksizlik ölçümleri ile kinematik analizler gerçekleştirilmiştir. Buna göre Şekil 6.1.11' de kinematik olarak bir düzlemsel kayma, Şekil 6.1.12' de kama türü bir

yenilme ve Şekil 6.1.13' te ise devrilme türü bir duraysızlık değerlendirmesi yer almaktadır.



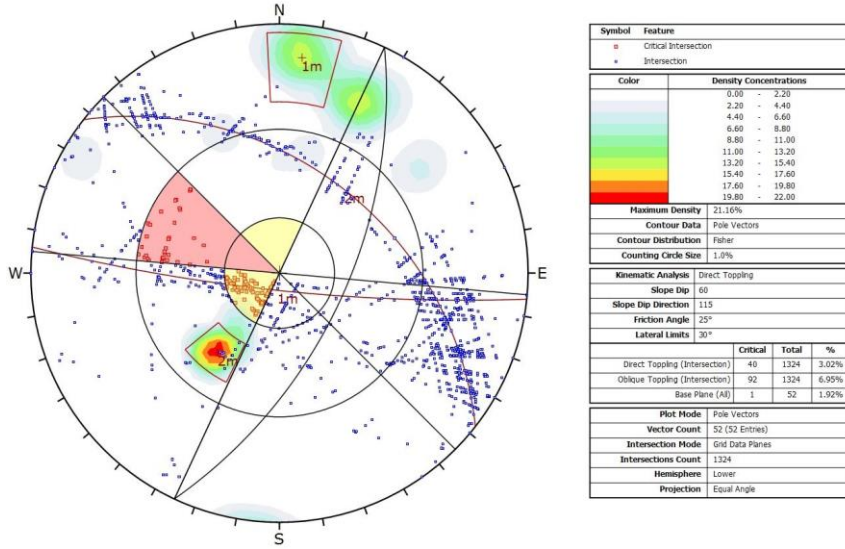
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 2.20		
	2.20 - 4.40		
	4.40 - 6.60		
	6.60 - 8.80		
	8.80 - 11.00		
	11.00 - 13.20		
	13.20 - 15.40		
	15.40 - 17.60		
	17.60 - 19.80		
	19.80 - 22.00		
Maximum Density	21.16%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	60		
Slope Dip Direction	115		
Friction Angle	25°		
Lateral Limits	30°		
	Critical Total %		
Planar Sliding (All)	0	52	0.00%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	52 (52 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Şekil 6.1.11. Düzlemsel kayma analizi



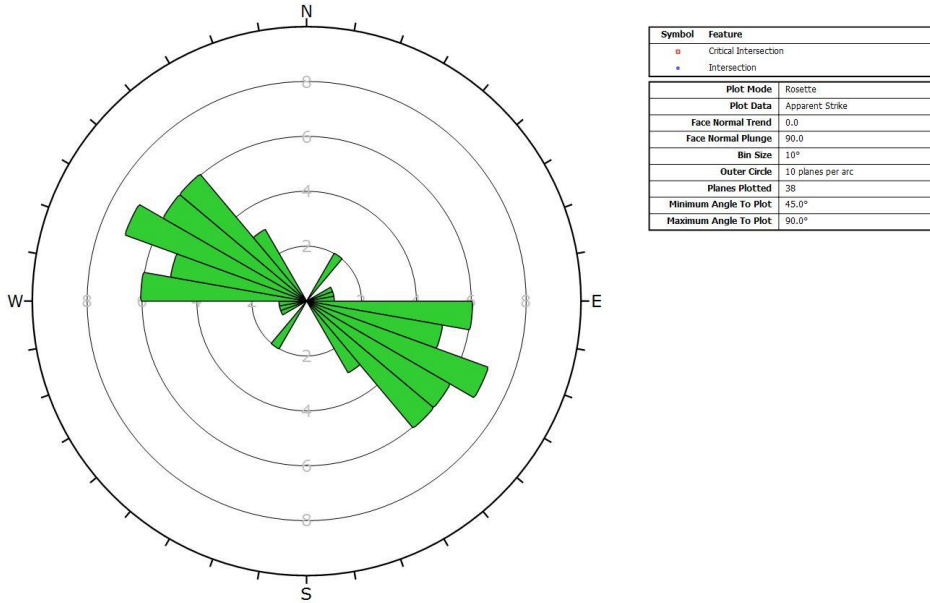
Symbol	Feature		
■	Critical Intersection		
•	Intersection		
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 2.20		
	2.20 - 4.40		
	4.40 - 6.60		
	6.60 - 8.80		
	8.80 - 11.00		
	11.00 - 13.20		
	13.20 - 15.40		
	15.40 - 17.60		
	17.60 - 19.80		
	19.80 - 22.00		
Maximum Density	21.16%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Wedge Sliding		
Slope Dip	60		
Slope Dip Direction	115		
Friction Angle	30°		
	Critical Total %		
Wedge Sliding	193	1324	14.58%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	52 (52 Entries)		
Intersection Mode	Grid Data Planes		
Intersections Count	1324		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Şekil 6.1.12. Kama türü yenilme



Şekil 6.1.13. Devrilme türü yenilme

Süreksizliklere ait gül diyagramı Şekil 6.1.14' te yer almaktadır.



Şekil 6.1.14. Süreksizliklere ait gül diyagramı

Fotogrametrik analizlerin bir diğer ayağını çalışma alanına ait yüksek çözünürlüklü sayısal arazi ve sayısal yükseklik modellerinin elde edilmesi ve süreksizliklerin değerlendirilmesi amacıyla uygulanan yersel lazer taraması oluşturmaktadır. Yüksek çözünürlüklü lazer taraması yöntemi ulaşılması zor alanlarda, hat etüdünün yapılamayacağı alanlarda, başarı sağlayan bir yöntemdir.

Geleneksel yersel ölçmeler ve fotogrametrik yöntemler toz, fazla güneş ışığı ya da gölgenin

olması ve bulutluluk gibi dış ortam koşullarından oldukça etkilenmektedir. Bu nedenle, yersel lazer taraması tarihi ve kültürel alanlarda detaylı bilgi edinmek için özellikle tercih edilen bir yöntemdir. Lazer tarama yönteminde tarama işlemi otomatik ve sistematik olarak yapılmakta ve saniyede binlerce noktanın x,y,z koordinatları elde edilmektedir. Yersel lazer taramalarından elde edilen yüksek yoğunluklu noktalar ile taranan bölgeye ait nokta bulutu elde edilmektedir. Yersel lazer tarama ile elde edilen nokta bulutları obje yüzeyini çok iyi temsil ettiği için her türlü geometrik, hacimsel ve görsel bilgiler gerçek değere çok yakın olarak elde edilebilmektedir. Ayrıca nokta bulutları üzerine fotoğraf dokusu kaplanılarak objenin gerçeğe en yakın görünümü ölçekli 3 boyutlu modeli oluşturulabilmektedir. 3-D noktalarının doğrudan elde edilmesi, düzensiz yapıdaki objelerin tanımlanmasında oldukça etkili olması ve sonuçların kısa sürede elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bilinen lazer değerlendirmelerinin yanında çalışma alanında arazinin yapısından kaynaklı sorunlar yaşanmıştır. Çalışma alanının yapısının çok dik, cihazın tarayamadığı kısımların yoğun ve aynı zamanda sık ormanlık bir alan olması istenilen başarıya ulaşılmasını engellemiştir. Arazinin sık ormanlık oluşu lazerde bitki örtüsü etkisinin ortadan kaldırılmasını güçleştirmiştir. Ayrıca yine sık ormanlık ve engebeli arazide lazer cihazının istenilen yere yerleştirilememesi lazerin başarı performansını düşürmüştür. Lazer taraması yöntemi Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü tarafından uygulanmıştır.

Çalışma kapsamında TOPCON GLS-1000 yersel lazer tarayıcı sistemi kullanılmıştır. Bu sistem ile yüzeyin tam olarak tanımlanabilmesi için (Sümela Manastırı ve çevresi) farklı noktalardan lazer taramaları gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan olan yersel lazer sisteminin özellikleri Çizelge 6.1.4' te verilmiştir.

Çizelge 6.1.4. TOPCON GLS-1000 lazer tarayıcıya ait teknik özellikler

Maximum Nokta Sayısı	100,000,000	
Tek Nokta Doğruluğu	4 mm (σ) (1-150m arası)	
Tarama Hızı	Maximum 3,000 Hz	
Dalga Boyu	1535nm	
Darbe süresi (pulse duration)	3.6nsec (max)	
Darbe frekansı (pulse frequency)	3400Hz (max)	
Görüş Alanı	22° X16.5°	
Nokta Boyutu	6mm @ 1m-40m	
Örnekleme Yoğunluğu	1mm @100m	

Yersel lazer tarama cihazı ile çalışma alanına ait veriler elde edilirken aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir:

- Cihazın kurulması için en ideal noktalar belirlenmiştir. Bu aşamada, çalışma alanındaki topoğrafyanın çok dik bir eğime sahip olması ve arazinin rahat erişilebilir olmamasından dolayı çalışma alanına ait sayısal arazi modelinin oluşturulmasında ve 3 boyutlu modellenmesinde bazı zorluklarla karşılaşmıştır. Arazi çalışması sırasında karşılaşılan en büyük problem, yersel lazer tarama aletinin kayalık alanları tararken gerekli olan optimum tarama açısının elde edilememesinde yaşanmıştır. Bundan dolayı özellikle Mnastırın bulunduğu içeriye dönük şevlerde istenilen başarı elde edilememiştir. Şekil 6.1.15a, Şekil 6.1.15b ve Şekil 6.1.15c' de çalışma alanındaki kayalıkların genel görünümü verilmiştir.

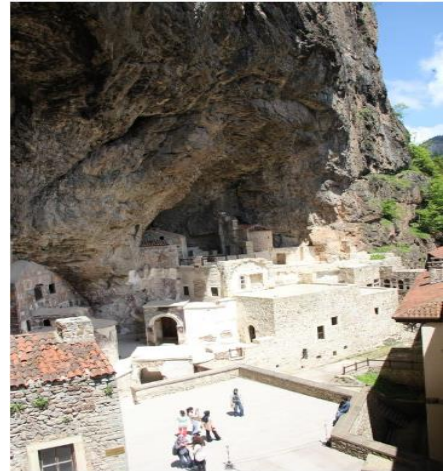
(a)



(b)



(c)



Şekil 6.1.15. Çalışma alanının genel görünümü (a,b,c)

- Bu alanların tamamen taranması ve modellenmesi için yersel lazer tarama cihazının belirli bir uzaklığa kurulması gerekmektedir. Çalışma alanındaki taranacak olan bölge, topografik olarak dik bir yamaç ve uçurum bir alanda bulunmaktadır. Yersel lazer tarama cihazı yeterli uzaklığa kurulamadığından dolayı kayalık bölgenin bütünü tam olarak taranamamıştır. Arazinin hali hazır durumuna göre maksimum verileri elde etmek amacı ile yersel lazer tarama aleti, görüş açısı bakımından en uç noktalara kurulmuş ve zor şartlarda veri toplanmaya çalışılmıştır. Şekil 6.1.16a, 6.1.16b, 6.1.16c ve 6.1.16d arazi çalışmasında yersel lazer tarama cihazının kurulduğu alanları göstermektedir.



Şekil 6.1.16. Lazer tarama cihazının kurulduğu istasyon noktaları (a,b,c,d)

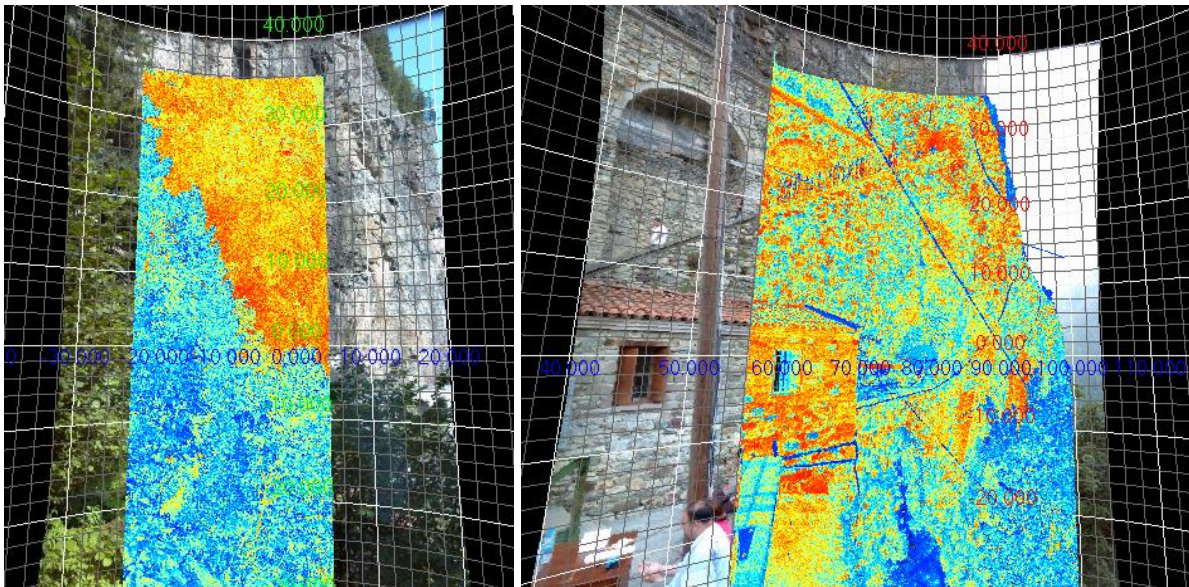
- Çalışma alanında bulunan kayalık bölgenin taranması için toplam 9 farklı noktadan tarama işlemi gerçekleştirilmiştir.
- Cihaz kurulduktan sonra tarama işlemi için optimum parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler belirlenirken kayalık alandaki en küçük detayın çıkarılması hedeflenerek her bir tarama işleminde yatayda 3500, düşeyde 3500 nokta yoğunluğu verilmiştir. Her oturumda ortalama 2000000'un üzerinde lazer darbesi kullanılmıştır. Böylelikle, çalışma alanına ait

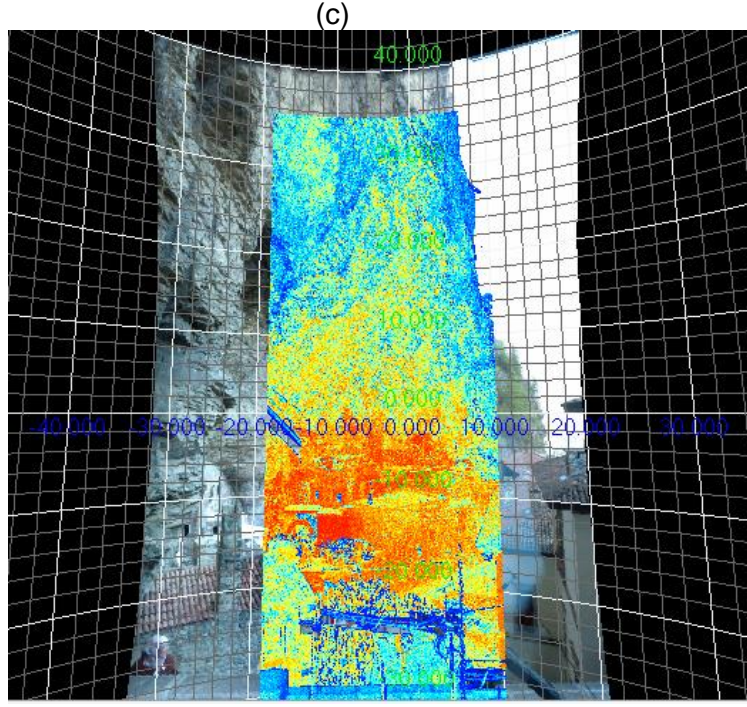
toplam 18400162 lazer noktası elde edilmiştir. Toplanan lazer nokta bulutunun temizlenmesi ile işe yaramayan noktalar silinmiştir ve sonuçta 9603150 nokta bulutu kalmıştır.

- Yersel lazer sistemi ile taranan bölgeye lazer nokta bulutunun yanında alana ait panoramik görüntüler de elde edilmiştir (Şekil 6.1.17) Bu panoramik yüksek çözünürlüklü fotoğraflar süreksizliklerin belirlenmesi ve kaya bloklarının yüksek doğrulukta tahmin edilmesinde kullanılmıştır.
- İlk olarak, verilerin işlenebilmesi için format değişikliği yapılmıştır. Cihazdan .clr formatında elde edilen lazer verileri ScanMaster programı kullanılarak Polyworks programına uygun ptx formatına dönüştürülmüştür.
- Çalışma alanına ait sayısal arazi modelinin oluşturulması ve yüzeyin tam olarak tanımlanabilmesi için 9 farklı noktadan elde edilen lazer nokta bulutlarının birleştirilme işlemi Polyworks yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Farklı noktalardan taranan obje yüzeylerinin hassas bir şekilde birleştirilmesi için obje köşelerinde bindirme olmasına dikkat edilmiştir. Öncelikle kaydedilen lazer nokta bulutları üzerinden inceltme, temizleme, nokta boşlukları doldurulma ve filitreleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.1.18'de birleştirilmiş nokta bulutu yer almaktadır.

(a)

(b)





Şekil 6.1.17. Farklı oturumlar ile taranan yerler üzerine nokta bulutu giydirilmesi (a,b,c)



Şekil 6.1.18. Birleştirilmiş nokta bulutu

- Arazi çalışması esnasında, GPS aleti ile tarama yapılan alana ait 8 adet koordinat verisi elde edilmiştir. Daha sonra bu koordinat verileri elde edilen nokta bulutundaki her bir lazer

noktasına ait x,y ve z koordinat bilgilerini belirlemede kullanılmıştır. GPS ile ölçülen noktalar nokta bulutunda işaretlenerek nokta bulutu lokal koordinat sistemi WGS84 koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

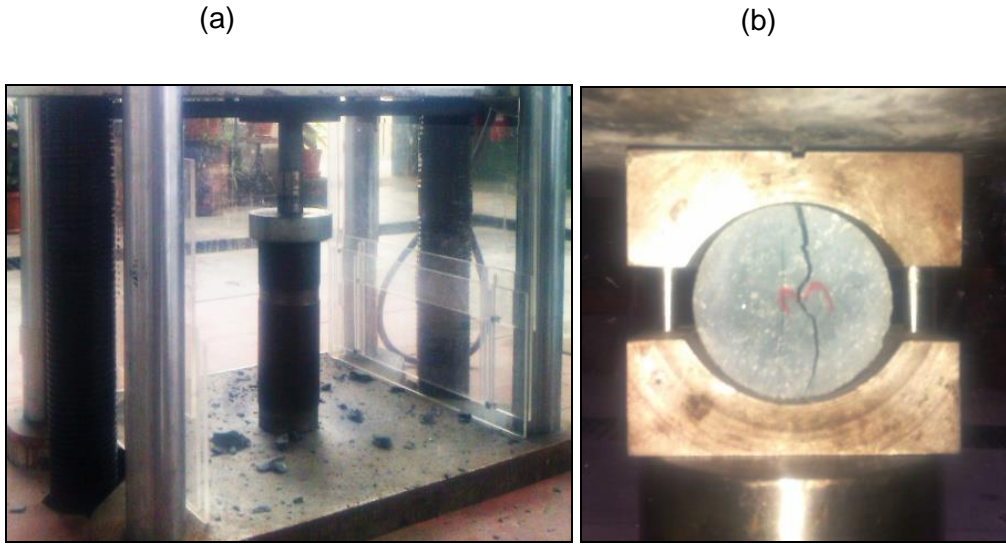
- Tüm bu işlemler sonucunda alana ait 3 boyutlu sayısal arazi modeli oluşturulmuştur.

Bölgenin oldukça zor bir alanda yer alması sebebi ile ilgili topoğrafyayı en iyi yansıtan sayısal arazi modelini elde etmek için lazer taraması ile elde edilen verilere ek olarak alana ait, ortofotolar, google earth görüntüleri ve yüksek çözünürlüklü çekilmiş fotoğraflar da kullanılmıştır. Ancak lazer tarama çalışması belirtildiği gibi özellikle lazer cihazının yerleştirileceği alanda yaşanan sıkıntılardan dolayı istenilen tüm açılarda çalışılmamış bu durum da elde edilen sayısal yükseklik modelinin başarısını etkilemiştir.

6.2. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanındaki kaya malzemenin mekanik parametrelerinin belirlenmesi için arazi çalışmaları sırasında blok örnekler alınmıştır. Ancak Sümela Mnasırı ve yakın çevresinin kültür varlıklarının korunması kapsamında değerlendirilmesinden dolayı çok sayıda örnek alınamamıştır. Düşmüş olan bloklardan uygun olabilecekler seçilip; örnekleme gerçekleştirilmiştir. Alınan örnekler Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü kaya mekaniği laboratuvarında deneylere tabi tutulmuştur. Bu amaçla 4 adet tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi, 6 adet Brazilian çekilme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.2.1). Deney sonuçları Çizelge 6.2.1' de ve Çizelge 6.2.2' de verilmiştir. Malzemenin makaslama dayanım parametrelerinin belirlenmesi amacıyla üç eksenli sıkışma dayanımı deneyi de uygulanmıştır (Çizelge 6.2.3).

Ayrıca laboratuvar çalışmaları kapsamında kaya düşmelerinin modellenmesi aşamasında kullanılacak bir parametre olan yüzeyler arasındaki sürtünme katsayısının belirlenmesine yönelik laboratuvar da düz yüzeylerde kayma (tilt) deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deney sonucuna göre sürtünme açısı 38° olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.2.1. Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi (a), Brazilian çekilme dayanımı testi (b)

Çizelge 6.2.1. Tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları

Örnek No	Çap (mm)	Alan (mm ²)	Yenilme Yüğü (N)	UCS (MPa)
1	51.45	2077.975	511020	245.92
2	52.11	2131.63	472000	221.43
3	52.04	2125.907	482690	227.05
4	52.08	2129.176	461550	216.77

Çizelge 6.2.2. Brazilian çekilme dayanımı deney sonuçları

Örnek No	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Yenilme Yüğü (N)	Çekilme Dayanımı (MPa)
1	51.97	30.48	35600	14.31
2	52.01	28.7	45450	19.39
3	51.86	29.31	36290	15.21
4	51.71	29.75	33400	13.83
5	52.17	30.58	38050	15.19
6	52.06	30.72	33110	13.19

Çizelge 6.2.3. Üç Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi

Örnek No	Çap (mm)	Alan (mm ²)	Yanal Gerilme (MPa)	Eksenel Gerilme (MPa)	Kohezyon (MPa)	İçsel Sürtünme Açısı
1	51.33	2068.29	0.1	235.27	71	28°
2	52.04	2125.91	0.3	247.81		
3	51.83	2108.78	0.5	258.33		
4	51.93	2116.93	0.7	274.86		

Arazi çalışmaları sırasında gerçekleştirilen süreksizlik değerlendirmelerinden elde edilen parametreler kullanılarak; kaya malzemesinin kalitesinin değerlendirilmesi için RMR (Rock Mass Rating- Kaya Kütleli Sınıflama) hesaplanmıştır. Buna göre çalışma alanı içerisinde yer alan kayalar orta dayanım sınıfında yer almaktadır (Bieniawski 1989). RMR sınıflama sistemine ait değerlendirme Çizelge 6.2.4' te verilmiştir.

Çizelge 6.2.4. Sümela Manastırı şevleri için uygulanmış RMR sınıflaması

Parametre		Değer	Puan	İçsel Sürtünme Açısı	25° - 35°
1	UCS (MPa)	230	12	Kohezyon (KPa)	200 - 300
2	Kaya Kalite Göstegesi, RQD (%)	40	8		
3	Süreksizlik Aralığı (m)	> 2	20	Kaya Sınıfı	Orta Kaya
4	Devamlılık (m)	5 to 10	2		
	Açıklık (mm)	20 to 30	0		
	Pürüzlülük	Düzgün	1		
	Dolgu	> 5 mm (Yumuşak)	0	Toplam RMR Puanı	54

6.3. Kaya Düşmesi Analizleri

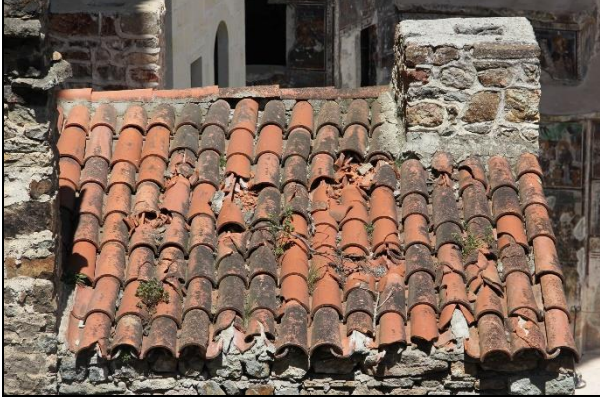
Çalışmanın ana konusunu, her yıl yüzlerce yerli ve yabancı turist tarafından ziyaret edilen önemli bir turistik merkez olan Sümela manastırı ve yakın çevresinde meydana gelen kaya düşmelerine yönelik kaya düşmesi analizleri oluşturmaktadır.

Sümela Manastırı ve yakın çevresinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları esnasında manastır çalışanlarından edinilen bilgiye göre; özellikle kış aylarında olmak üzere yağışlı dönemlerde bölgede sürekli bir hareket olmakta ve düşen bloklara karşı ziyaretçileri korumak adına baret dağıtılmaktadır (Şekil 6.3.1). Şekil 6.3.2' de manastır alanına ait fotoğraflarda blokların düşmesi sonucu manastır çatısında (Şekil 6.3.2a), zemininde (Şekil 6.3.2b), merdiven kenarında (Şekil 6.3.2c) meydana gelen hasarlar görülmektedir. Çalışma alanında düşmüş olan bloklara ait fotoğraflar Şekil 6.3.3a, Şekil 6.3.3a Şekil 6.3.3a Şekil 6.3.3a bloklar görülmektedir.



Şekil 6.3.1. Kaya düşmelerinden korunmak amaçlı ziyaretçilere dağıtılan baretler

(a)



(b)



(c)



Şekil 6.3.2. Düşen blokların meydana getirdiği hasarlar (a,b,c)

(a)



(b)



(c)

(d)



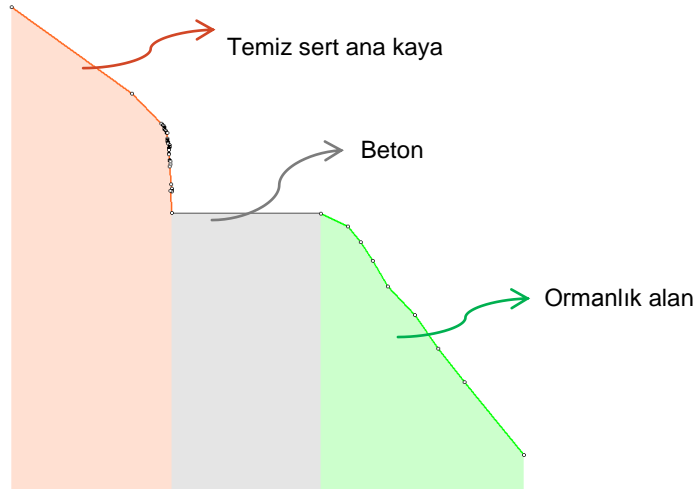
Şekil 6.3.3. Çalışma alanında düşmüş olan bloklar (a,b,c,d)

Kaya düşmesi analizlerinin ilk aşamasını modelde kullanılacak parametrelerin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen geriye dönük analizler oluşturmaktadır.

6.3.1. Geriye Dönük Analizler

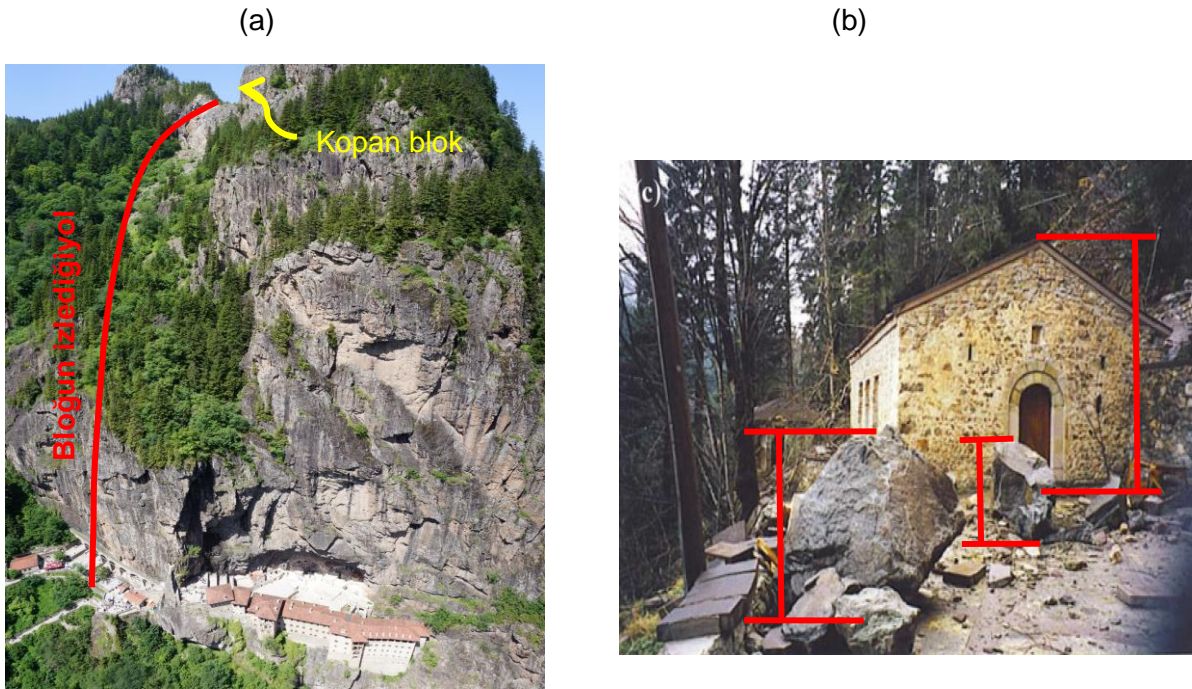
Geriye dönük analizler kaya düşmesi analizlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Düşen blokların lokasyonlarının belirlenmesi; modelleme aşamasında blokların ilerleme mesafelerinin bilinmesi ve modelleme için gerekli parametrelerin kalibre edilmesi açısından önem taşımaktadır. Kaya düşmesi modellerinde girdi parametresi olan normal ve tanjansiyel sönümlenme katsayıları çalışma alanının el vermemesinden dolayı arazide elde edilememiş olup; geriye dönük analizlerden ve literatürden belirlenmiştir. Genel olarak sönümlenme katsayıları öncelikle literatürden belirlenmekte (EK-1) ve bu değerler geriye dönük analizlerle kalibre edilmekte ve modellerde kullanılabilir parametrelere ulaşılmaktadır.

Gerçekleştirilen arazi çalışmalarına göre kaya düşmelerinin gerçekleştiği alan arazi kullanımı açısından temiz sert ana kaya, beton ve ormanlık alan olmak üzere üç farklı özellikte zeminden oluşmaktadır. Şekil 6.3.1.1' de bu üç farklı arazi kullanımı görülmektedir.



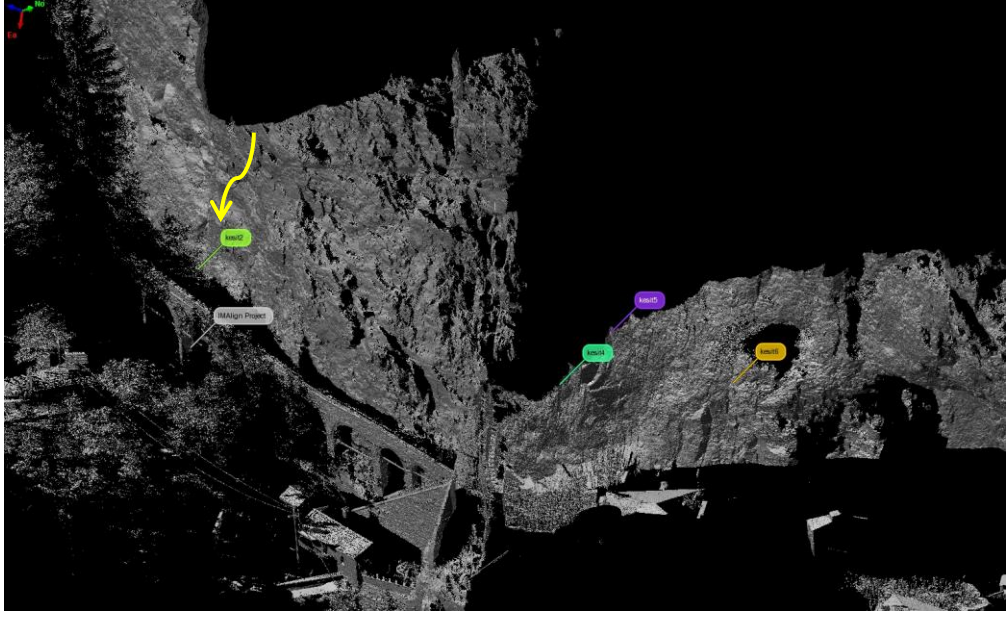
Şekil 6.3.1.1. Modellemelerde kullanılan üç farklı malzeme

Bu amaçla, çalışma alanında geçmişte meydana gelen iki vaka geriye dönük analizlerde kullanılmıştır. İlk vaka 2001 yılında meydana gelmiş ve Gelisli (2011)'de lokasyonu verilen Sümela Manastırı yakın civarında hasara neden olmuştur. 2001 yılında meydana gelen olayda kopan bloğa ait lokasyon ve izlediği yol Şekil 6.3.1.2a'da verilmiştir. Bloklar Şekil 6.3.1.2b' de yer alan olan lokasyona düşmüştür.



Şekil 6.3.1.2. 2001 yılında meydana gelen olaya ait kopan blok lokasyonu ve bloğun izlediği yol (a), blokların düştüğü lokasyon (b)

Şekil 6.3.1.3' te 2001'de meydana gelmiş olaya ait kesit lokasyonu (Kesit 2) yer almaktadır.



Şekil 6.3.1.3. Kesit lokasyonu

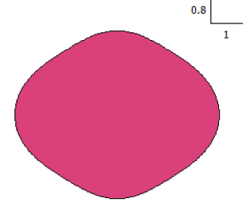
1 numaralı olay için gerçekleştirilen geriye dönük analizlerde kullanılan blok Şekil 5.3.1.4'te ve bloğa ait parametreler Çizelge 6.3.1.1' de verilmiştir.



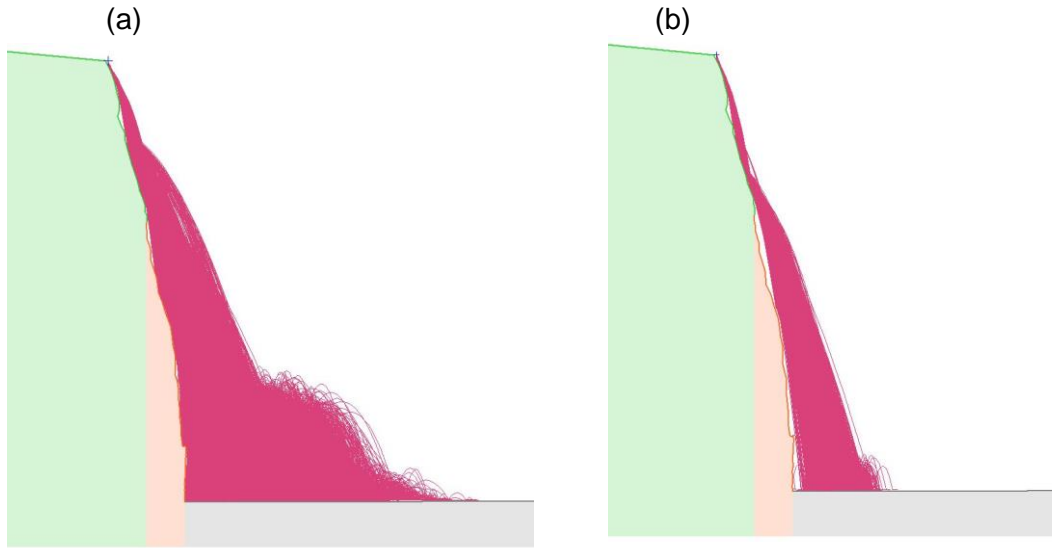
Şekil 6.3.1.4. Kalibrasyon amaçlı kullanılan düşmüş blok

Çizelge 6.3.1.1. Düşmüş bloğa ait parametreler

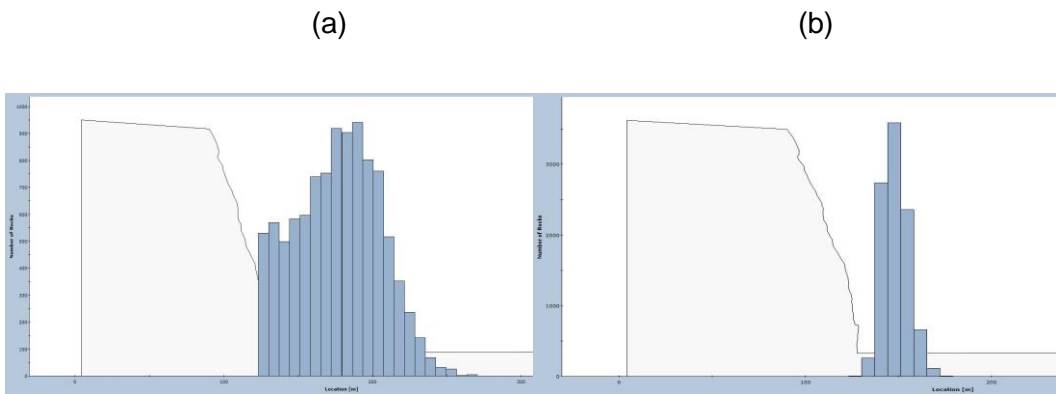
Blok No	Blok Hacmi (m ³)	Yoğunluk (kg/m ³)	Ortalama blok ağırlığı (kg)	Yüksek blok ağırlığı (kg)	Düşük blok ağırlığı (kg)
Model 1	1.5	2800	4200	7980	420



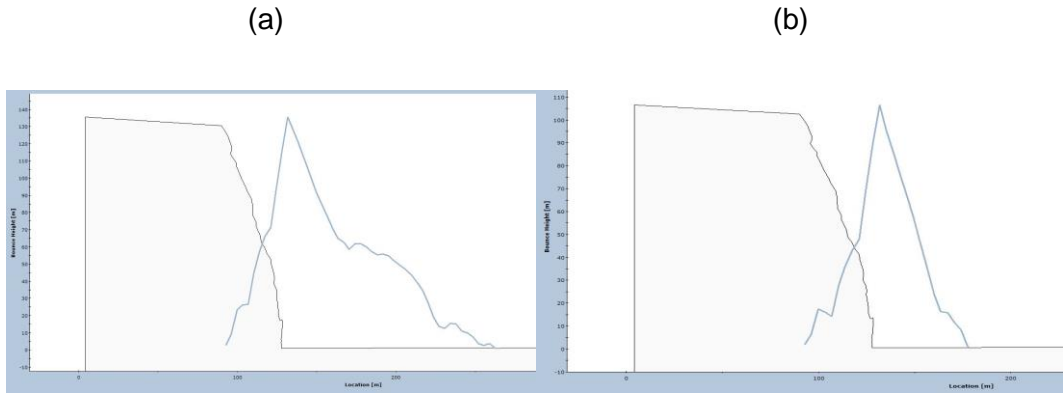
Şekil 6.3.1.5 'te kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası blokların izlediği yol Şekil 6.3.1.6'da kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası ilerleme mesafeleri, Şekil 6.3.1.7'de kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası sıçrama yükseklikleri ve Şekil 6.3.1.8'de kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası toplam kinetik enerji grafikleri görülmektedir.



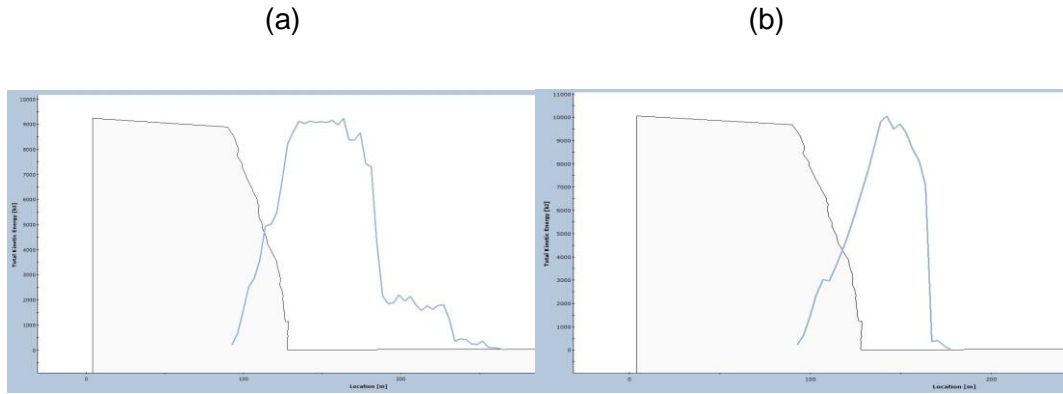
Şekil 6.3.1.5. Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) blokların izlediği yol



Şekil 6.3.1.6. Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) ilerleme mesafeleri



Şekil 6.3.1.7. Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) sıçrama yükseklikleri



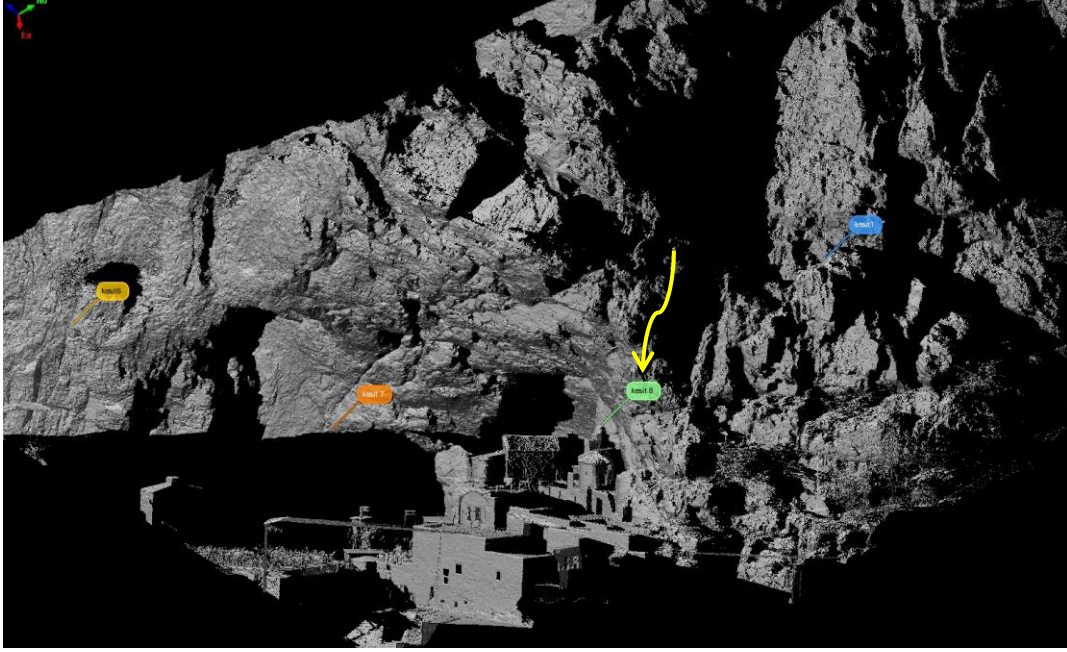
Şekil 6.3.1.8. Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) toplam kinetik enerjisi

İkinci olay 2013 yılında gerçekleşmiş olup; ziyaretçilerin yoğun olarak bulunduğu Sümela Manastırı avlusunda meydana gelmiştir (Şekil 6.3.1.9).



Şekil 6.3.1.9. Sümela Manastırı avlusunda meydana gelen kaya düşme alanı

Şekil 6.3.1.10' da 2013 yılında meydana gelmiş olaya ait kesit lokasyonu (Kesit 8) yer almaktadır.

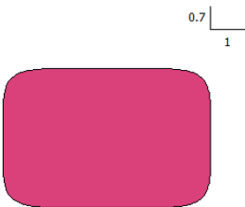


Şekil 6.3.1.10. Kesit lokasyonu

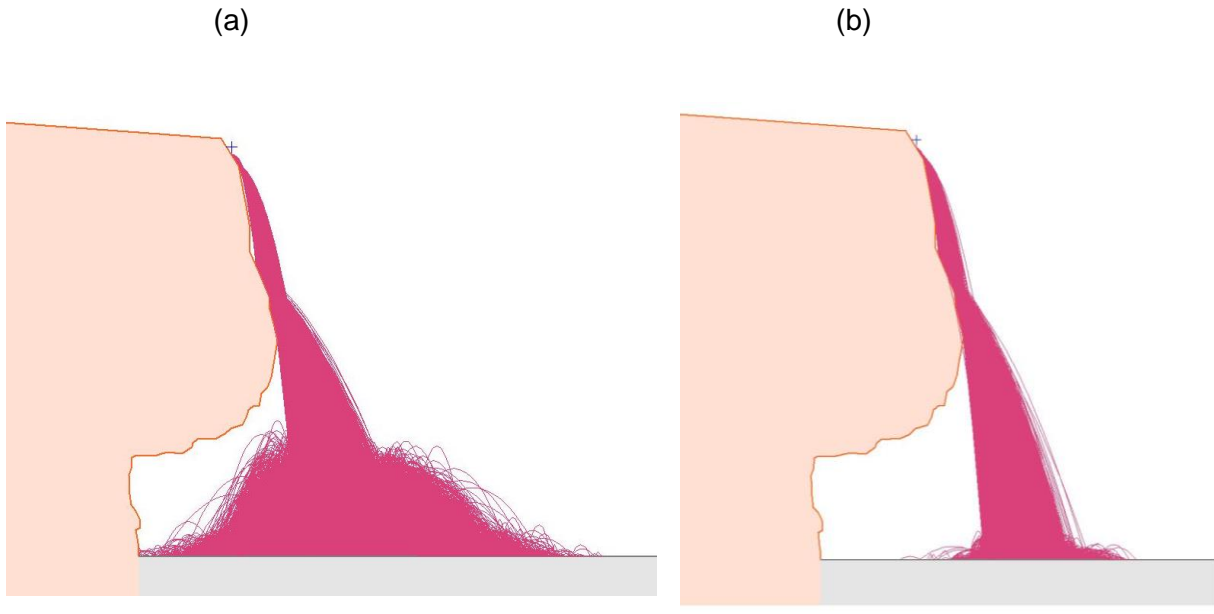
Çizelge 6.3.1.2'de düşmüş olan bloklara ait parametreler yer almaktadır.

Çizelge 6.3.1.2. Düşmüş bloğa ait parametreler

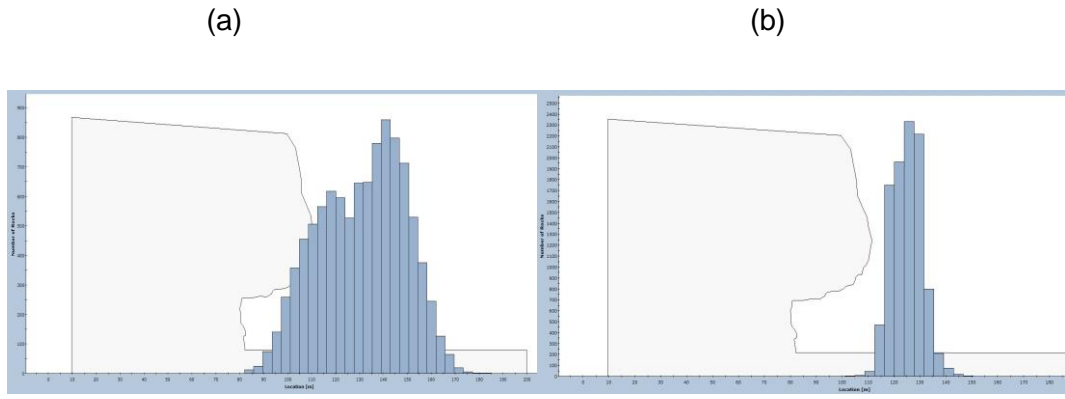
Blok No	Blok Hacmi (m ³)	Yoğunluk (kg/m ³)	Ortalama blok ağırlığı (kg)	Yüksek blok ağırlığı (kg)	Düşük blok ağırlığı (kg)
Model 2	750	2800	2.1	3.9	0.3



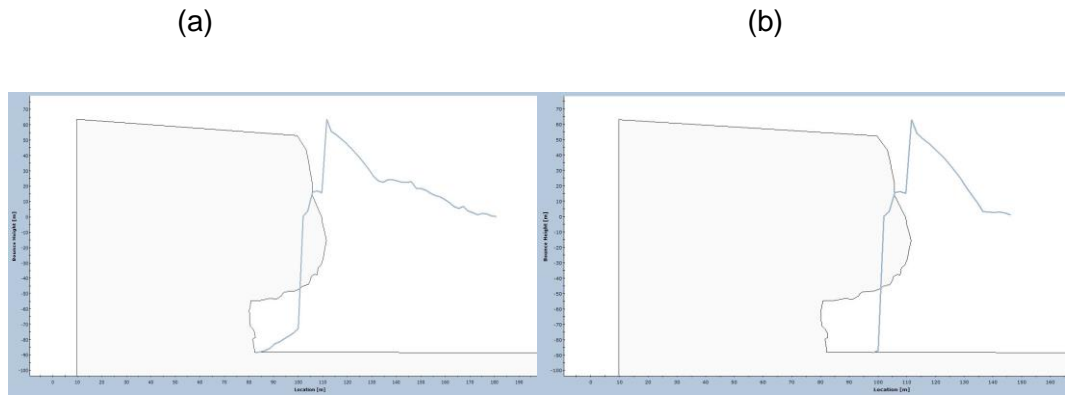
Şekil 6.3.1.11 'de kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası blokların izlediği yol Şekil 6.3.1.12' de kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası ilerleme mesafeleri, Şekil 6.3.1.13'te kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası sıçrama yükseklikleri ve Şekil 6.3.1.14' te kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası toplam kinetik enerji grafikleri görülmektedir.



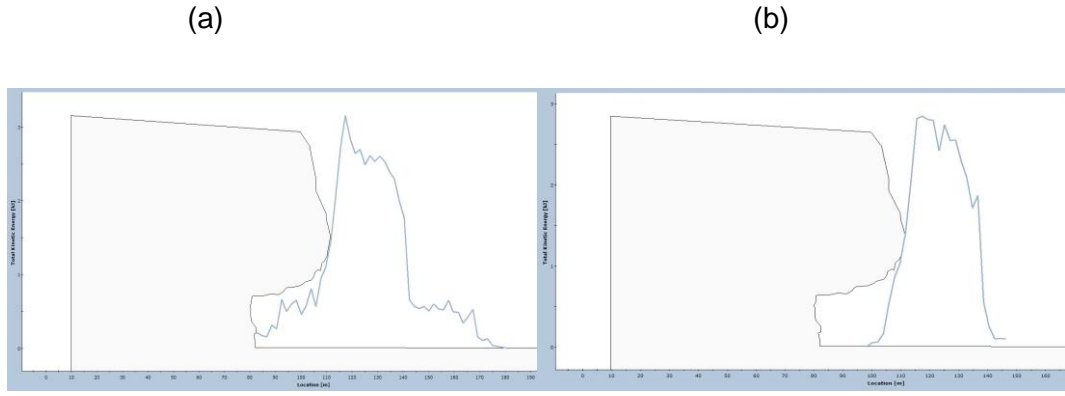
Şekil 6.3.1.11. Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) izlenen yol



Şekil 6.3.1.12. Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) ilerleme mesafeleri



Şekil 6.3.1.13. Kalibrasyon öncesi (a) ve kalibrasyon sonrası (b) sıçrama yükseklikleri



Şekil 6.3.1.14. Kalibrasyon öncesi ve kalibrasyon sonrası toplam kinetik enerji

Geçmişte meydana gelen ik farklı olaya ait değerlendirmelerle gerçekleştirilen geriye dönük analizlerden elde edilen sönümlenme katsayıları Çizelge 6.3.1.3' te verilmiştir.

Çizelge 6.3.1.3. Geriye dönük analizlerde belirlenmiş sönümlenme katsayıları

Malzeme	Normal Sönümlenme Katsayıları		Tanjansiyel Sönümlenme Katsayıları	
	Literatür	Kalibrasyon	Literatür	Kalibrasyon
Ana kaya	0.35 ± 0.04	0.3 ± 0.04	0.85 ± 0.04	0.6 ± 0.04
Beton	0.48 ± 0.04	0.2 ± 0.04	0.53 ± 0.04	0.4 ± 0.04
Ormanlık alan	0.7 ± 0.04	0.1 ± 0.04	0.8 ± 0.04	0.1 ± 0.04

Çizelge 6.3.1.4. Geriye dönük analizlerde belirlenmiş sürtünme katsayısı

Malzeme	Sürtünme katsayısı	Yuvarlanma Direnci
Ana kaya	0.5 ± 0.04	0.15 ± 0.04
Beton	0.5 ± 0.04	0.1 ± 0.04
Ormanlık Alan	0.5 ± 0.04	0.3 ± 0.04

6.3.2. Modelleme Aşaması

Sümela Manastırı ve yakın civarında meydana gelen kaya düşmelerinin modellenmesi aşamasında simülasyon yöntemler uygulanmıştır. Bu amaçla iki boyutlu kaya düşmesi analiz programı Rocfall V.5 ve üç boyutlu analiz programı HY-STONE kullanılmıştır. Her iki yazılım ile çok sayıda simülasyon uygulanarak blokların ilerleme mesafeleri ve yayılımları, sıçrama yükseklikleri ve enerjileri belirlenmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde farklı kaya düşmesi analiz yöntemlerinin kullanıldığı ve karşılaştırıldığı sadece bir çalışma yer almakta olup, bu çalışma Tagliavini et al. (2009) tarafından gerçekleştirilmiştir. Sümela Manastırı ve yakın çevresini içeren çalışma kapsamında bu iki model ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu yazılımlar ile kaya düşmelerinin yayılımı ve ilerleme mesafeleri kestirilmiştir.

6.3.2.1. Rocfall V.5 Yazılımı Kullanılarak Gerçekleştirilen Kaya Düşmesi Analizleri

Rocfall yazılımı kaya düşmesi analizlerinde en yaygın kullanılan bir yazılım olmakla birlikte; sadece 2B modelleme yapmaya imkan vermektedir.

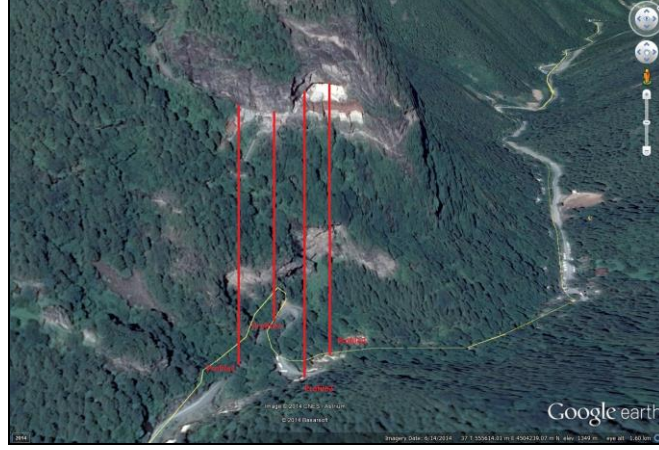
Geriye dönük analizlerle ve literatürden faydalanılarak elde edilen sönümlenme katsayıları modelleme aşamasında kullanılmıştır. Bu amaçla potansiyel kaya düşmesi alanlarından lazer taraması ile elde edilen sayısal yükseklik modeli (DEM) kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında toplam dört adet kesit alınmıştır (Şekil 6.3.2.1). Her bir kesit hattında, farklı boyutlardaki küresel bloklar için Rocfall V.5 yazılımı kullanılarak 5 ayrı simülasyon uygulanmıştır. Bu her bir simülasyon aşamasında küresel bloklar farklı boyutlarda analiz edilmiştir. Her bir analizde blok boyutu sistematik olarak arttırılmış böylece geniş bir aralıkta blok modellenmiş olmaktadır. Daha sonra en büyük yarıçapa sahip blok için farklı şekiller dikkate alınarak tekrar modellenmiştir. En büyük yarıçapa sahip bloğun analiz edilmesinin nedeni, modelleme aşamasında eğer bu blok durabilirse diğer tüm blokların duracağı öngörüsüdür.

Arazi gözlemleri dikkate alındığında riyodasitik yapıya sahip ana kaya çok sayıda süreksizlik içermekte olup, bu süreksizlikler çok küçükten büyüğe bloklar oluşturmaktadır. Yüksek yağışlı dönemlerde süreksizlik içeren bu ana kayadan kopmalar olmaktadır.

Her bir profil için gerçekleştirilen analizlerde blok boyutları şevin uzunluğu ile karşılaştırılınca çok küçük kalmıştır. Çalışma kapsamında Sümela Manastırı üzerindeki şevden Coşan Dere'ye kadar olan hat ortalama 500 'dir. Ölçek etkisinden dolayı özellikle profil 1,2 ve 3 neredeyse aynı

olduklarından analiz sonuçları benzer çıkmıştır. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile ilgili diğer bir konu ise; bloklara ait çok yüksek değerlerin varlığı bloğun çok fazla sıçradığı anlamına gelmemektedir. Bu durum bloğun her noktadaki düşey pozisyonu hakkında bilgi vermektedir.

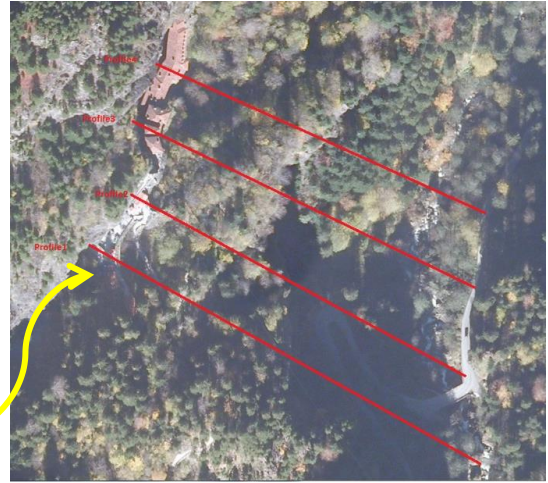
(a)



(b)



(c)



Şekil 6.3.2.1.1. Modellemelerin gerçekleştirildiği kesit hatları (a,b,c)

Profiller boyunca modellenen bloklara ait özellikler Çizelge 6.3.2.1'de verilmiştir.

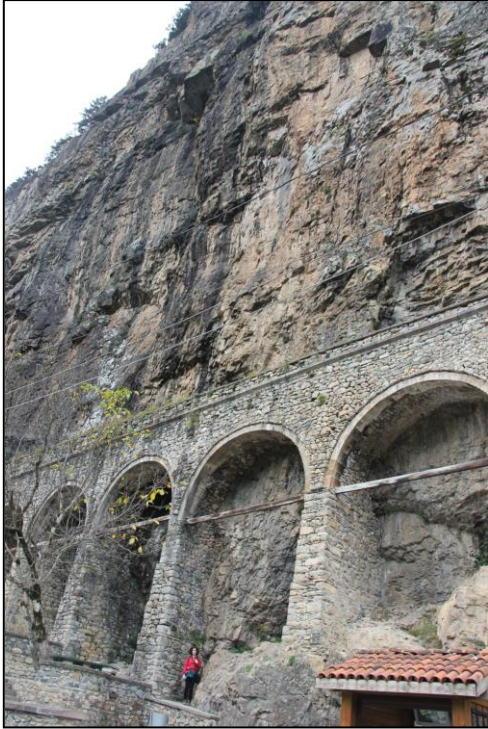
Çizelge 6.3.2.1.1. Profiller boyunca incelenen bloklara ait özellikler

Blok No	Blok yarıçapı (cm)	Blok Hacmi (cm ³)	Yoğunluk (kg/m ³)	Ortalama Blok Ağırlığı (kg)	Yüksek Blok Ağırlığı (kg)	Düşük Blok Ağırlığı (kg)
P1.1	10	4187	2800	12	22	1
P1.2	30	113040		317	601	32
P1.3	50	523333		1465	2784	147
P1.4	70	1436027		4021	7640	402
P1.5	90	3052080		8546	16237	855

Çalışma alanında Profil 1'e ait fotoğraflar Şekil 6.3.2.1.2' de verilmiştir.

(a)

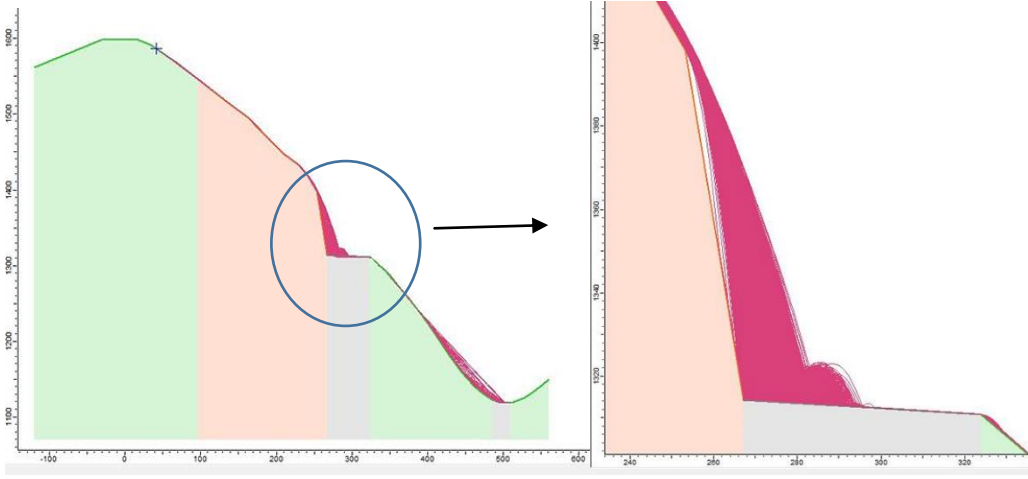
(b)



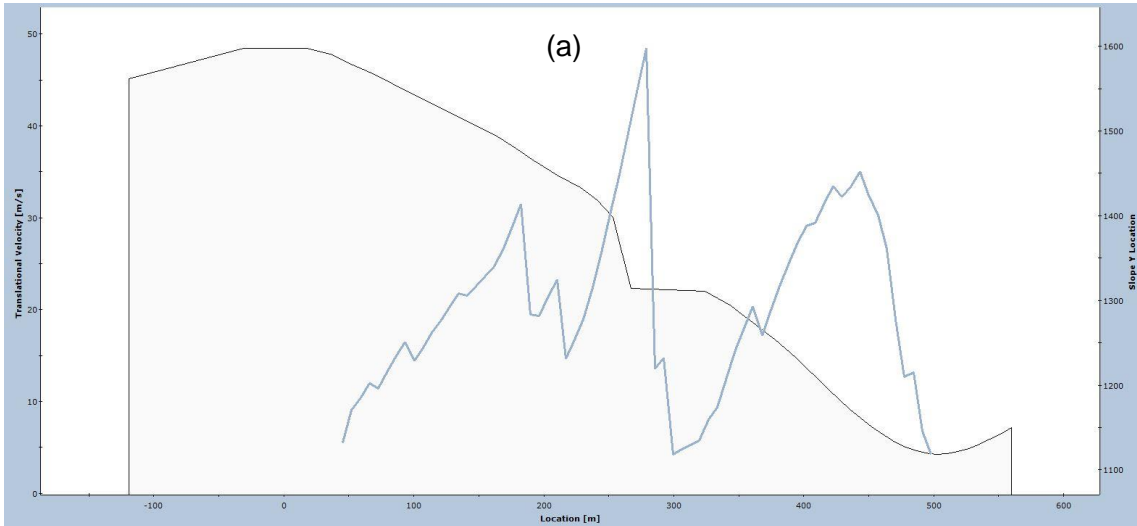
Şekil 6.3.2.1.2. Çalışma alanından Profil 1'e ait fotoğraflar (a,b)

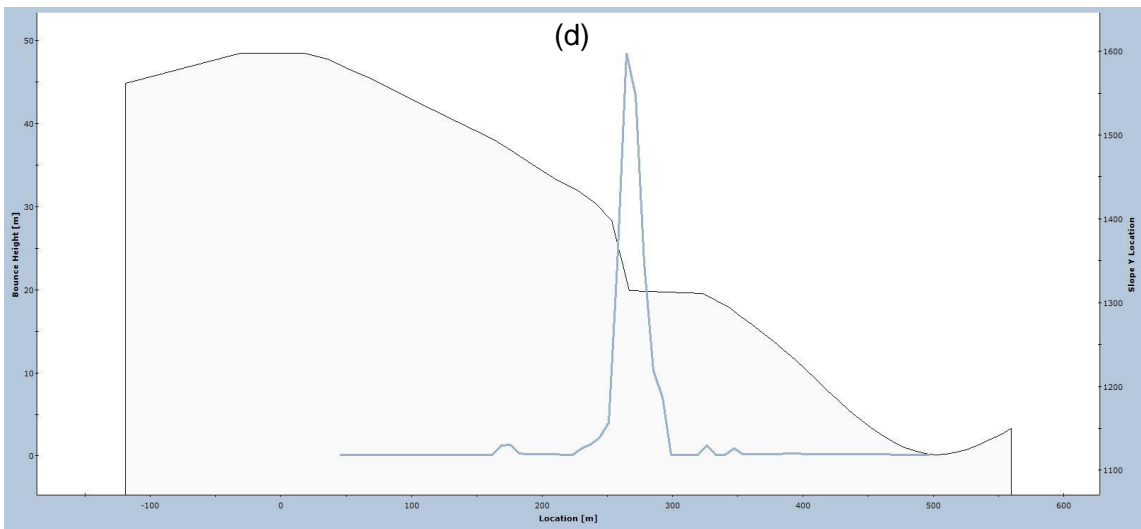
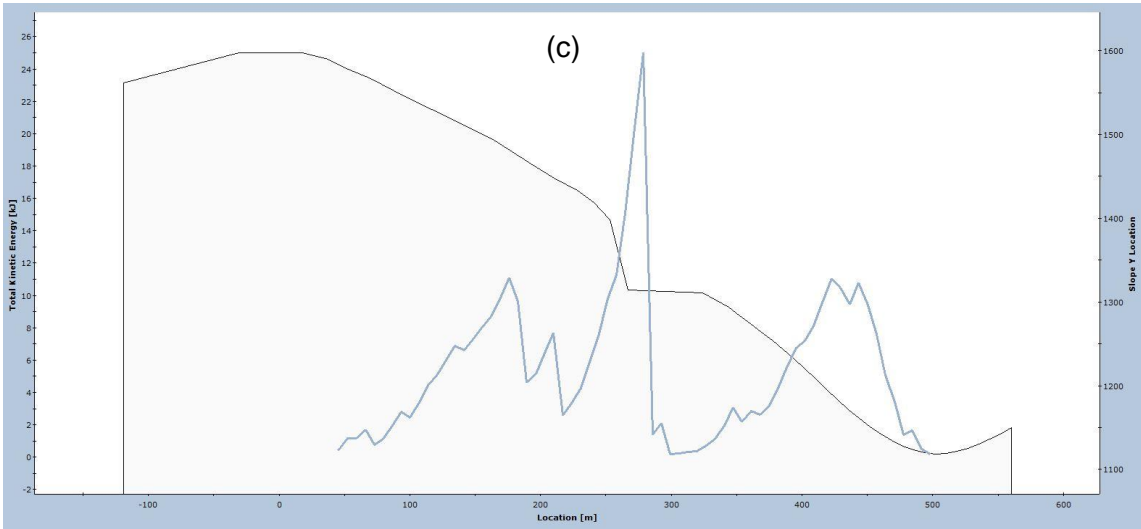
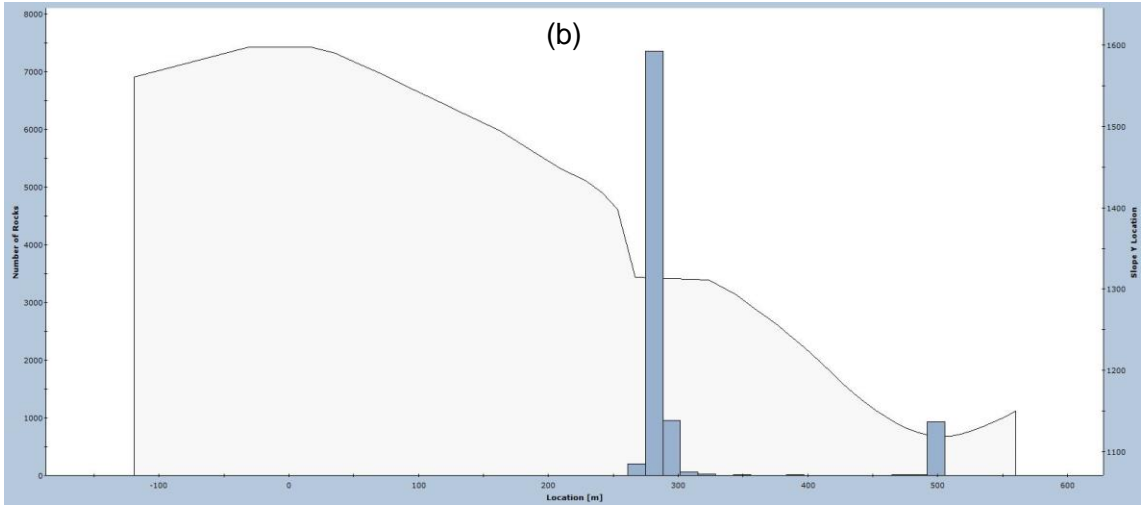
1 numaralı profil boyunca gerçekleştirilen 2B kaya düşmesi analizlerinde her bir kaynak noktadan 10000 adet blok fırlatılmıştır. Şekil 6.3.2.1.3'de blokların izledikleri yol görülmektedir. Şekil üzerindeki gri ile renklendirilmiş kısım manastırın avlu kısmını ifade etmekte olup, düşen blokların büyük bölümü burada sönümlenmektedir. Profiller manastırın üst şevinden başlayıp Coşan Dere'ye kadar devam etmektedir. 2B kaya düşmesi analizlerinden bloklara ait hız,

ilerleme mesafesi, kinetik enerji ve sıçrama yükseklikleri elde edilmiştir. Her bir profil için 5 ayrı simülasyon gerçekleştirilmiş olup, bu simülasyonlardan bir tanesine ait değerlendirme grafikleri Şekil 6.3.2.1.4' te verilmiş, diğerleri EK 2'de yer almaktadır. Elde edilen grafiklere göre manastır avlusunda bloklar betona büyük bir kinetik enerji ve yüksek bir hızla çarpmakta bu etkiyle sıçramakta ve enerjilerinin büyük bölümü burada sönmülmektedir.



Şekil 6.3.2.1.3. Profil 1 için gerçekleştirilen kaya düşmesi analizi





Şekil 6.3.2.1.4. 1 numaralı simülasyona ait 2B kaya düşmesi analiz sonuçları, hız (a), ilerleme mesafesi (b), kinetik enerji (c) ve sıçrama yükseklikleri (d)

Profil 2' ye ait fotoğraflar Şekil 6.3.2.1.5' te verilmiştir.

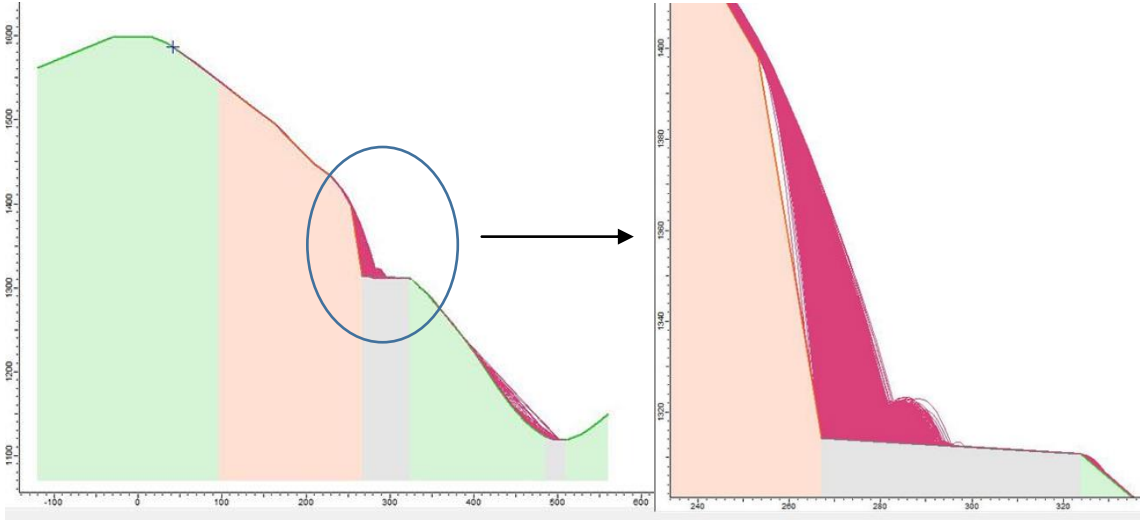
(a)

(b)

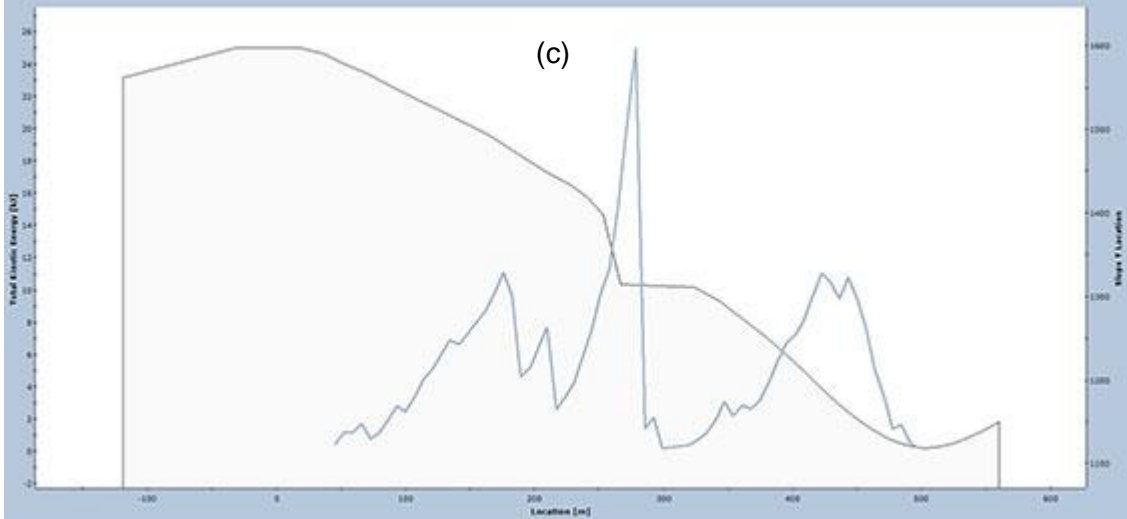
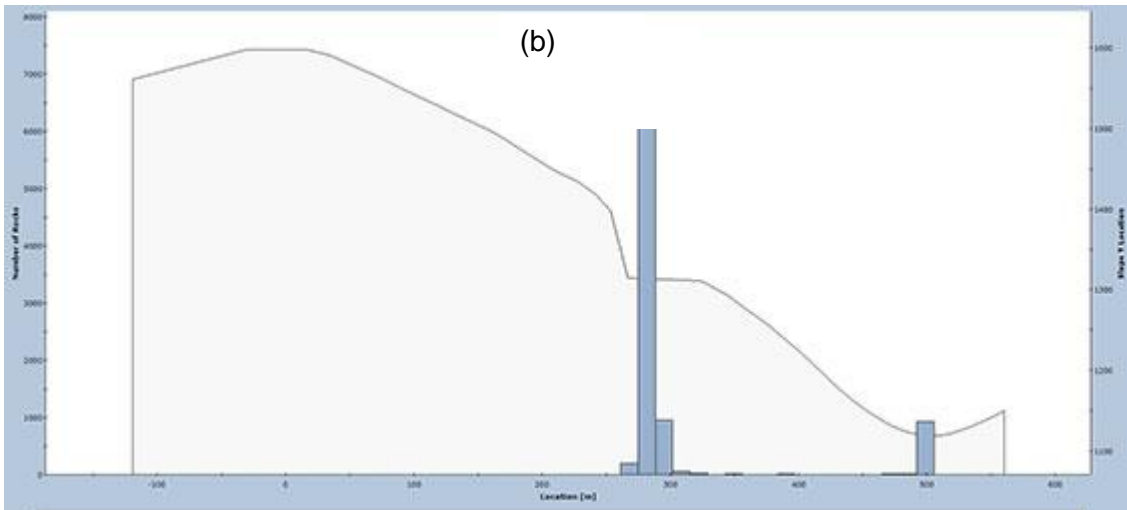
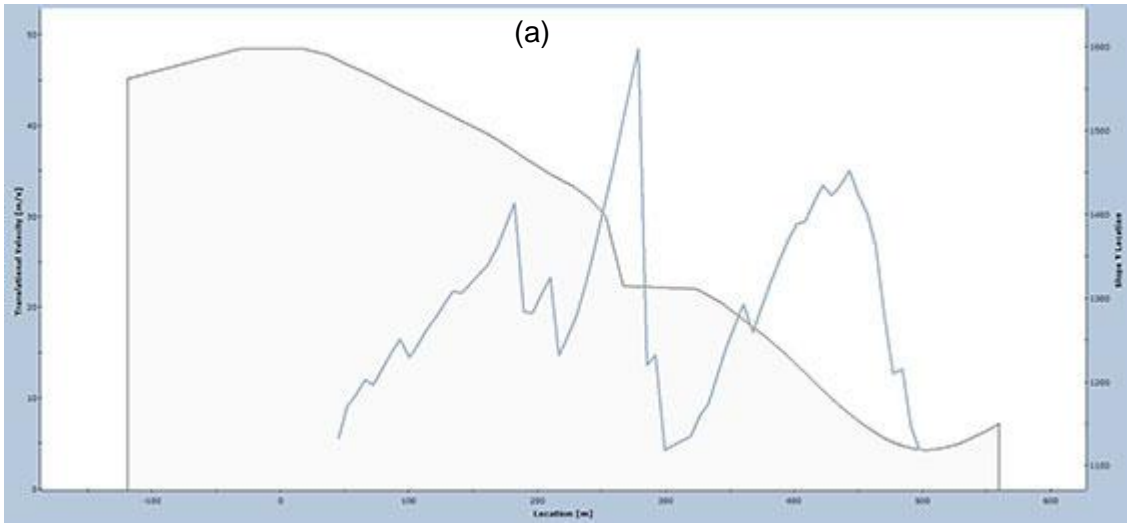


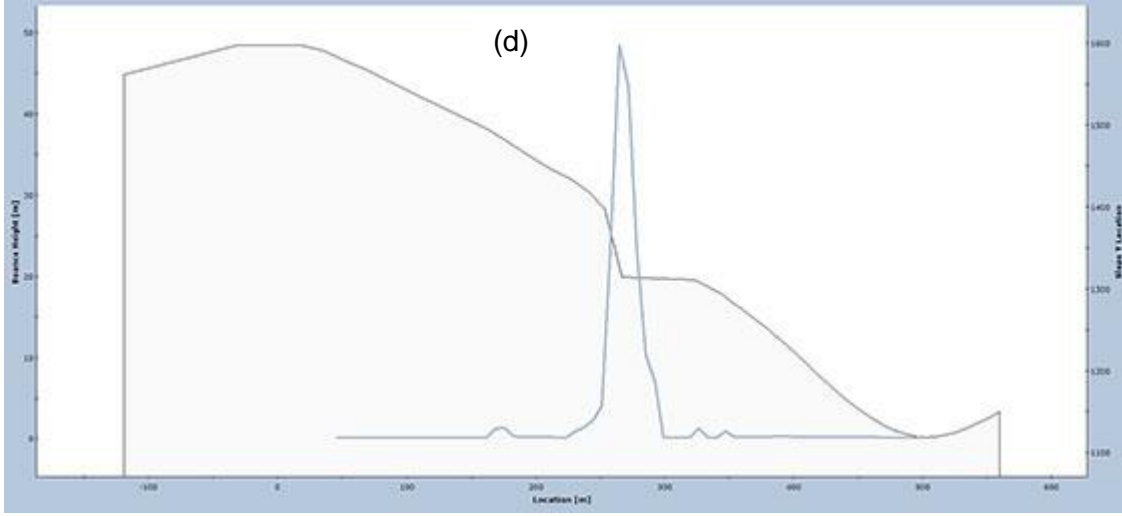
Şekil 6.3.2.1.5. Çalışma alanından Profil 2'ye ait fotoğraflar (a,b)

Profil 2'ye ait gerçekleştirilen 2B analizlerde blokların izledikleri yol Şekil 6.3.2.1.6' da verilmiştir. 2B kaya düşmesi analiz sonuçlarından 1 numaralı simülasyona ait grafikler Şekil 6.3.2.1.7' de verilmiştir.



Şekil 6.3.2.1.6. Profil 2 için gerçekleştirilen kaya düşmesi analizi





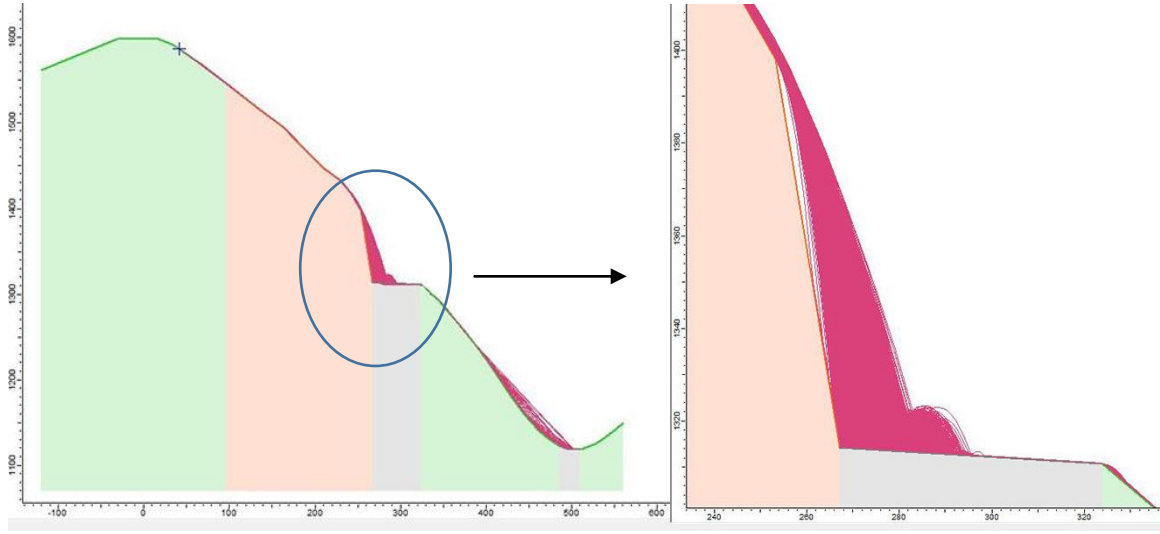
Şekil 6.3.2.1.7. 1 numaralı simülasyona ait 2B kaya düşmesi analiz sonuçları, hız (a), ilerleme mesafesi (b), kinetik enerji (c) ve sıçrama yükseklikleri (d)

Profil 3' e ait fotoğraflar Şekil 6.3.2.1.8' de verilmiştir.

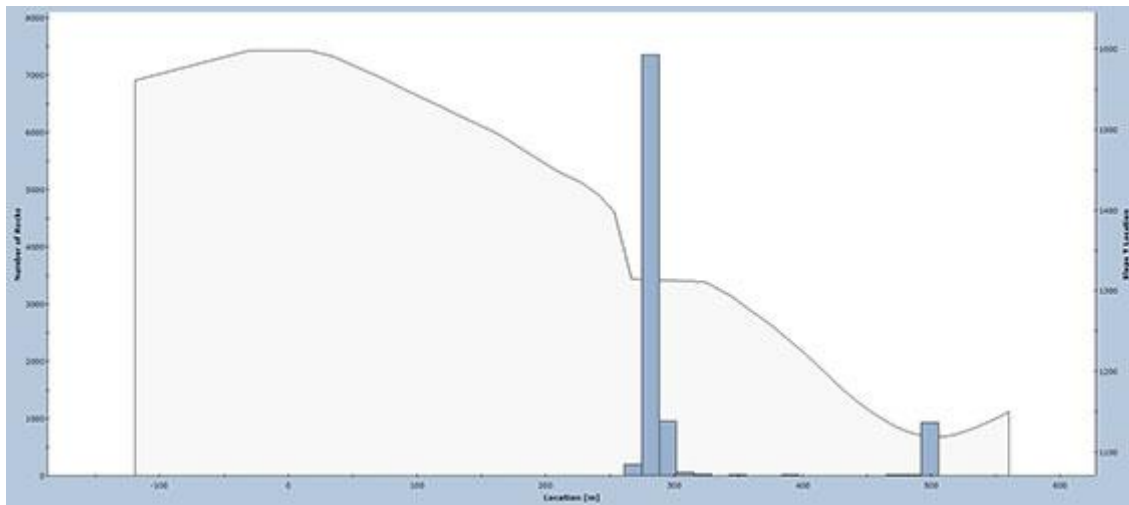
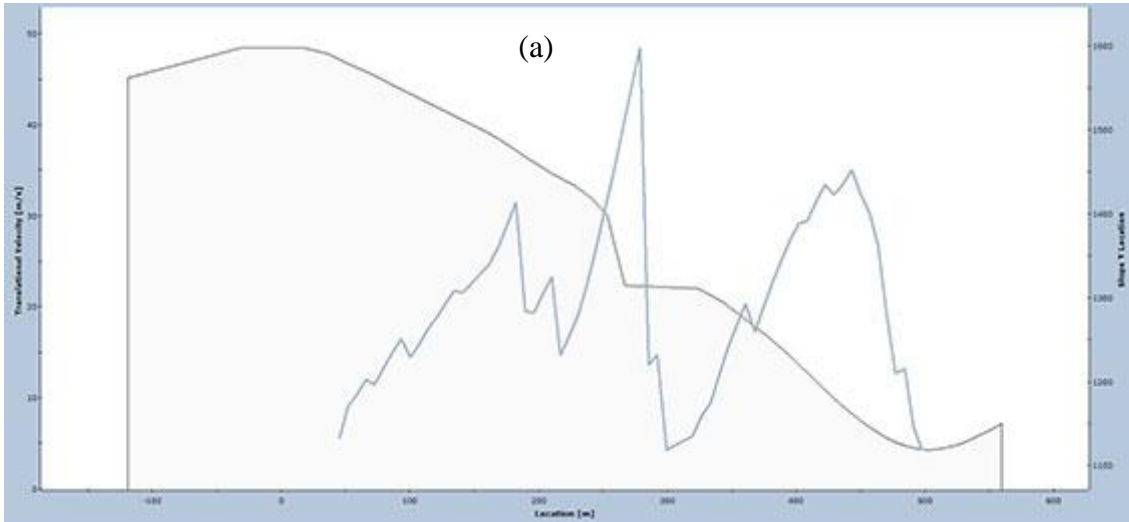


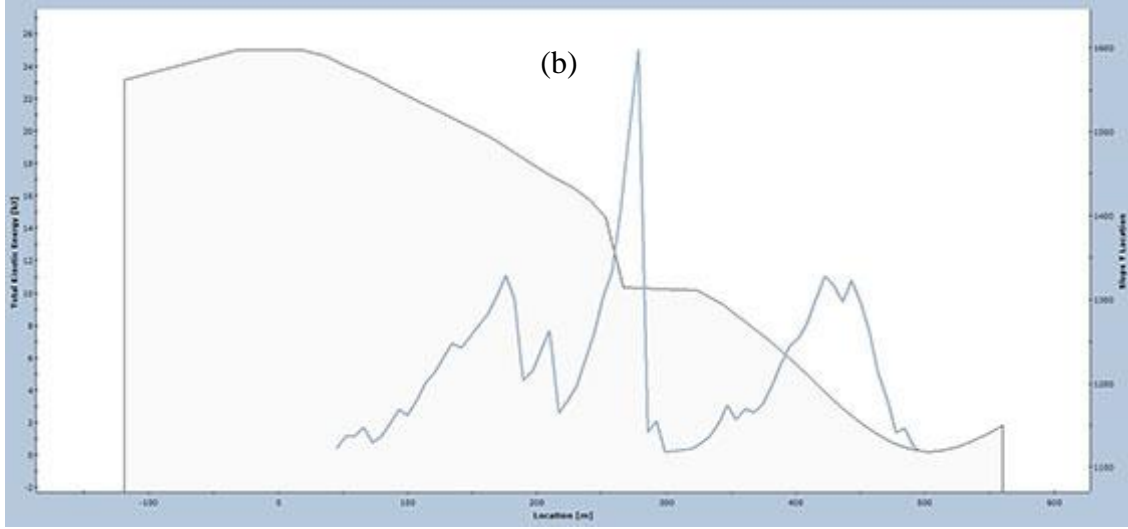
Şekil 6.3.2.1.8. Çalışma alanından Profil 3'e ait görüntü (a,b)

Profil 3'e ait gerçekleştirilen 2B analizlerde blokların izledikleri yol Şekil 6.3.2.1.9' da verilmiştir. 2B kaya düşmesi analiz sonuçlarından 1 numaralı simülasyona ait grafikler Şekil 6.3.2.1.10' da verilmiştir.

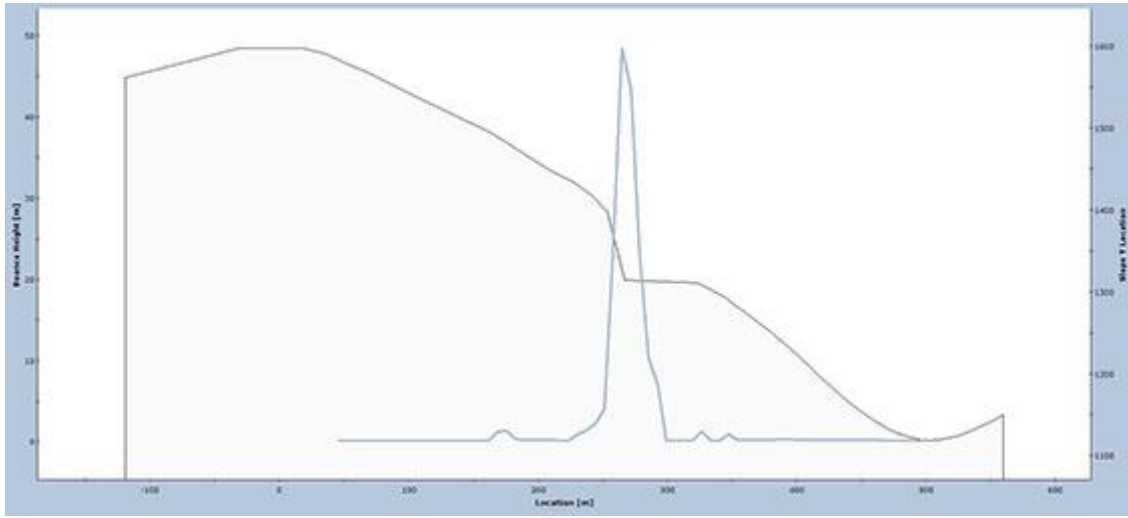


Şekil 6.3.2.1.9. Profil 3 için gerçekleştirilen kaya düşmesi analizi





(c)



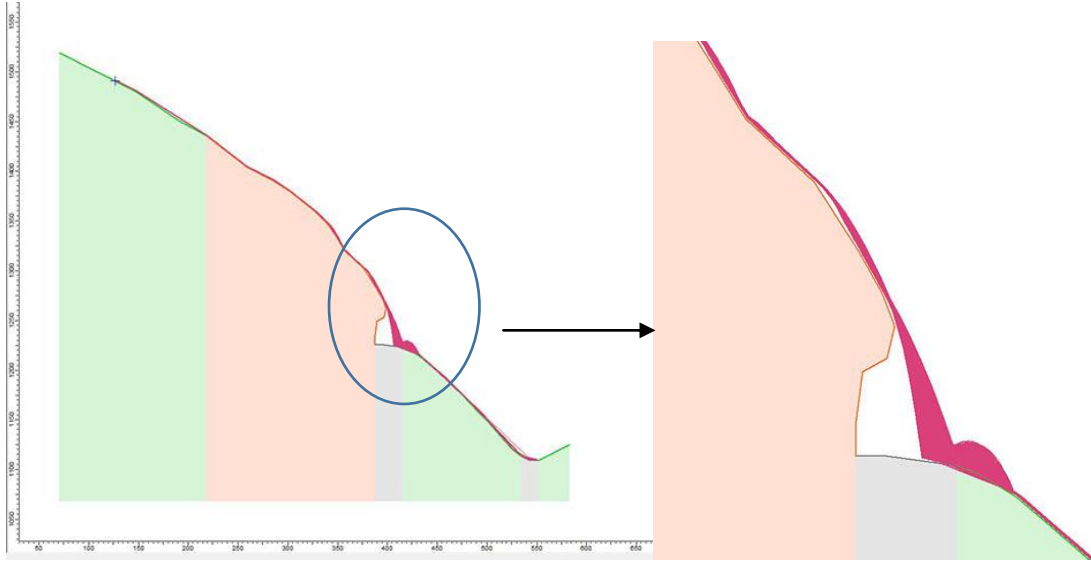
Şekil 6.3.2.1.10. 1 numaralı simülasyona ait 2B kaya düşmesi analiz sonuçları, hız (a), ilerleme mesafesi (b), kinetik enerji (c) ve sıçrama yükseklikleri (d)

Profil 4' e ait fotoğraflar Şekil 6.3.2.1.11' de verilmiştir.

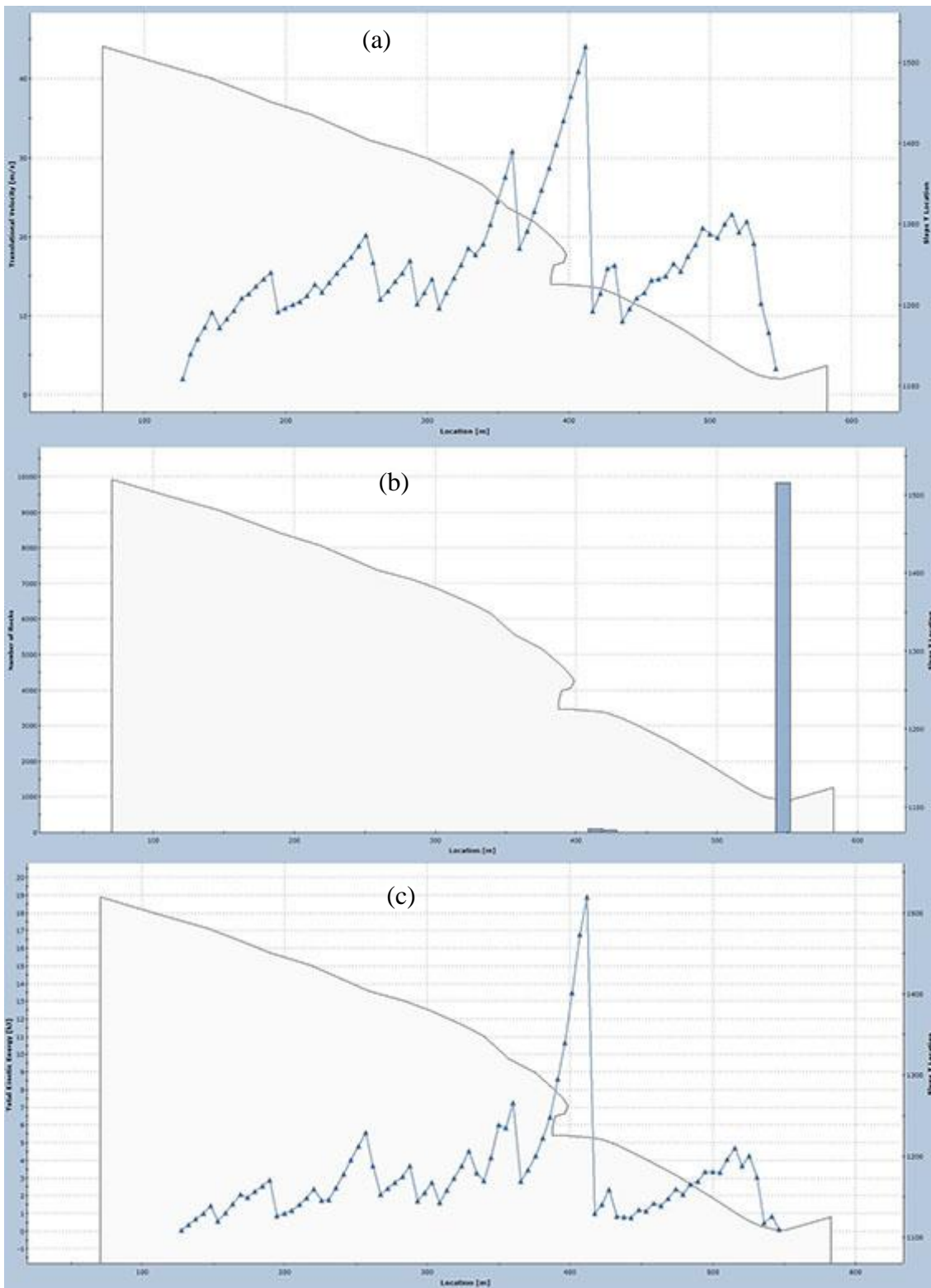


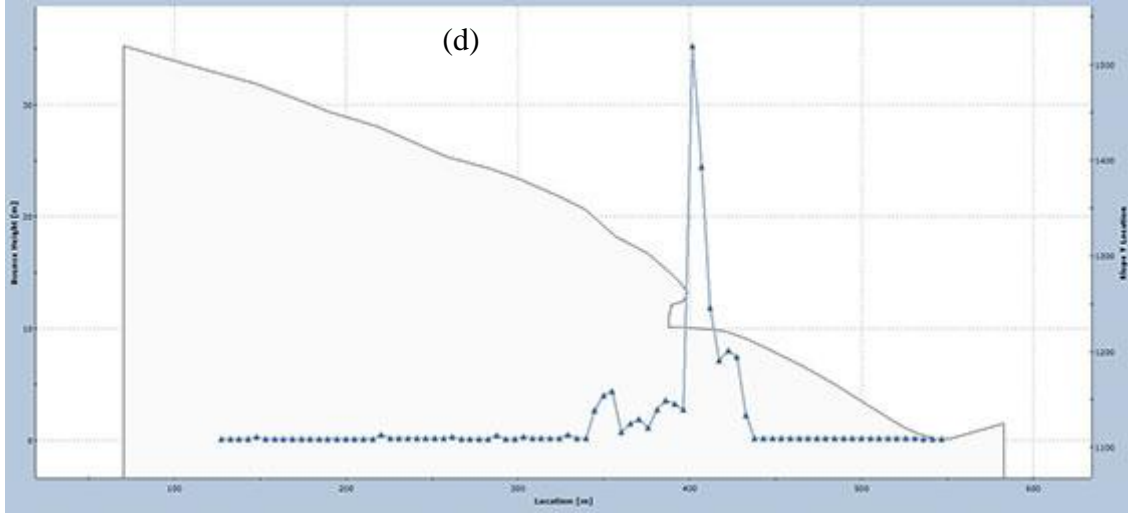
Şekil 6.3.2.1.11. Çalışma alanından Profil 4'e ait görüntü

Profil 4'e ait gerçekleştirilen 2B analizlerde blokların izledikleri yol Şekil 6.3.2.1.12' de verilmiştir. 2B kaya düşmesi analiz sonuçlarından 1 numaralı simülasyona ait grafikler Şekil 6.3.2.1.13' te verilmiştir.



Şekil 6.3.2.1.12. Profil 3 için gerçekleştirilen kaya düşmesi analizi





Şekil 6.3.2.1.13. 1 numaralı simülasyona ait 2B kaya düşmesi analiz sonuçları, hız (a), ilerleme mesafesi (b), kinetik enerji (c) ve sıçrama yükseklikleri (d)

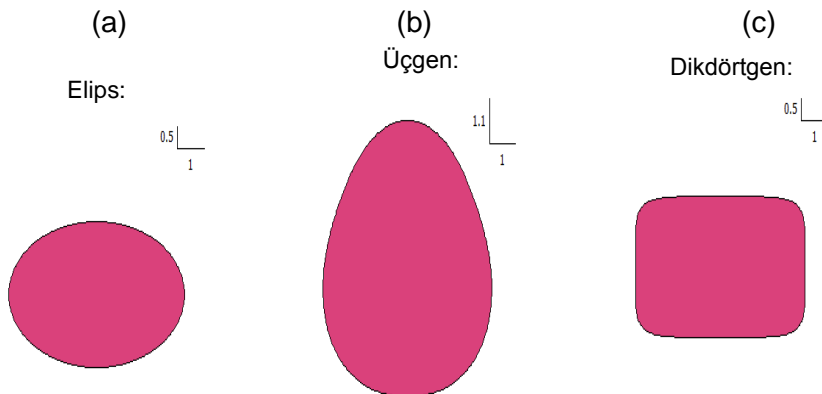
Çalışmanın bir sonraki aşamasında ilk aşamada küresel kabul edilen blok şekli değiştirilmiş ve çalışmaya blokların şekil etkisi eklenmiştir. Profil 1, 2 ve 3 aynı sonuçlar vermesinden dolayı analizler sadece Profil 1 ve Profil 4 için gerçekleştirilmiştir. Şekil etkisinin ortaya konulması için gerçekleştirilen analizler; elips, üçgen ve dikdörtgen şekilli bloklar için uygulanmıştır. Çizelge 6.3.2.1.2'de analizlerde kullanılan parametreler yer almaktadır.

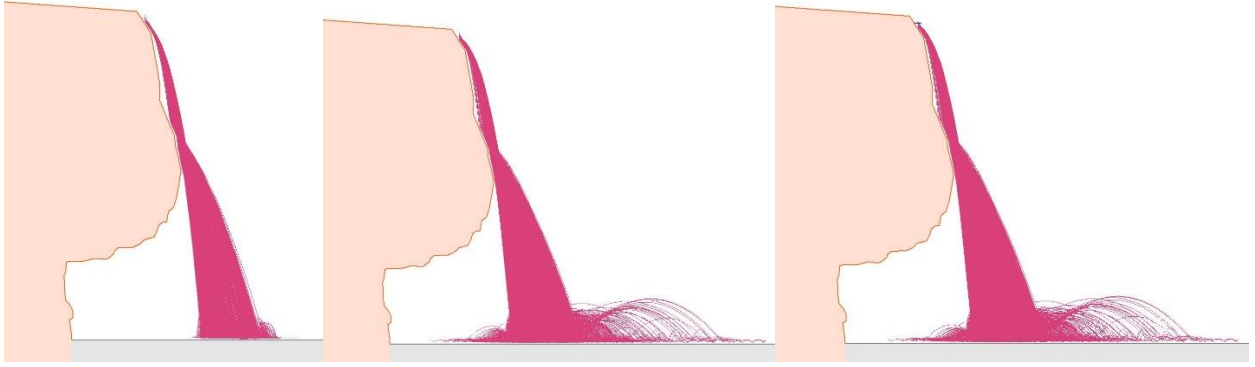
Çizelge 6.3.2.1.2. Analizlerde kullanılan parametreler

Blok No	Blok yarıçapı (cm)	Blok Hacmi (cm ³)	Yoğunluk (kg/m ³)	Ortalama Blok Ağırlığı (kg)	Yüksek Blok Ağırlığı (kg)	Düşük Blok Ağırlığı (kg)
P1 –P4	90	3052080	2800	8546	16237	855

Ş

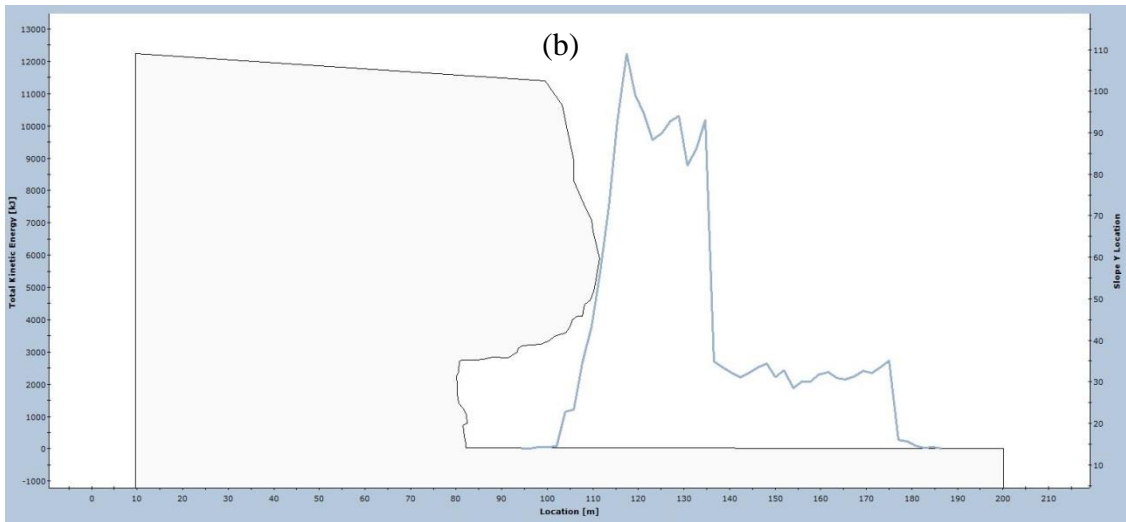
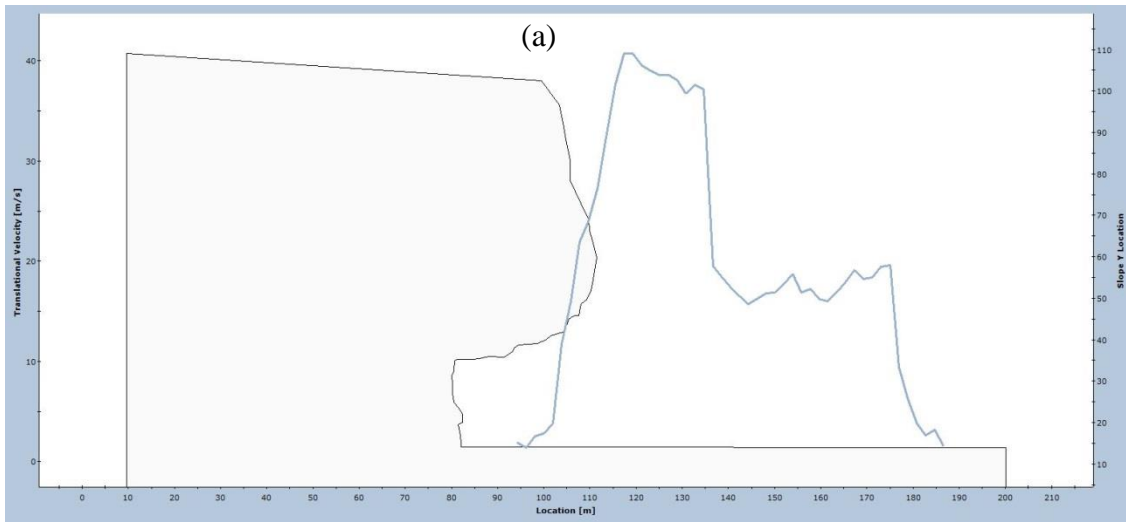
Şekil 6.3.2.1.14'te Profil 1 için farklı şekillerde gerçekleştirilen analizler sonucunda blokların izledikleri yol

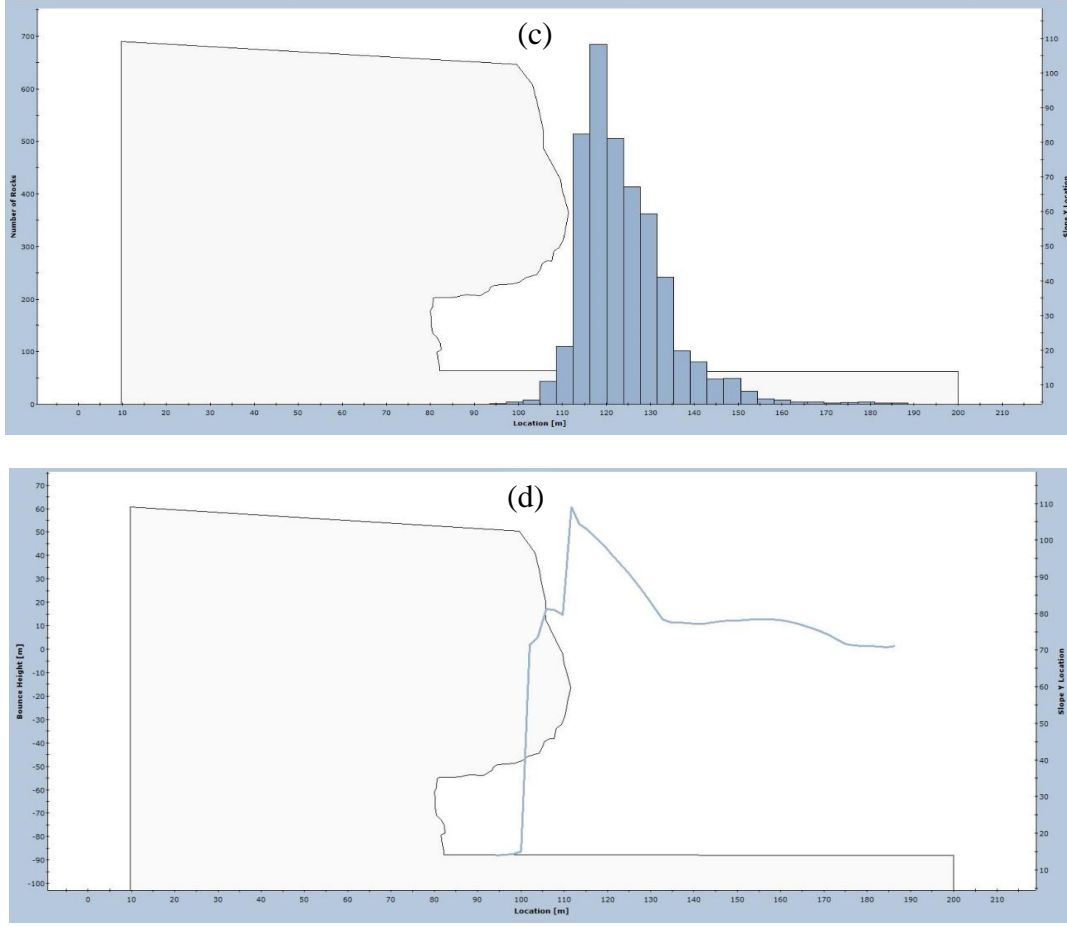




Şekil 6.3.2.1.14. Profil 1 için gerçekleştirilen analizlerde kullanılan farklı şekillerde bloklara (Elips (a), Üçgen (b), Dikdörtgen (c)) ait blokların izledikleri yol

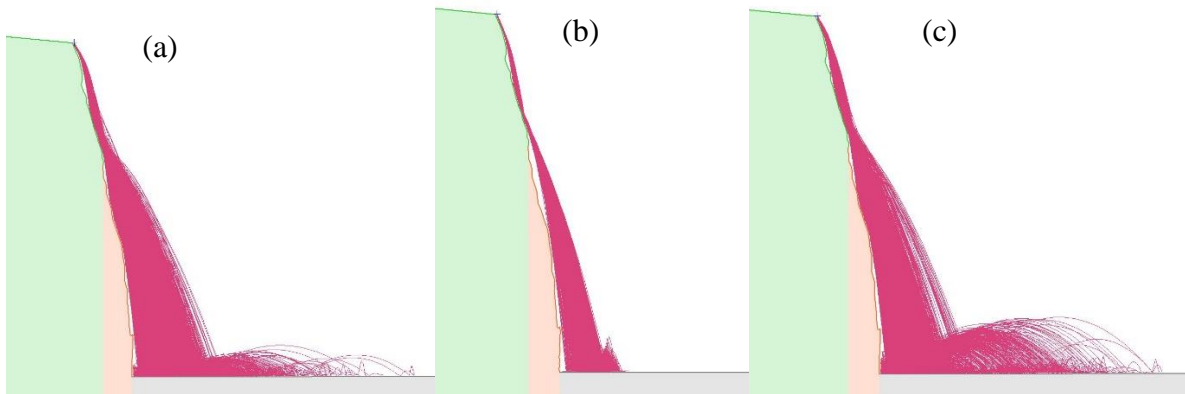
Profil 1 için gerçekleştirilen birleştirilmiş analiz sonuçları Şekil 6.3.2.1.15'te verilmiştir.





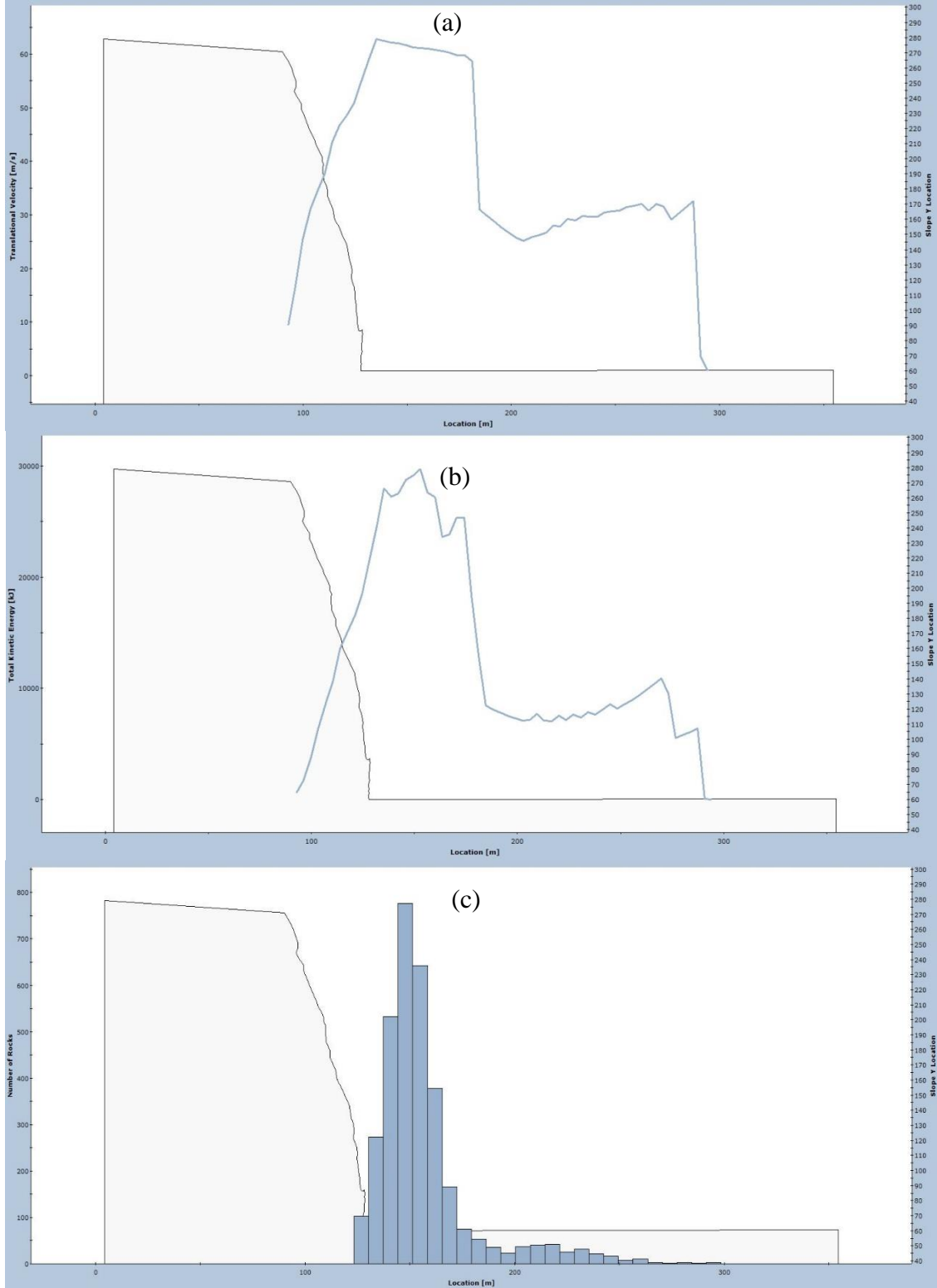
Şekil 6.3.2.1.15. Profil 1 için farklı şekillerdeki bloklara ait analiz sonuçları hız (a), toplam kinetik enerji (b), ilerleme mesafesi (c) ve sıçrama yüksekliği (d)

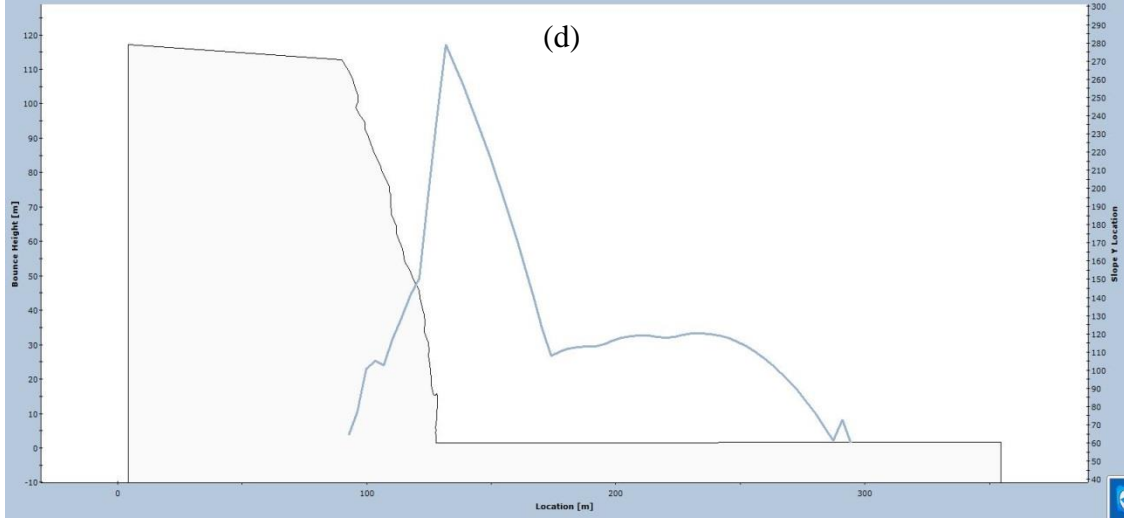
Şekil 6.3.2.1.16'da Profil 4 için farklı şekillerde gerçekleştirilen analizler sonucunda blokların izledikleri yol



Şekil 6.3.2.1.16. Profil 4 için gerçekleştirilen analizlerde kullanılan farklı şekillerde bloklara (Elips (a), Üçgen (b), Dikdörtgen (c)) ait blokların izledikleri yol

Profil 4 için gerçekleştirilen birleştirilmiş analiz sonuçları Şekil 6.3.2.1.17'de verilmiştir.





Şekil 6.3.2.1.17. Profil 4 için farklı şekillerdeki bloklara ait analiz sonuçları hız (a), toplam kinetik enerji (b), ilerleme mesafesi (c) ve sıçrama yüksekliği (d)

Sonuç olarak; Rockfall v.5 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen kaya düşmeleri analiz sonuçlarından düşen blokların sahip oldukları kinetik enerji, hız ve sıçrama yükseklikleri kestirilmiş olup; değerler Çizelge 6.3.2.1.3' te verilmiştir.

Çizelge 6.3.2.1.3. Bloklara ait kinetik enerji ve hız ve sıçrama yüksekliği değerleri

Toplam Kinetik Enerji (KJ)			Hız (m/s)			Sıçrama Yüksekliği (m)		
En küçük	En büyük	Ortalama	En küçük	En büyük	Ortalama	En küçük	En büyük	Ortalama
16	35000	9500	20	75	50	2	140	53

6.3.2.2. HY-STONE Yazılımı Kullanılarak Gerçekleştirilen Kaya Düşmesi Analizleri

Çalışma kapsamında coğrafi bilgi sistemlerini (GIS) kullanan üç boyutlu kaya düşmesi analiz programı olan HY-STONE (Aglardi et al. 2009) kullanılmıştır. HY-STONE Guzzetti et al. (2002) tarafından geliştirilen STONE yazılımının son şeklidir. Bu kapsamda öncelikle modellemelerde kullanılacak jeomorfoloji haritası (Şekil 6.3.2.2.1), arazi kullanım haritası (Şekil 6.3.2.2.2), *unique condition* haritası (Şekil 6.3.2.2.3) ve kaya düşmesi kaynak alanı haritası (Şekil 6.3.2.2.4) hazırlanmıştır. Bu haritaların hazırlanmasında çalışma alanına ait ortofotolardan, arazi fotoğraflarından ve google earth görüntülerinden faydalanılmıştır.

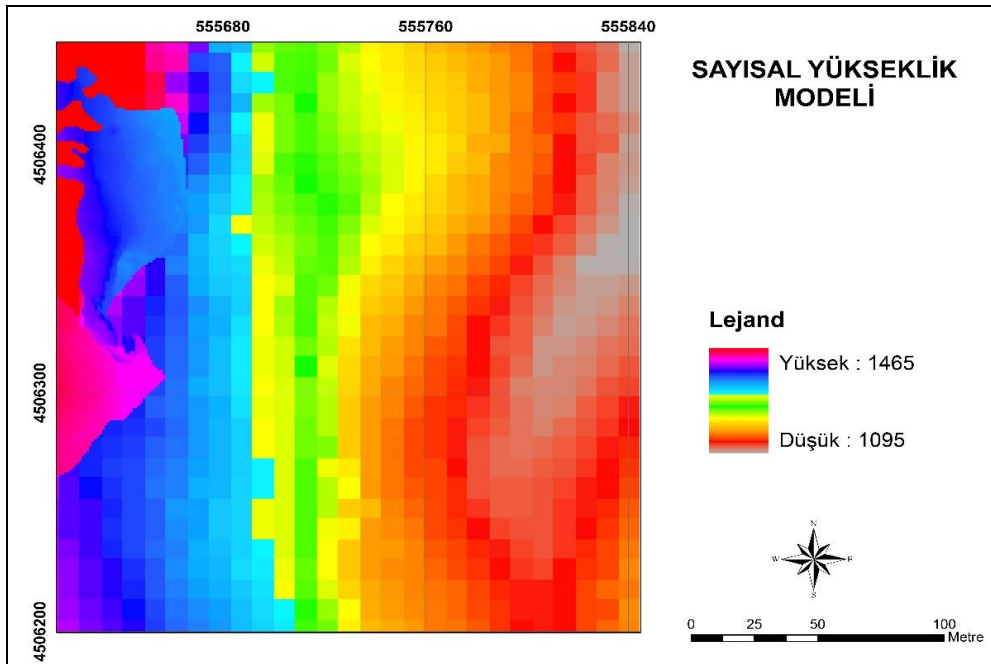
HY-STONE,

- Sayısal yükseklik modeli,
- Jeomorfoloji ve arazi kullanım haritalarının birleştirilmesinden elde edilen *unique condition* haritası,
- Kaya düşmesi kaynak alanı,
- Enerji sönümlenmelerini ifade eden normal ve tanjansiyel katsayılar (normal and tangential restitution of coefficient) ve yüzey sürtünme açısı (friction coefficient),
- İksel durumları ve kontrol parametrelerini içeren form

parametrelerini girdi olarak kullanmaktadır.

6.3.2.2.1. Sayısal Yükseklik Modeli

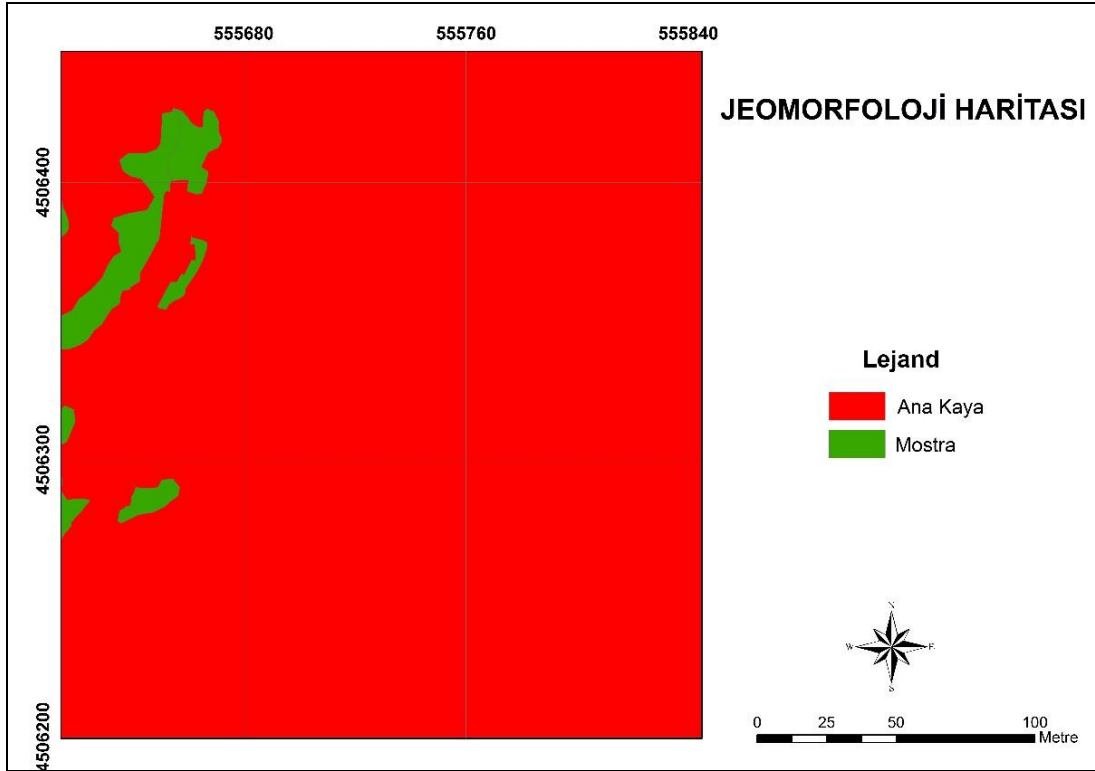
Çalışma kapsamında sayısal yükseklik modelinin belirlenmesi için lazer taraması gerçekleştirilmiş olup, karşılaşılan güçlüklerden dolayı elde edilen sayısal yükseklik modeli istenilen performansı gösterememiştir. Sayısal yükseklik modeli HY-STONE ile gerçekleştirilecek modellerin başarısını etkileyen en önemli girdilerden biridir. Elde edilen sayısal yükseklik modeli 1m x1m çözünürlüğe sahiptir (Şekil 6.3.2.2.1). Çalışma alanında yükseklik değerleri 1095 m-1465 m arasında değişim göstermektedir. Sümela Manastırınının bulunduğu şevler en yüksek değerlere sahiptir.



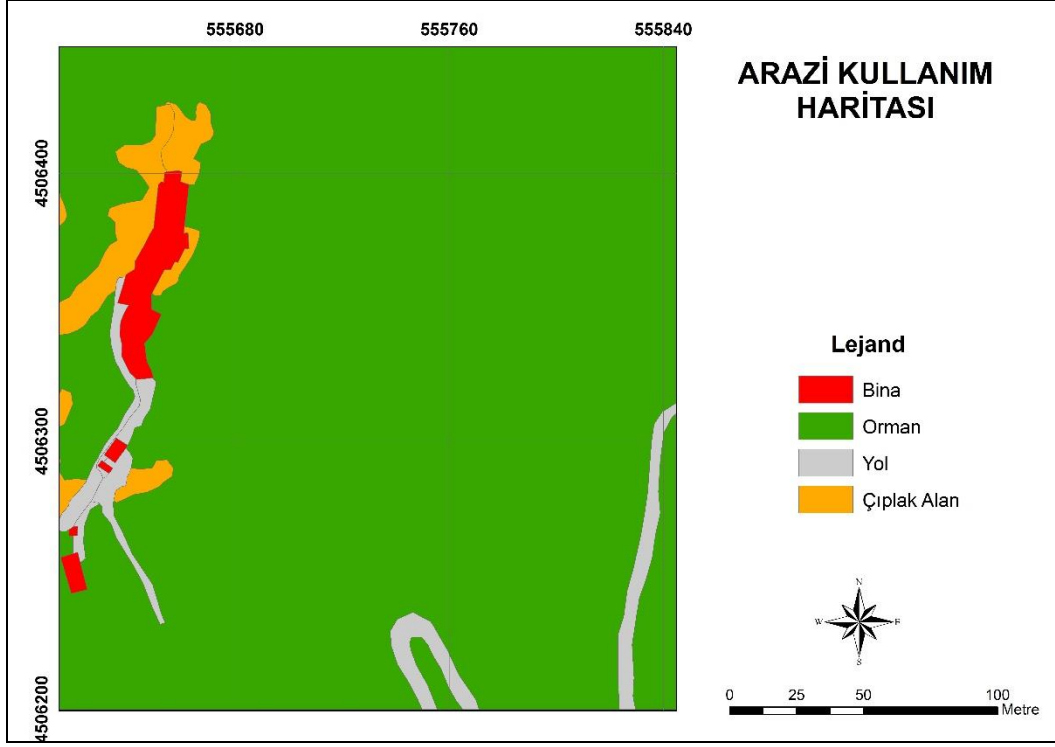
Şekil 6.3.2.2.1.1. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli

6.3.2.2.2. Unique Condition Haritası

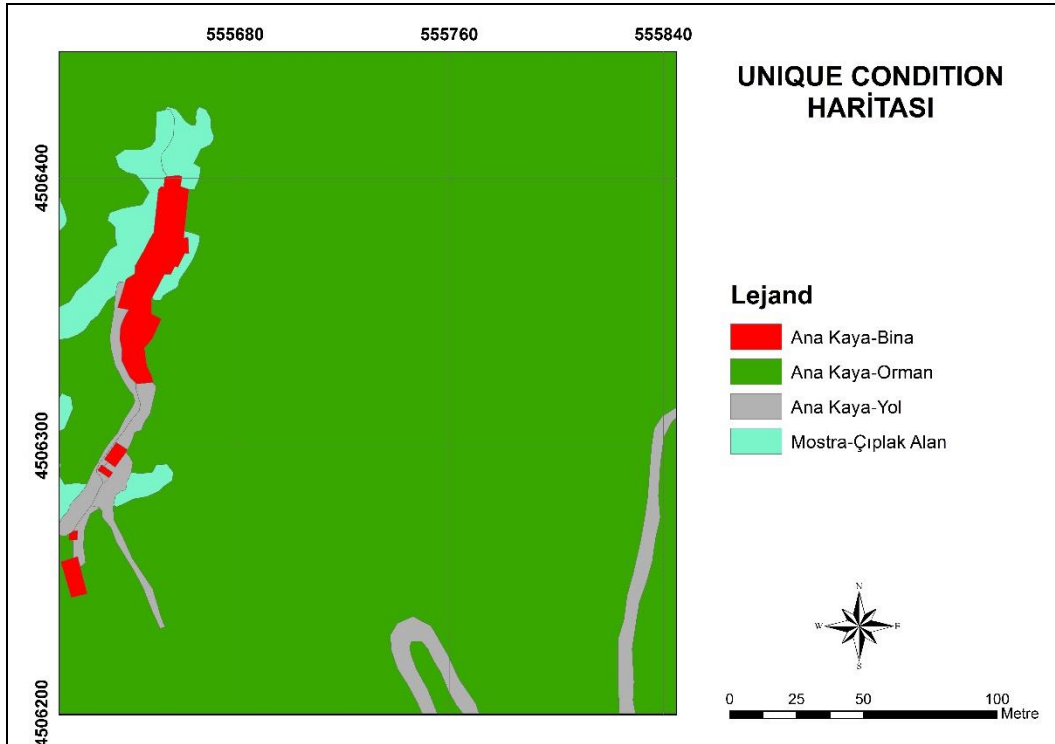
Çalışma kapsamında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 2014 yılına ait 1/5000 ölçekli ortofotolar ve google earth görüntüleri kullanılarak, çalışma alanına ait jeomorfoloji (Şekil 6.3.2.2.2.1) ve arazi kullanım haritası (Şekil 6.3.2.2.2.2) GIS ortamında oluşturulmuştur. Daha sonra bu iki harita birleştirilerek her iki haritaya ait parametreleri içinde barındıran *unique condition* haritası (Şekil 6.3.2.2.2.3) elde edilmiştir.



Şekil 6.3.2.2.2.1. Çalışma alanına ait jeomorfoloji haritası



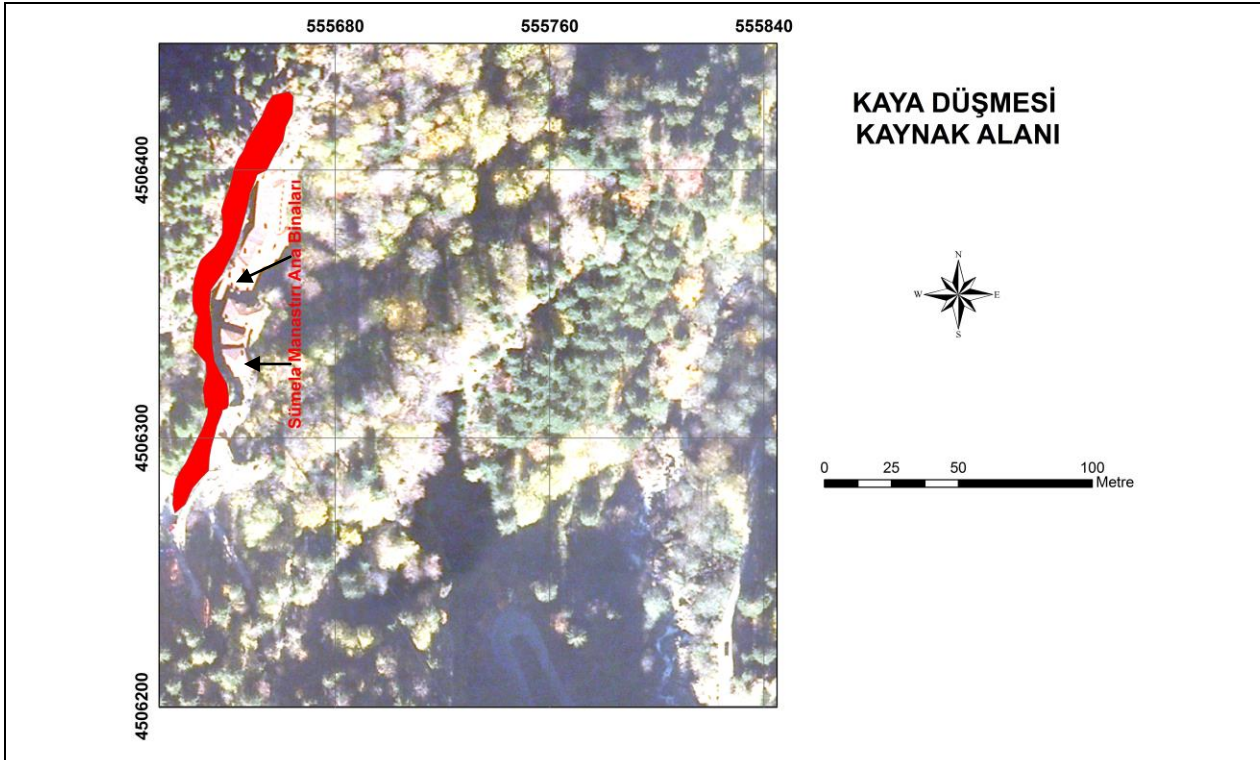
Şekil 6.3.2.2.2. Arazi kullanım haritası



Şekil 6.3.2.2.2.3. Unique condition haritası

6.3.2.2.3. Kaya Düşmesi Kaynak Alanı

Arazi gözlemleri, ortofotolar ve google earth görüntüleri birlikte değerlendirilerek CBS ortamında kaya düşmesi kaynak alanı oluşturulmuştur (Şekil 6.3.2.2.3.1). Modelleme aşamasında her kaynak alan içindeki her bir pikselden 10 adet blok fırlatılmış olup, toplam 12740 adet blok çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Kaya düşmesi kaynak alanlarının belirlenmesinde ortofotolardan ve google earth görüntülerinden faydalanılmıştır.



Şekil 6.3.2.2.3.1. Kaya düşmesi kaynak alanı

6.3.2.2.4. Normal and Tanjansiyel Sönümlenme Katsayıları ve Yüzey Sürtünme Açısı

Düşen bloğun topoğrafyaya temas ettiği noktalardaki enerji sönümlenmelerini kontrol eden normal ve tanjansiyel katsayıları (normal (E_n) and tangential (E_t) restitution coefficient) ve düşen blok ile yüzey arasındaki sürtünme katsayısı (rolling friction coefficient- A_t) analiz programında girdi olarak kullanılmaktadır (Çizelge 6.3.2.2.4.1). Bu katsayılar, düşen bloğun ve yüzeyin özelliklerine göre değişim göstermektedir. Literatürde bu katsayıları kontrol eden farklı yüzey tanımları önerilmektedir. Bu tanımlar; çalışma alanında bulunan jeolojik birimlere ve arazi kullanımına göre değişiklik göstermektedir.

Bu parametrelerin belirlenmesi için çalışılan sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğüne eşit ya da yakın literatürde kullanılan parametreler değerlendirilmiş ve *unique condition* haritasında yer alan yüzey özelliklerine göre sönümlenme katsayıları ve sürtünme açıları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca geriye dönük analizlerle sönümlenme katsayıları kalibre edilmiştir. HY-STONE yazılımında çok sayıda model geliştirilerek çalışma alanını en iyi yansıtan parametrelerle analizler gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 6.3.2.2.4.1. *Unique condition* haritasında yer alan birimler ve normal (En), tanjansiyel (Et) katsayıları ile yüzey sürtünme açısı (At) değerleri

Tanımlama	At	En	Et
Mostra-Çıplak Alan	0.45	35	85
Bina	2.00	10	10
Yol	0.30	35	80
Ana kaya-Orman	0.50	50	70

6.3.2.2.5 İksel Durumları ve Kontrol Parametrelerini İçeren Form

Kontrol formu modelin çalışması için gereken girdi parametreleri ile kaya düşmesi alanını kontrol eden malzemenin birim hacim ağırlığı, blok boyutu, şekli gibi parametreleri ve çıktı verilerini içermektedir. Modelleme aşamasında kullanılan forma bir örnek EK-3'te yer almaktadır.

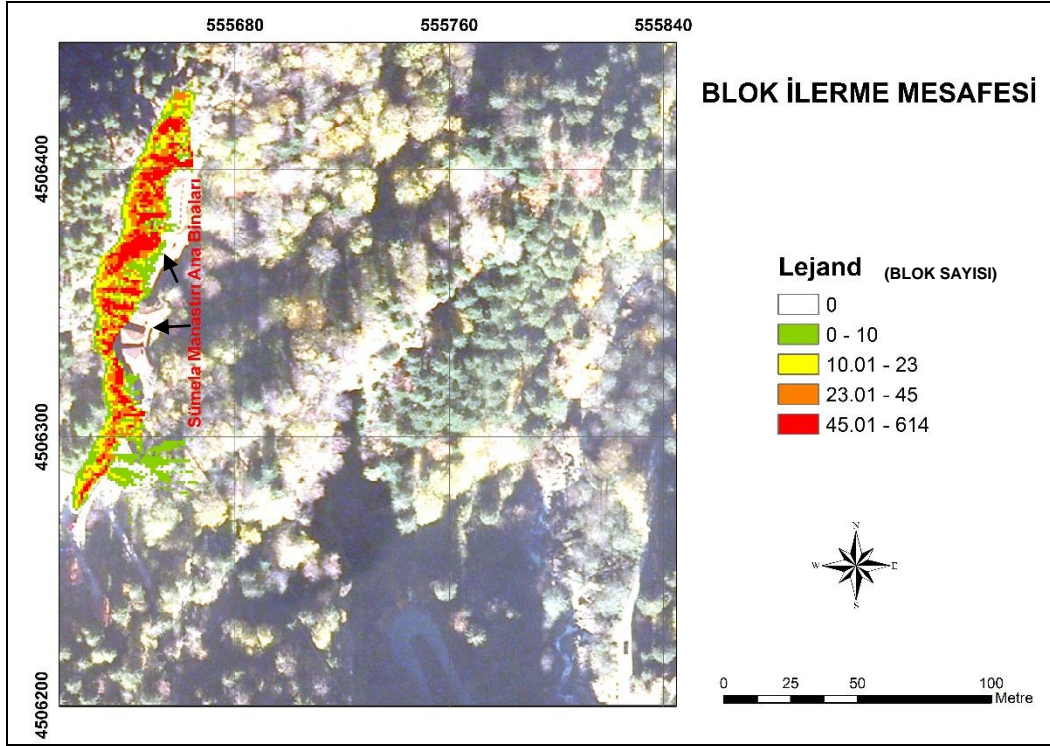
Sönümlenme katsayıları ile yüzey sürtünme açıları için farklı değerler kullanılarak çok sayıda model elde edilmiş, ilerleme mesafesi her bir model için değerlendirilmiş ve çalışma alanını en iyi temsil eden model belirlenmiştir.

6.3.2.3. Kaya Düşmesi Analiz Çıktıları

HY-STONE yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen kaya düşmesi analizleri sonucunda blokların izleyeceği yol ile her bir piksele gelen blok sayısı (Şekil 6.3.2.3.1), en düşük, ortalama ve en yüksek kinetik enerji değerleri (Şekil 6.3.2.3.3), en düşük, ortalama ve en yüksek hızları (Şekil 6.3.2.3.4) ve sıçrama yükseklikleri (Şekil 6.3.2.3.5) belirlenmiştir.

Kaya düşmeleri için gerçekleştirilen analizler sonucunda özellikle ana binaların bulunduğu alanın kaya düşmesi riski altında olduğu blokların izlediği yolu gösteren haritada görülmektedir (Şekil 6.3.2.3.1). Analiz sonuçlarına göre düşen bloklar binalara ulaşmaktadır. Arazi gözlemlerinde düşen blokların manastır çatısı üzerine geldiği ve kiremitlerde hasara neden olduğu görülmüş

olup (Şekil 6.3.2.3.2), arazi çalışmaları modeli doğrulamaktadır.



Şekil 6.3.2.3.1. Kaya düşmelerinin izleyeceği yol

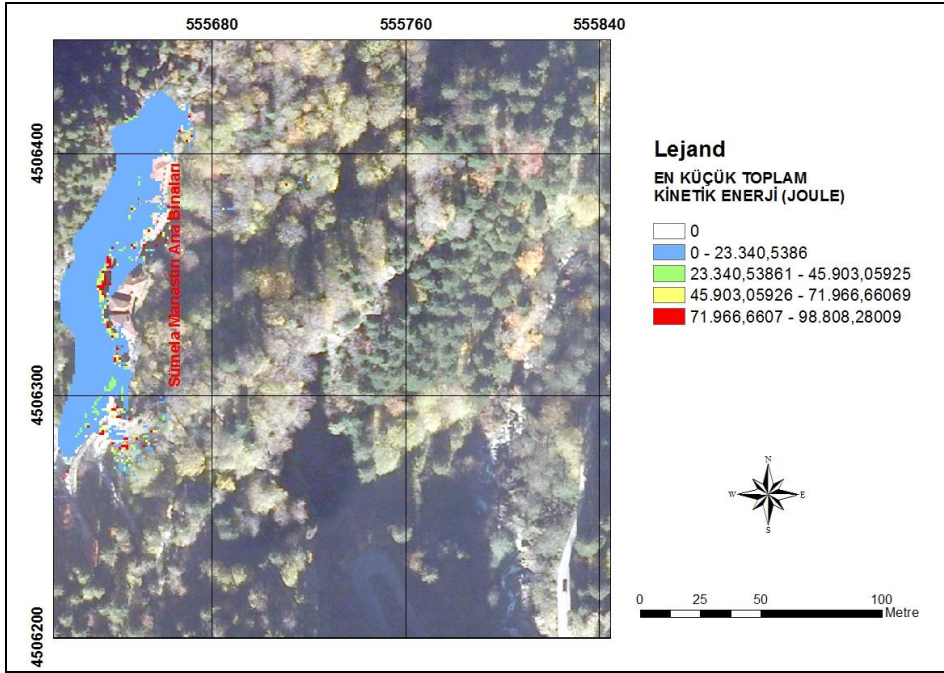


Şekil 6.3.2.3.2. Kiremitler üzerine düşen blokların meydana getirdiği hasar

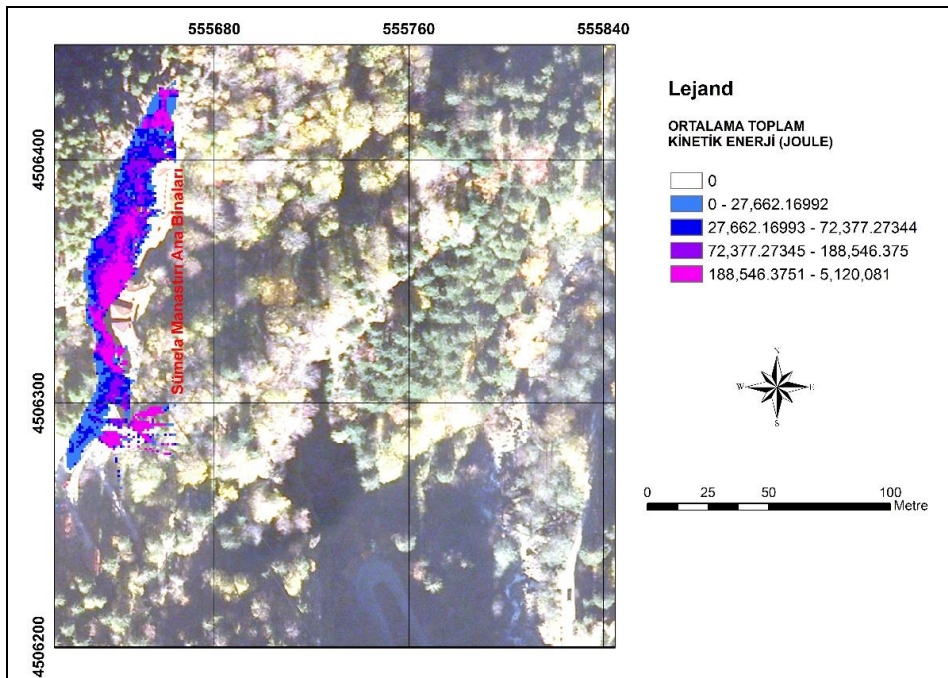
Gerçekleştirilen analizlerde ortalama blok ağırlığı 5190 kg olarak kestirilmektedir. Küresel kabul edilen bir blok için yarı çap değeri yaklaşık 0.76 m'dir. Elde edilen bu değer özellikle yürüyüş yolu üzerinde düşmüş bloklar değerlendirildiğinde arazi çalışmaları ile de örtüşmektedir (Şekil 6.3.3).

Çalışma kapsamında belirlenen en yüksek ortalama toplam kinetik enerji değeri 5120 kjoule olarak belirlenmiştir (Şekil 6.3.2.3.3). Bu değer, düşen blokların yüksek enerjiye sahip olduğunu göstermekte olup, kaya düşmelerinden korunmaya yönelik gerçekleştirilecek önlemlerin alınmasında önem taşımaktadır. Yüksek kinetik enerjiye sahip bloklar özellikle Manastır avlusunun da yer aldığı beton alanlarda çarpma etkisiyle sönmülmekte ve oradaki yapılarda hasara neden olmaktadır. Gerçekleştirilen analizlerde düşen bloklara ait ortalama hız değerlerinin 31.5 m/s 'ye ulaştığı izlenmiştir (Şekil 6.3.2.3.4).

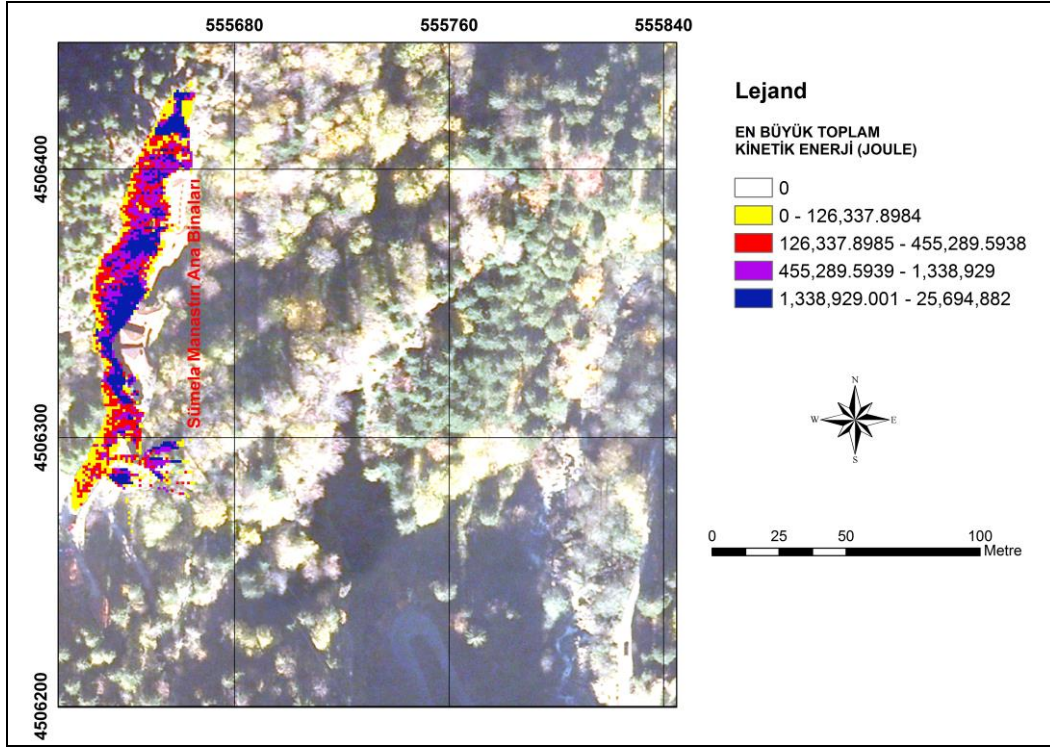
(a)



(b)

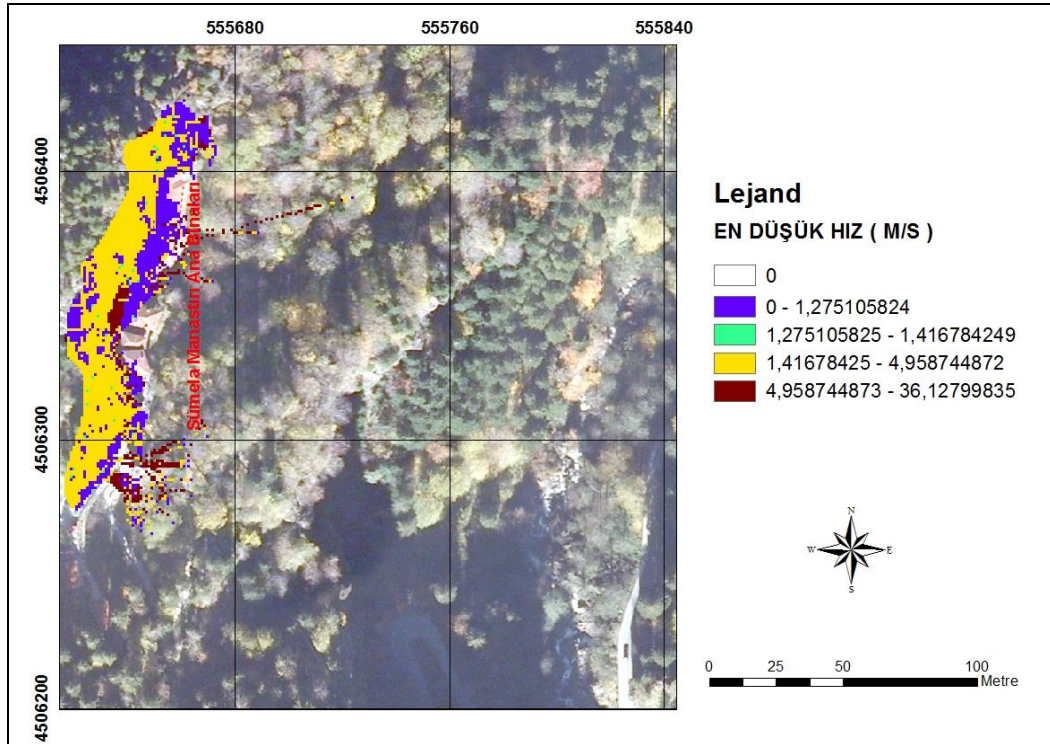


(c)

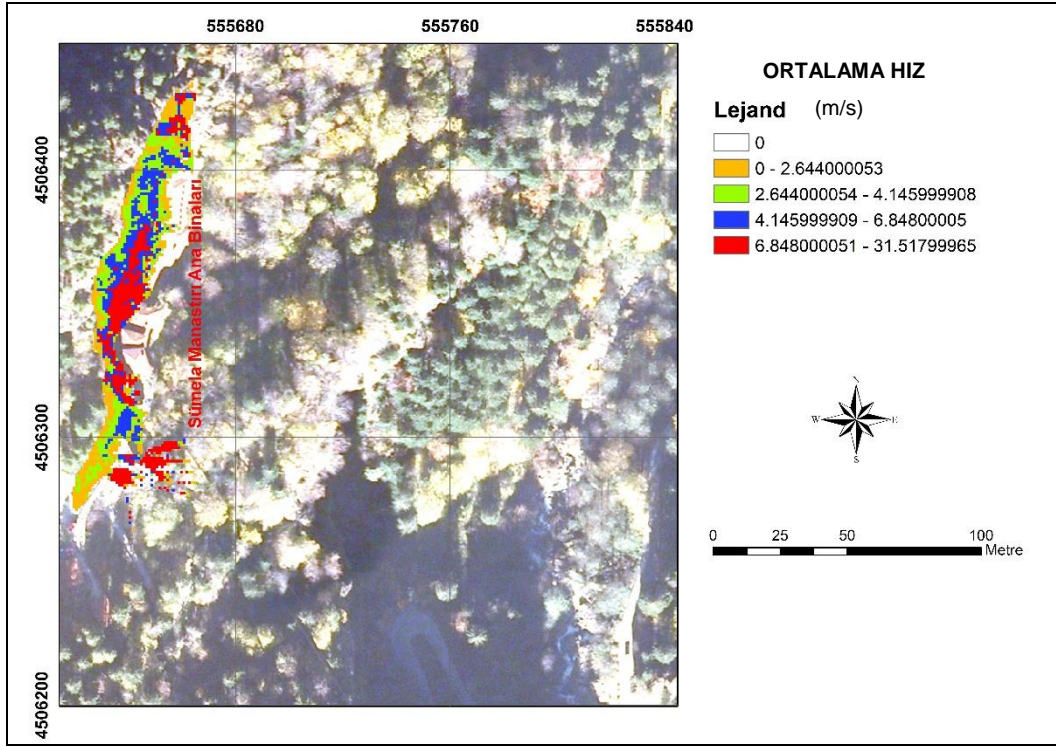


Şekil 6.3.2.3.3. Kaya düşmelerine ait en düşük (a), ortalama (b), en yüksek (c) toplam kinetik enerjiler

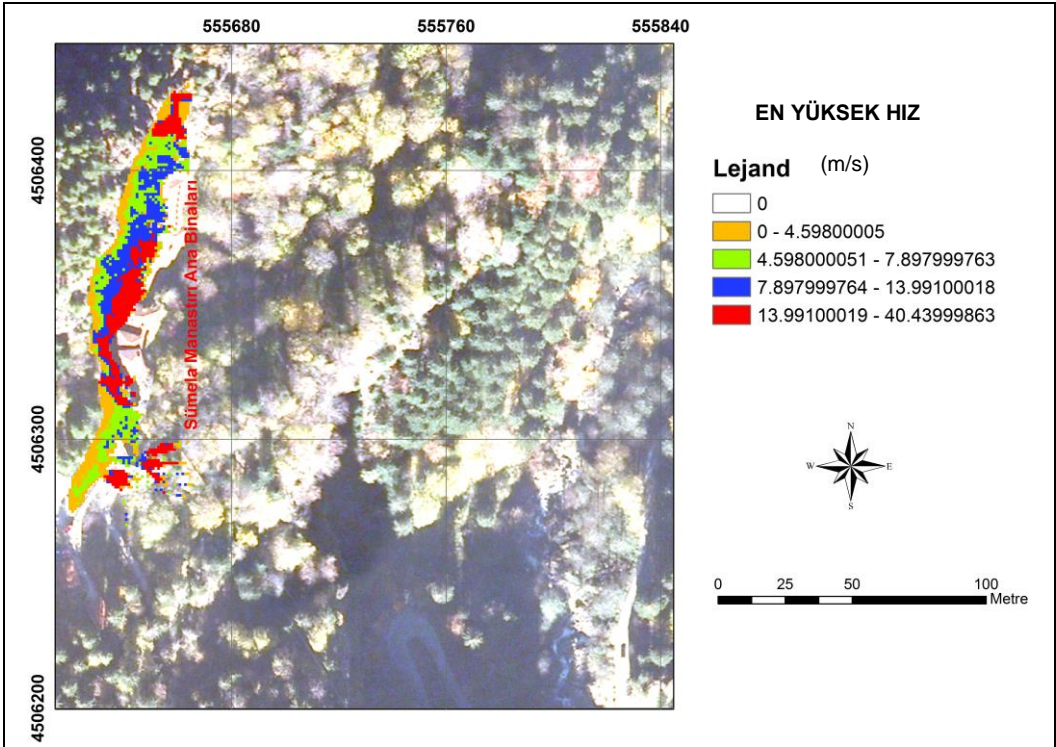
(a)



(b)



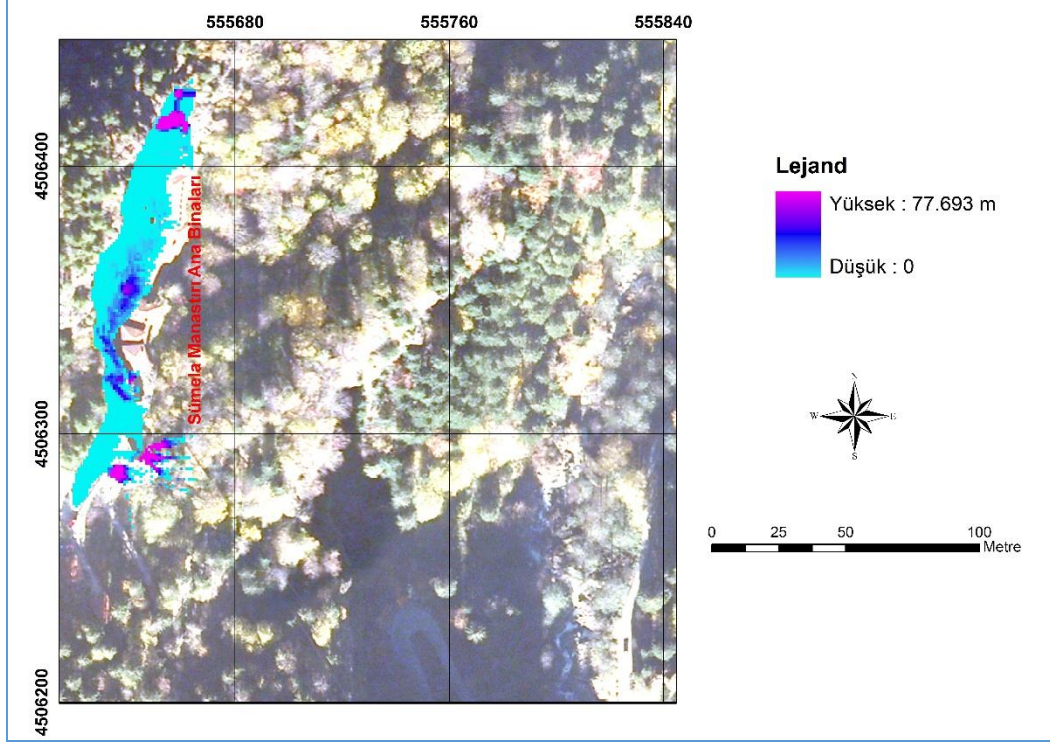
(c)



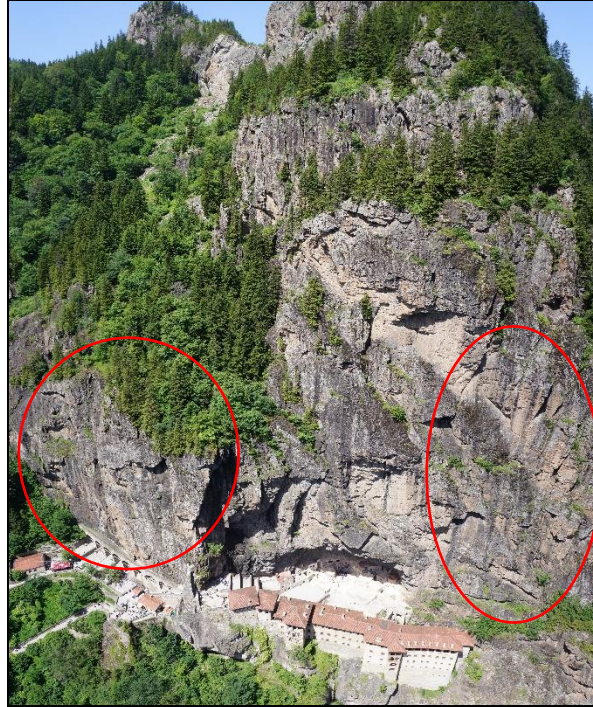
Şekil 6.3.2.3.4. Kaya düşmelerine ait en düşük (a), ortalama (b), en yüksek (c) hızlar

Bloklara ait sıçrama yüksekliklerine bakıldığında 77.693 m ye ulaşan değerler yer almaktadır

(Şekil 6.3.2.3.5). Bu yüksek değerler özellikle şevin en dik olduğu kesimlerde (Şekil 6.3.2.3.6) belirlenmiştir.



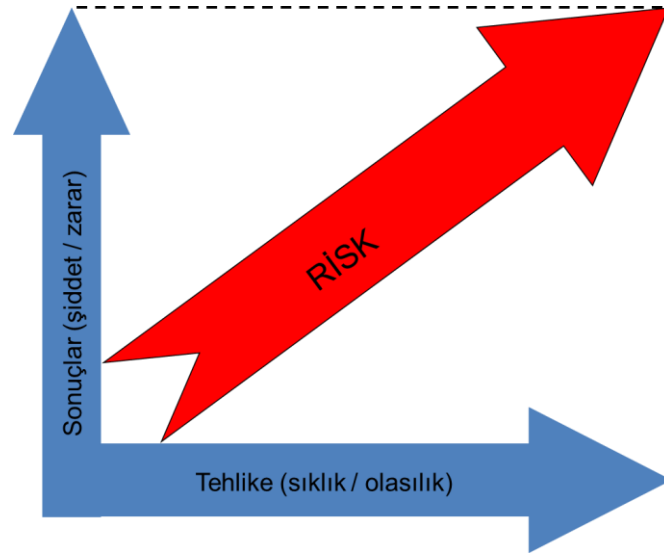
Şekil 6.3.2.3.5. Kaya düşmelerine ait sıçrama yükseklikleri



Şekil 6.3.2.3.6. Sıçrama yüksekliklerinin en fazla görüldüğü alanlar

7. RİSK ANALİZİ

Risk bir doğal afetin olma olasılığı ile afet olduğunda ortaya çıkacak potansiyel kayıpların bileşkesidir (Şekil 7.1). Kantitatif bir risk değerlendirmesinde tehlikenin belli bir zamanda olma olasılığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada her ne kadar kaya düşmesi simülasyonları ile olası kayıplara yönelik bir analiz yapılmışsa da kaya düşmelerinin sıklıkları bilinmediği için tehlikenin kantitatif olarak hesaplanması mümkün olamamıştır (Düzgün, 2008, Düzgün ve Grimstad, 2007). Böyle durumlarda kalitatif bir risk analizi yapılması daha uygundur. Dolayısı ile Sümela Manastırı için riskin tehlike ve olası kayıplar bileşenleri kantitatif olarak belirlenmiştir.



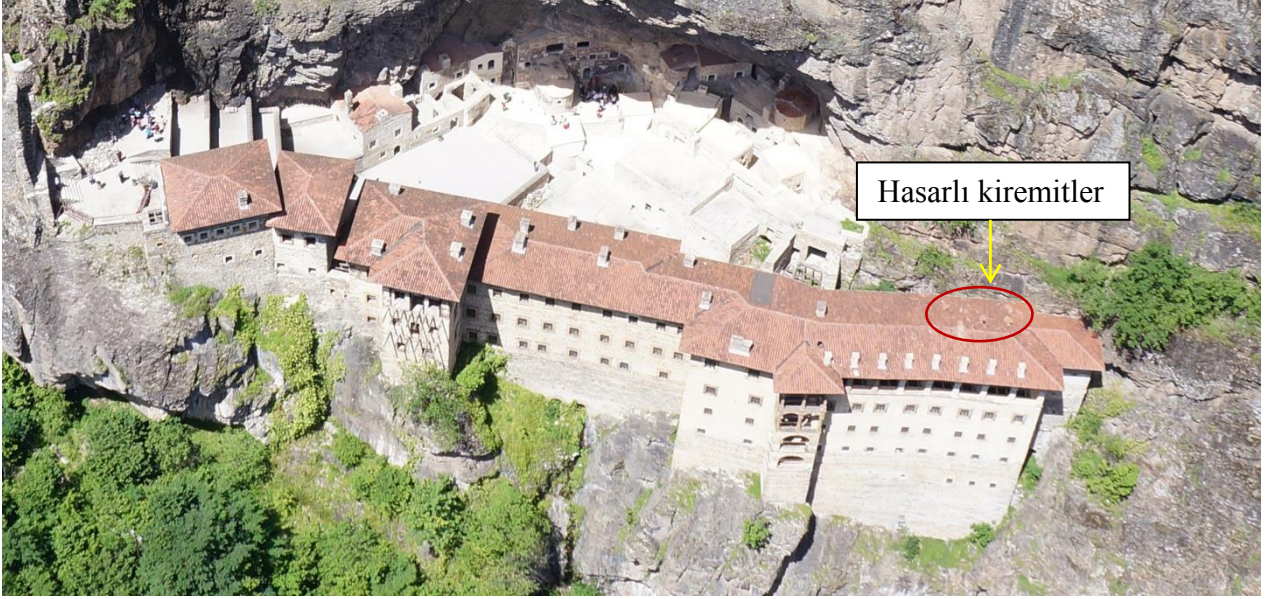
Şekil 7.1. Tehlike ve olası kayıpların bileşkesi olarak risk

Saha çalışmaları sırasında hem Manastır civarında düşen bloklar gözlenmiş (Şekiller 6.3.3, 6.3.1.2, 6.3.1.9) hem de çalışanlar ile yapılan görüşmelerde yılda en az iki kere kaya düşmesi olayının gerçekleştiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca kaya düşmelerinin, yağışın yoğun olduğu dönemler ile donma ve çözünme döngülerinin olduğu zamanlarda daha çok gözlendiği yine Müze çalışanlarınca vurgulanmıştır. Söz konusu durum göz önüne alındığında riskin tehlike bileşeninin orta sıklık ile sık arasında yer aldığı söylenebilir. Kaya düşmelerinin oluşması sonrası meydana gelen olası temel kayıplar ise üç grupta incelenebilir:

1. Ziyaretçilerde ve müze çalışanlarında ölüm ve yaralanma
2. Manastır yapılarında hasarlar
3. Müze servis binalarında (bilet gişesi, kafe ve çalışanlara ait bina) hasarlar

4. Patika yaya yolu güzergahı

Ziyaretçilerde bir ölüm olayı gerçekleşmemiştir ancak kaya düşmesi nedeni ile yaralanan en az bir ziyaretçi vardır. Şekil 6.3.1.4'de geriye dönük analizlerde kullanılan kaya bloğunun 2013 yılında bir ziyaretçinin omzuna düştüğü Müze çalışanları tarafından beyan edilmiştir. Manastır ve Müze binalarındaki tipik hasarlar özellikle bina çatılarında gözlenmektedir (Şekil 7.2 ve 7.3).

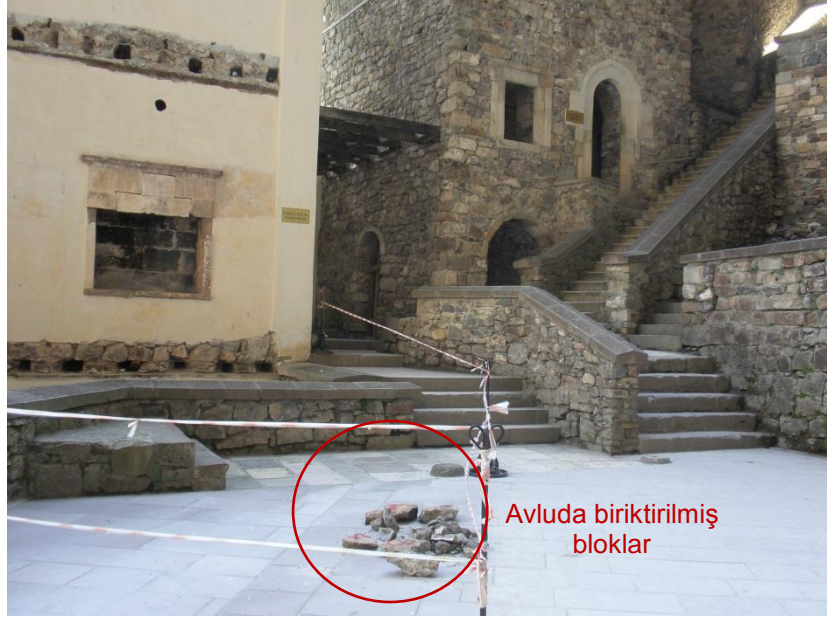


Şekil 7.2. Manastır binaları çatılarında meydana gelen hasarlar (Kuzey Endüstriyel Dağcılık tarafından proje ekibine sağlanmıştır)



Şekil 7.3. Bilet gişesi binasının çatısında kaya düşmesi nedeni ile meydana gelen hasarlar

Manastır avlusu ve civarındaki duvarlar bir diğerk sık kaya düşmesi gözlenen mekanlardır. Bu mekan ziyaretçilerin en fazla buldukları mekan olması bakımından daha yüksek risk içeren alandır (Şekil 7.4).



Şekil 7.4. Avluda düşen kaya blokları



(2015)

(2014)

Şekil 7.5. Avluda etrarındaki merdiven ve duvar üstlerinde 2014 ve 2015 yıllarındaki kaya düşmesi nedeni ile oluşan hasarlar

Patika yolun ziyaretçiler tarafından kullanıldığı düşünöldüğünde ve düşen blokların boyutu

dikkate alındığında (Şekil 7.6) bu alanın da kaya düşmelerinden korunması gerekmektedir.



Şekil 7.6. Patika yolda bulunan düşmüş kaya blokları

Hem 2B hem de 3B analizlerde elde edilen kinetik enerji, sıçrama yükseklikleri ve yayılma mesafeleri değerleri oldukça yüksektir ki olası bir kaya düşmesinin yukarıda listelenen zararlardan biri ya da birkaçına neden olma olasılığı yüksektir. EK 4 'te Trabzon Röleve ve Anıtlar Müdürlüğü'nden elde edilen Sümela Manastırı'nı ziyaret eden aylık kişi sayısı 2010-2012 yılları için verilmiştir. Bu verilerden de görüleceği gibi Manastır'ın ziyaretçi sayısı yıllar içinde artmaktadır ve özellikle Nisan-Ekim periyodunda ziyaretçi sayıları yüksektir. Ayrıca ziyaretçi yoğunluğu nedeni ile, kaya düşmesi sonrası oluşabilecek yaralanmalara müdahale edilmesi ya da oluşabilecek panik ile alanda dolaylı kayıpların yaşanması ihtimali de yüksektir. Şekil 7.7 Mayıs 2015 için fazla da yoğun olmayan bir günden çekilmiş olmasına rağmen Manastır alanındaki ziyaretçi yoğunluğunun derecesini göstermektedir.



Şekil 7.7. Ziyaretçi yoğunluğu

Bölge için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Maçka istasyonuna ait 1975-1997 yıllarına ait aylık ortalama yağışlar Şekil 4.4'de verilmiştir. Yağışların düşmeleri tetiklemesi nedeni ile özellikle yağışın yoğun ve ziyaretçi sayısının yüksek olduğu Nisan, Mayıs, Haziran ile Eylül ve Ekim ayları en riskli dönemlerdir. Özetle tehlike ve gerçekleştiği takdirde ortaya çıkacak sonuçlar dikkate alındığında Sümela Manastırı riski yüksek bir alan olarak nitelendirilebilir. Bu nedenle riskin etkin şekilde yönetilmesine acilen ihtiyaç vardır.

8. RİSK YÖNETİMİ

Kaya düşmeleri ile ilgili literatürde bir çok koruma yöntemi bulunmakla birlikte doğru olanın çalışma alanına uygun olan analiz sonuçlarına cevap veren bir çözüm olmasıdır. Öte yandan bu alan bir kültür varlığı olduğundan kaya düşmeleri riskinin bir yönetim planı dahilinde ele alınması gerekmektedir. Kültür varlıklarının devamlılığı için yapılan restorasyon uygulamaları korumaktan çok tahribine yol açabilecek bir süreç içermektedir. İhalelerin en düşük fiat verene verilmesi, ufak tamirlerle yapılacak işlerin bir sonraki ihaleyi beklemek durumunda olması, bir kerelik değil devam eden süreçlerin uygulanamaması, izleme ve bakıma olanak tanımaması gibi koşullar, aynen Sümela'da olduğu gibi kültür mirasımıza onulmaz zararlar verebilmektedir. Üstelik bu yaklaşım ekonomik olmaktan da uzaktır.

Sümela Manastırı, zorlu başka sorunlarının yanısıra "risk altında" bir kültür varlığıdır ve UNESCO dünya anıtı aday listesinde. Kaya düşmesinin esere ve ziyaretçilere verebileceği zarar için geliştirilecek yöntem ve tekniklerin etkin şekilde uygulanması için uzun zaman aralıkları ile yapılan restorasyon ihaleleri yaklaşımından vazgeçilerek, sürekliliği olan bir yönetim planı içerisinde izleme-araştırma-müdahale-bakım-uygulamanın içiçe yürüdüğü bütünleşik bir koruma yaklaşımının benimsenmesini zorunlu kılmaktadır.

Öte yandan kaya düşmeleri için alınabilecek olası önlemler şu şekilde listelenebilir:

- Şev yüzeyi boyunca meydana gelebilecek yüzeysel kaya düşmelerine karşı farklı çelik ağı ve halat çözümleri
- Kaya tutucu ve yavaşlatıcı ağılar
- Lokal olarak şev yüzeyinde risk oluşturan kaya bloklarının sağlam zemine sabitlenmesi (ankraj, kaya saptaması)
- Enjeksiyon
- Geniş ve yüksek şevlerde veya yüzeysel önlemlerin alınmasının mümkün olmadığı yerlerde bariyer veya engelleyici duvar yerleştirilmesi
- Düşen blokları tutan hendekler
- Askıda bulunan kaya bloklarının kaldırılması

Ancak bu yaklaşımlardan bir ya da birkaçının uygulanması için öncelikle alanın ayrıntılı koruma planı içinde bu önlemlerin uygulanabilirliğinin irdelenmesi gerekmektedir. Ayrıca hangi uygulamanın ne kadarlık bir risk azalmasına yol açacağıının da belirlenmesi yerinde olacaktır.

Halihazırda alanda uygulanan risk azaltma yöntemleri daha çok ziyaretçileri çok da etkin olmayan yöntemlerle uyarmakla sınırlıdır (Şekil 8.1). Alandaki ziyaretçi yoğunluğu herhangi bir kaya düşmesi olayında gerekli müdahale ve panikten kaynaklı kayıpların azaltılması için yönetilmelidir ki ziyaretçi sayısının yönetimi riski azaltmakta etkin rol oynayacaktır. Öte yandan alan için bir acil durum boşaltma planı acilen yapılmalı ve ziyaretçiler ile paylaşılmalı, görevliler tarafından ise tatbikatlarla güncellenmelidir.



Şekil 8.1. Ziyaretçilerin kaya düşmelerine karşı uyarılması ve baret temin edilmesi

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sümela Manastırı ve yakın civarı için kaya düşmesi riskinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışma; arazi ve laboratuvar çalışmaları, kaya düşmesi ve risk analizleri ile risk yönetimi aşamalarından oluşmaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında düşmüş ve potansiyel kaya düşmesi kaynak alanları yerinde tespit edilmiş, süreksizlikler değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında sayısal yükseklik modelinin belirlenmesi amacıyla lazer taraması uygulanmıştır. Laboratuvar çalışmalarında bölgeden alınan blok örnekler üzerinde tek eksenli sıkışma dayanımı, çekilme dayanımı ve üç eksenli sıkışma dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre; dasitik, riyodasitik özellikteki malzemeye ait ortalama tek eksenli sıkışma dayanımı 227.79 MPa, çekilme dayanımı 15.19 MPa, makaslama dayanım parametreleri ise kohezyon 71 MPa ve içsel sürtünme açısı 28° olarak belirlenmiştir.

Çalışmada 2B modellemeye imkan veren Rocfall V.5 yazılımı ile 3B modelleme yapmaya imkan tanıyan HY-STONE yazılımları kullanılarak Sümela Manastırı şevlerinde kaya düşmesi analizleri gerçekleştirilmiştir. Her iki analiz yönteminin çalışma kapsamında artıları ve eksileri bulunmakta olup, bu iki yöntem Sümela Manastırı gibi ulaşılması zor bir alanda birbirini tamamlar niteliktedir. Özellikle küçük ölçekli alanlarda Rocfall V.5, buna karşılık büyük ölçekli bakıldığında ise HY-STONE oldukça yüksek performans göstermektedir. Bloklara ait elde edilen kinetik enerji, hız ve sıçrama yükseklikleri karşılaştırıldığında her iki yazılım arasında değerler farklıdır ancak çok uzak değerler değildirler. Ancak HY-STONE 3D modellemeye imkan sunan bir yazılım olmasından kaynaklı blokların düşme sonrasında izleyeceği yolu daha iyi vermekte, tek bir profil üzerinden değil sayısal yükseklik modeli üzerinden çalışmaktadır. Bu artısı daha temsil edici sonuçların ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Ancak tek bir profil içinde detaylı bir çalışma yapılmak istendiğinde ise Rockfall V.5 daha pratik bir çözüm sunmaktadır.

Çalışma sırasında karşılaşılan güçlüklerin başında lazer taramasından istenilen performansın alınamaması gelmektedir. Lazer taraması ulaşılması güç, çok dik ve yüksek alanlarda başarı göstermekte olan bir yöntem olup, Sümela Manastırı'nda lazer cihazının rahatça yerleştirilip, geniş açı veri toplamanın mümkün olduğu alanlar sınırlıdır. Bindirmeli olarak taranan alanda tarama açısına bağlı olarak boşluklar oluşmakta olup, bunun nedeni, tarama açısının uygun olmamasıdır. Bu boşluklar sayısal yükseklik modeli oluşturulurken bağımsız üçgenleme metoduyla doldurulmakta ve bu da tam olarak alanı yansıtamamaktadır. Yine arazinin ormanlık olması, bölgede gölgelenmelerin bulunması nokta bulutundan elde edilen sayısal yükseklik modelinin istenilen kalitede olmasının önüne geçmiştir. Çalışmanın ileriki aşamalarında daha başarılı bir sayısal yükseklik modeli ile çalışılırsa elde edilen sonuçların daha da gerçeğe yakın

kestirimler vereceği düşünülmektedir.

Bu çalışma ışığında Sümela Manastırı'nın kaya düşmeleri açısından oldukça yüksek risk altında olduğu söylenebilir. Manastır alanının bir kültür varlığı ve UNESCO dünya anıtı aday listesinde olması, söz konusu risklerin azaltılması için etkin bir risk yönetimi çalışmasının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Proje kapsamında ortaya çıkan bulgulardan Sümela Manastırı ve benzeri kültür varlıkları için kaya düşmeleri özelinde alınması gereken önlemler susuzlaştırma, mühendislik çözümleri, ziyaretçi yönetimi, acil durum planlaması ve bütünlük koruma yaklaşımı başlıklarının altında incelenebilir:

Susuzlaştırma:

Projede yapılan analizlerden de görüleceği gibi düşme potansiyeli olan blokların hem enerjileri hem de hızları oldukça yüksektir. Dolayısı ile öncelikle düşmenin en önemli tetikçisi olan su probleminin çözümüne yönelik bir çalışma yapılmalıdır. Kaya düşmelerinin kaynak bölgesindeki süreksizlikler, özellikle yağışlı ve donma-çözünme döngülerin yaşandığı dönemde oldukça yüksek bir dayanım azalmasına maruz kalmaktadırlar. Dolayısı ile kaynak bölgenin üstünde yer alan kaya kütlelerinin su drenaj sistemi incelenerek bir susuzlaştırma çalışması yapılması uzun vadede kalıcı çözümler sunacaktır. Susuzlaştırma işlemi sırasında süreksizliklerin suyu tutarak süreksizlik yüzeylerinde hidrostatik basıncın oluşmasına engel olacak çözümler benimsenmelidir.

Mühendislik Çözümleri:

Kaya düşmelerine karşı alınacak mühendislik önlemlerinin belirlenebilmesi için öncelikle manastır alanı ve ziyaretçilerin alana ulaşım güzergahındaki tüm bölgelerdeki kaya düşmesi potansiyeli olan blokların belirlenerek olası enerjileri, hızları ve yayılma alanlarının saptanması gerekmektedir. Bu proje kapsamında söz konusu çalışmalara altlık teşkil edecek metodoloji geliştirilmiş ve olası düşmelerin mühendislik önlemleri için gerekli karakteristik bilgileri (sıçrama yüksekliği, enerjisi, hızı, yayılma alanı) çıkarılmıştır. **Proje kapsamında yapılan analizler Sümela Manastırı için yapılan ilk sistematik araştırmadır. Bu metodolojinin hem Sümela Manastırı hem de diğer kültür varlıkları için kullanılması mühendislik uygulamalarının etkinliğini artıracaktır.**

Proje kapsamında yerden LIDAR tekniği ve hava fotoğrafları ile hem kaya bloklarının büyüklüğü hem de yayılma alanlarının bulunması için çalışmalar yapılmıştır. Ancak alanın koşulları LIDAR tekniğinin her yere erişimine olanak sağlamamıştır. Hava fotoğrafları ile de yamacın kaya düşmesi olan yüzü modellenenemiştir. Dolayısı ile mühendislik çözümlerinin gerektirdiği kaya

bloğunun büyüklüğü, yüksekliği ve düştüğünde izleyeceği profilin belirlenmesi için alanın **havadan LIDAR ile taranması** ve bu tarama sırasında **RGB görüntülerinin** de eldesi gerekmektedir. Söz konusu yaklaşım bu proje bütçesini aşacak bir bütçe gerektirdiğinden projede uygulanamamıştır. Ancak Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın benzer çalışmalar için bu yöntemlere bütçe ayırması gerekmektedir. Ülkemizde havadan LIDAR için bir kapasite geliştirmek ve kamu kurumları arasında koordinasyonu sağlamak için yetkili kurum olan Harita Genel Komutanlığı ile söz konusu alanlar için bir işbirliği yapılması yerinde olacaktır.

Projede yapılan analizler dikkate alındığında şu mühendislik önlemleri dikkate alınmalıdır.

- Şev yüzeyi boyunca meydana gelebilecek yüzeysel kaya düşmeleri ve yapılacak diğer mühendislik uygulamalarında çalışanları korumak için çelik ağ ve halatlar ile manastır üstündeki kaya düşmesi kaynak alanının boğçalanması
- Lokal olarak şev yüzeyinde risk oluşturan kaya bloklarının sağlam zemine ankraj ve/veya kaya saptaması ile sabitlenmesi
- Manastır alanını tehdit eden kaya düşmesi kaynak alanının üst kotlarından basamaklandırma çalışması yaparak düşmesi olası blokların enerjilerinin azaltılması
- Askıda bulunan kaya bloklarının parçalanarak kaldırılması

Ziyaretçi Yönetimi:

Herhangi bir kaya düşmesinin ziyaretçilere vereceği zararın azaltılması için ziyaretçi sayısının yönetimi, riski azaltmakta etkin rol oynayacaktır. Özellikle yağışlı ve donma-çözünme döngülerinin olduğu dönemlerde mümkünse alanın ziyarete kapatılması, olamıyorsa ziyaretçi yoğunluğunun azaltılması risk yönetimi için etkin bir önlem olacaktır. Bu amaçla Manastır Alanında **yağışlı dönem ve yağışsız dönemler için ziyaretçi yoğunluğu** belirlenmelidir.

Yağışlı dönemden kasıt yağışların ve donma-çözünme döngülerinin yoğun olduğu dönemdir. Yağışlı dönemde yağış olmayan bir günde, yağışsız dönemdeki ziyaretçi sayıları geçerli olmamalıdır. Çünkü yağışlı dönemde yağışın olmadığı günler öncesinde süreksizliklerde biriken su nedeni ile yine kaya düşmesi tehlikesi mevcuttur. Dolayısı ile kısa vadede manastır civarına bir **yağış ve sıcaklık istasyonu** kurularak, verilerden yağışlı ve donma-çözünme dönemleri saptanmalı, bu dönemler ve geri kalanlar için **ziyaretçi yoğunluğu** saptanmalıdır.

Ziyaretçi yoğunluğuna bağlı olarak ziyaretçi kabulünde ise ziyaretçilerin önceden bilgilendirilmesi oluşacak tepkileri yönetmek için etkin bir yöntemdir. Manastır alanının belirlenen ziyaretçi

sayısına göre yönetilmesi ziyaretçilerin belli bir bekleme alanında bekletilmesi ve Manastır alanı boşaldıktan sonra diğer grubun alınması ile mümkün olabilecektir. Ziyaretçilerin Manastır alanında daha az vakit geçirmesi için fotoğraf çekimi alanlarının sınırlandırılması bir başka önlem olarak dikkate alınmalıdır. Ziyaretçilerin bekleme alanında hem Manastır hakkında hem de kurallar hakkında bilgilendirildiği bir takım 3B görselleme araçları kullanılarak bekleme süresinin ziyaretçilerce kabullenebilirliğini artıracak yaklaşımlar da geliştirilmelidir. Önerilen ziyaretçi yönetimi dünyanın pek çok fazla ziyaretçi alan kültür mirası alanlarında uygulanan bir yöntem olarak Sümela Manastırı'nda da benimsenmelidir. Manastır alanında ziyaretçilerin yönetimi için Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın bu konudaki tecrübelerine dayalı olarak başka birçok yöntem de geliştirmek mümkündür. Temel olarak Sümela Manastırı ve benzeri alanlar için **ziyaretçi yönetiminin ana ilkesi, herhangi bir t zamanından alandaki ziyaretçi yoğunluğunu düşürmek ve acil durumlarda hızlı müdahale edilecek koşulları oluşturmak olmalıdır.**

Acil Durum Planlaması:

Herhangi bir kaya düşmesinden kaynaklı olası yaralanma ve can kayıplarının azaltılması için, Manastır alanına ait bir **boşaltma planı** acilen yapılmalıdır. Bu boşaltma planı ziyaretçilerin bekleme yaptığı alanlarda ziyaretçiler ile paylaşılmalıdır. Ayrıca boşaltmada görevli olacak personelin planın tatbikatlarını yapması ve planı olası aksaklıklara göre revize ederek idareye sunması gerekmektedir.

Bütünleşik Koruma Yaklaşımı:

Kaya düşmesinin esere ve ziyaretçilere verebileceği zararlar için geliştirilecek yöntem ve tekniklerin etkin şekilde uygulanması için uzun zaman aralıkları ile yapılan restorasyon ihaleleri yaklaşımından vazgeçilerek, sürekliliği olan bir yönetim planı içerisinde **izleme-araştırma-müdahale-bakım-uygulamanın içice yürüdüğü bütünleşik bir koruma yaklaşımının benimsenmesi** uzun vadede kaya düşmesi riskinin yönetiminin en etkin çözümüdür. Bu amaçla kaya düşmeleri tehlikesi için düşen blokların boyutu, yeri, zamanı, yağış durumu, oluşturduğu hasar vb.'nin sürekli raporlandığı bir kaya düşmesi veritabanının oluşturulması bütünleşik planın ise bu veritabanına göre geliştirilmesi etkin risk yönetimi açısından kritik öneme sahiptir.

Manastır ve civarında her ne kadar Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Trabzon Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü tarafından yamaçlarda kaya temizliği yapılması ve yamaçtaki blokların çelik ağ ve halatlarla sabitlenmesi için bir ihale yapılarak Mayıs 2015 içinde uygulanmaya başlanmış olsa da bu çalışmaların bir kerelik bir çalışma olarak görülmemesi ve kültür varlığı risk yönetim planında zaman içinde gözden geçirilmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AFAD, 2015. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı Veri Tabanı, <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Veritabani/DDA.aspx?param=3>
- Abellán, A., Vilaplana J.M. and Martínez, J., 2006. "Application of a long-range Terrestrial Laser Scanner to a detailed rockfall study at Vall de Núria (Eastern Pyrenees, Spain), Engineering Geology", 88, 136–148.
- Agliardi, F. and Crosta, G., 2003. "High resolution three-dimensional numerical modelling of rockfalls", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 40, 455–471, "
- Agliardi, F., Crosta, G. B. and P. Frattini, P., 2009. "Integrating rockfall risk assessment and countermeasure design by 3D modelling techniques". Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1059–1073.
- Bagde, M. N., Badge, Y. and Soni, A. K., 2010. "Stabilization And Preservation At World Heritage Historic Ajanta Caves: Problems And Issues", ISRM International Symposium 6th Asian Rock Mechanics Symposium - Advances in Rock Engineering, New Delhi, India.
- Bauer, A., Paar, G., and Kaltenböck, A., 2005. "Mass Movement Monitoring Using Terrestrial Laser Scanner for Rock Fall Management", Geo-information for Disaster Management, 393-406.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı Y., Köprübaşı, N., 1999. "Migration of the upper Cretaceous subduction-related volcanism towards the back-arc basin of the Eastern Pontide magmatic-arc (NE Turkey)". Geol J. 34:95–106.
- Bieniawski, Z.T. 1989. Engineering rock mass classifications. New York: Wiley
- Bilgin, H.A., Düzgün, Ş., Aras, C., Kemeç, S., Gündoğan, Ü., Çakmak, B.B., 2012. Mardin Kalesi Kaya Düşmeleri Analizi ve Alınabilecek Önlemler Raporu, Kuzgun Bilişim Danışmanlık Madencilik İnşaat Enerji Mimarlık Eğitim ve Ticaret Ltd. Şti., Teknokent Projesi.
- Binal, A., and Ercanoğlu, M., 2010. "Assessment of rockfall potential in the Kula (Manisa, Turkey) Geopark Region". Environ Earth Sci, 61, 1361–1373.
- Bryer, A., Winfield, D. 1985. The Byzantine Monuments and Topography of the Pontus, Dumberton Oaks Studies XX, Vol 1,2, Washington D.C.
- Bryer, A. et al. 2002. The Post Byzantine Monuments of Pontus, Ashgate Variorum
- Düzgün, H.S., Akgun, A., Ghebi, S., 2011. Kaya Düşmeleri ve Kaya Şev Kaymaları için Risk Analizine Dayalı Mühendislik Çözümlerinin Değerlendirilmesi, TUBİTAK Proje No: 109 Y003.
- Düzgün, H.S.B., 2008. "A Quantitative Risk Assessment Framework for Rock Slides", Proc. Of 42nd US Rock Mechanics Symposium, June 29-July 2, San Francisco, USA.
- Düzgün, H.S.B. and Grimstad, S., 2007. "Reliability-based stability analysis and risk assessment

for rock slides in Ramnefjell, Proc. Of Applications and Statistics and Probability in Civil Engineering, ICASP10, Tokyo, Japan, pp. 189-198.

Eyice, S., 1966. "Trabzon Yakınında Meryem Ana (Sumela) Manastırı", *Bulleten*, XXX:117, 243-264.

Eyice, S., 1997. "Trabzon Yakınında Meryemana (Sumela) Manastırı", (yay.) Kayaoğlu, G. et al., *Bir Tutkudur Trabzon*, İstanbul, 27-70.

Fallmerayer, J.P. 2011. *Trabzon İmparatorluğunun Tarihi*, (çev. A.C. Eren), Ankara, (2011)

Finlay, G., 1851. *Medieval Greece and Trebizond*, (1851)

Frattini, P., Crosta, G., Carrara, A., Agliardi, F., 2008. "Assessment of rockfall susceptibility by integrating statistical and physically-based approaches, *Geomorphology*, 94, 3-4, 419-43.

Gedikoğlu A., Pelin S., Özsayar T., 1979. The main lines of geotectonic development of the East Pontid in the Mesozoic era. In: *Proceeding of the 1st geological congress of the Middle East (GEOCOME)*, pp 555-580.

Gelişli, K., Şeren, A., Babacan, A.E., Çataklı, A., Ersoy, H., Kandemir, R., 2011. "The Sumela Monastery slope in Maçka, Trabzon, Northeast Turkey: rock mass properties and stability assessment", *Bull Eng Geol Environ*, 70, 577-583.

Google Earth, 2015, Google Earth 6, <http://www.google.com/intl/tr/earth/index.html>

Google Maps, 2015, <http://maps.google.com/>

Guzzetti, F., Crosta, G., Detti, R., and Agliardi, F., 2002. "STONE: a computer program for the three-dimensional simulation of rock-falls", *Computers & Geosciences*, 28 (9), 1079-1093.

Güven, İ.H., 1998 1:100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Trabzon C29-D29 Paftaları, MTA, Ankara.

Horuloğlu, S. 1983. *Trabzon ve Çevresinin Tarihi Eserleri*, Ankara.

Kayaoğlu, G. et al., 1997. *Bir Tutkudur Trabzon*, İstanbul.

Ketin, İ., 1966. "Anadolu'nun tektonik birliktelikleri". *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 66:23-34

Keskin, I., 2013. "Evaluation of rock falls in an urban area: the case of Boğaziçi (Erzincan/Turkey)". *Environ Earth Sci*, DOI 10.1007/s12665-013-2247-9.

Monserrat, O., Crosetto, M., 2008. "Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3D surface matching". *ISPRS Journal*, 63 (1), 142-154.

Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Fotis Arnaoutoglou, F., Tsioukas, V., and Chamzas, C., 2007. "Methods for 3D digitization of Cultural Heritage", *Journal of Cultural Heritage* 8, 93-98,

Pesci, A., Bonali, E., Galli, C., and Boschi, E., 2012. "Laser scanning and digital imaging for the investigation of an ancient building: Palazzo d'Accursio study case (Bologna, Italy)",

Journal of Cultural Heritage 13, 215–220.

Rocfall V.5, 2015. Rocscience Inc.

Sadagah, B., 2010. Rockfalls risk reduction and redesign of rock slopes using rocfall program, ISRM International Symposium 6th Asian Rock Mechanics Symposium - Advances in Rock Engineering, New Delhi, India.

Santana, D., Corominas, J., Mavrouli, O., and Garcia-Sellés, D., 2012. "Magnitude–frequency relation for rockfall scars using a Terrestrial Laser Scanner", *Engineering Geology*, 145–146, 50–64.

Savvides, G.C., 1981. Byzantium in the Near East, Byzantina 17.

Tagliavini, F., Reichenbach, P., Maragna, D., Guzzetti, F. and Pasuto, A., 2009. "Comparison of 2-D and 3-D computer models for the M. Salta rock fall, Vajont Valley, northern Italy, *Geoinformatica*, 13, 323–337.

Topal, T., Akin, M., Ozden, U.A., 2007. "Assessment of rockfall hazard around Afyon Castle, Turkey", *Environ Geol*, 53, 191–200.

Topal, T., Akin, M. K., Akin, M., 2012. "Rockfall hazard analysis for an historical Castle in Kastamonu (Turkey)", *Nat Hazards*, 62, 255–274.

Tozer, H.F., 1981. Turkish Armenia and the Eastern Asia Minor, London.

Tüfek, Ö., 1978. Sumela-Meryemana, İstanbul

Tunusluoglu, M. C., Zorlu K., 2009. "Rockfall hazard assessment in a cultural and natural heritage (Ortahisar Castle, Cappadocia, Turkey)", *Environmental Geology*, 56, 963–972.

Ulusay, R., Gokceoglu, C., Topal, T., Sonmez, H., Tuncay, E., Erguler, Z.A., and Kasmer, Ö., 2006. "Assessment of environmental and engineering geological Problems for the possible re-use of an abandoned rock-hewn settlement in Urgüp (Cappadocia), Turkey". *Environmental Geology*, 50, 473-494.

Usta, V., 1999. Anabasis'ten Atatürk'e Seyahatnamelerde Trabzon, Serander, Trabzon.

Wang, X., Zhang, L., Wang, S., Agliardi, F., Frattini, P., and Crosta, G.B., 2012. "Field investigation and rockfall hazard zonation at the Shijing Mountains Sutra caves cultural heritage (China)". *Environmental Earth Sciences*, 66, 1897-1908.

Yastikli, N., 2007. "Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning", *Journal of Cultural Heritage* 8, 423-427.

Yesiloglu-Gultekin, N., Gokceoglu, C., Sonmez, H., 2012. "Geohazard reconnaissance mapping for a settlement area", *Environmental Earth Sciences*, 66, 6, 1653-1666.

RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	std	Min	Max	Mean	std				
0.37	0.42			0.87	0.92			Hard surface paving	Tested using simulated rockfalls of similar size and shape of a previous rockfall.	Glenwood Canyon, Colorado, USA	Pfeiffer, T.J., and Bowen, T.D., "Computer Simulation of Rockfalls." Bulletin of Association of Engineering Geologists. Vol. 26, No. 1. 1989. pp135-146
0.33	0.37			0.83	0.87			Bedrock or boulders with little soil or vegetation			
0.3	0.33			0.83	0.87			Talus with little vegetation			
0.3	0.33			0.8	0.83			Talus with some vegetation			
0.28	0.32			0.8	0.83			Soft soil slope with little vegetation			
0.28	0.32			0.78	0.82			Vegetated soil slope			
		0.315	0.064			0.712	0.116	Limestone face	Tested on restoration-blasting slopes made of four types of materials; blast-generated rock fragments, partially vegetated scree on berms, uncovered blast piles, and vegetated quarry waste.	Limestone quarry in England	Robotham, M.E., and Wang, H., and Walton, G., "Assessment of risk from rockfall from active and abandoned quarry slopes." Institution of mining and Metallurgy, Section A. 1995.104(Jan-April), pp A25-A33
		0.303	0.08			0.615	0.17	Partially vegetated limestone scree			
		0.315	0.064			0.712	0.116	Uncovered limestone blast pile			
		0.251	0.029			0.489	0.141	Vegetated covered limestone pile			
		0.276	0.079			0.835	0.087	Chalk face		Chalk quarry in England	
		0.271	0.018			0.596	0.085	Vegetated chalk scree			

RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	std	Min	Max	Mean	std				
		0.384	0.133			0.687	0.13	Wood platform slope at 45 degrees was used as a control for the field tests they did.	Tested as control parameters	Western North Carolina for Interstate 40.	Wu, Shie-Shin "Rockfall evaluation by computer simulation" Transportation Research Records. Vol. 1031 pp 1-5, 1985.
		0.2				0.53		Dolomitic limestone boulders on rocky surfaces and on talus desposits	Consisted of hand made throws and free fall tests by fragmentation of rock using explosives, of dolomitic limestone boulders on rocky surfaces and on talus deposit of the landslide fans. Also used back-analysis, and information from Urciuoli.	Atrani, Campania, Southern Italy	Budetta, P., and Santo, A. "Morphostructural evolution and related kinematics of rockfalls in Campania(southern Italy)." Engineering Geology. Vol.36 pp197-210.
		0.1				0.2		Remolded pyroclastic from the terraces situated at the base of the cliff			
		0				0.24		Impacts on detritus of the fans present at the foot of a rock cliff			
		0.393				0.567		Soil	Tested by dropping 3 to 5 cm cuboid and angular granite rock fragments onto slopes	Hong Kong	Chau, K.T., and Wong, R.H.C., and Lee, C.F. "Rockfall Problems in Hong Kong and some new
		0.453				0.737		Shotcrete			

		0.487				0.91		Rock slope			experimental results for coefficients of Restitution" International Journal of rock mechanics and mining sciences and geomechanics.Vol. 35, Section 4-5. 1996. pp662-663

RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	std	Min	Max	Mean	std				
		0.5				0.95		Bedrock	Referenced from tests carried out by Barbieri et al.	Italcementi works at Castellammare di Stabia(northern slope of the Sorrentine Peninsula), and the area of Atrani.	Giani, G.P. "Rock Slope Stability Analysis" Rotterdam, Balkema 1992.
		0.35				0.85		Bedrock covered by large blocks			
		0.3				0.7		Debris formed by uniform distributed elements			
		0.25				0.55		Soil covered by vegetation			
		0.53				0.99		Clean hard bedrock			Hoek, Evert. "Unpublished notes"

		0.4				0.9		Asphalt roadway			NSERC Industrial Research Professor of Rock Engineering, Department of Civil Engineering, University of Toronto, St George Street, Toronto, Ontario, Canada M5S 1A4
		0.35				0.85		Bedrock outcrops with hard surface, large boulders			
		0.32				0.82		Talus cover			
		0.32				0.8		Talus cover with vegetation			
		0.3				0.8		Soft soil, some vegetation			

RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	std	Min	Max	Mean	std				
0.37	0.42							Smooth hard surfaces and paving	Developed by observation and literature review	Colordado, USA	Pfeiffer, T.J., and Higgens, J.D., "Rockfall Hazard Analysis Using the Colorado Rockfall Simulation." Transportation Research Record 1288, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1990, pp117-126.
0.33	0.37							Most bedrock and boulder fields			
0.3	0.33							Talus and firm soil slopes			
0.28	0.3							Soft soil slopes			
				0.87	0.92			Smooth hard surfaces such as pavement or smooth bedrock surfaces			
				0.83	0.87			Most bedrock surfaces and talus with no vegetation			
				0.82	0.85			Most talus slopes with some low vegetation			
				0.8	0.83			Vegetated talus slopes and soil slopes with spares vegetation			

				0.78	0.82			Brush covered soil slope			
		0.53	0.04			0.99	0.04	Clean Hard Bedrock	a) rolled many rocks down the slope to verify used values b) comparison to historical rockfall events at site	Mountain road, near Bolzano, Sothtyrol, Italy	feedback from user of RocFall version 3
		0.35	0.04			0.85	0.04	Bedrock outcrop			
		0.32	0.04			0.82	0.04	Talus cover			
		0.32	0.04			0.8	0.04	Talus with vegetation			
		0.4	0.04			0.9	0.04	Asphalt paving			

RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	std	Min	Max	Mean	std				
		0.53	0.04			0.99	0.04	Clean Hard Bedrock	default program values used	170m deep open pit, Tasmania, Australia (overall pit angle between 55 and 65 degrees)	feedback from user of RocFall version 3
		0.35	0.04			0.85	0.04	Bedrock outcrop			
		0.48	0.19			0.53	0.17	Concrete	inverse calculation of paths - standard	Takamatsu, Japan	feedback from user of RocFall version 3

		0.47	0.3			0.55	0.23	Weathered Rock	deviations seemed to large		
		0.48	0			0.53	0	Concrete	inverse calculation of paths, roughness of 7.9 degrees for concrete, 9.3 for rock		
		0.47	0			0.55	0	Weathered Rock			
		0.85	0			0.53	0	Concrete	inverse calculation of paths		
		1	0			0.55	0	Weathered Rock			
		0.53	0.04			0.99	0.04	Bedrock	Estimation, block diameters 10 to 30 cm	Fjord valley, State of Sogn og Fjordane, Norway	feedback from user of RocFall version 3
		0.5	0.06			0.7	0.06	Blockfield			
		0.5	0.06			0.65	0.06	Blockfield with bushes and small trees			
		0.5	0.06			0.5	0.06	Blockfield with forest			
		0.3	0.06			0.8	0.06	Top-soil with vegetation			
		0.4	0.04			0.9	0.04	Asphalt paving			
		0.35	0.04			0.85	0.04	Gravel road			

RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	std	Min	Max	Mean	std				
		0.5				0.8		Sparsley forested slope is covered by a veneer of very fine weathered talus derived from weak shistose units underlying the limestone cap.	Calculated from historic rockfall	Sunnybrae, (interior of)British Colombia, Canada	Hungr, O. and Evans, S.G. 1988. Engineering evaluation of fragmental rockfall hazards. Proc. 5th International Symposium on Landslides, Lusanne. July 1988, Vol. 1, pp. 685-690.
		0.5				0.8		Limestone on bare uniform talus slope formed of basalt fragments with a modal size of 5 cm.	Calculated from historic rockfall	Hedley, (southern interior of) British Colombia, Canada	
		0.7				0.9		rectangular bolder of metamorphosed tuff on bare rock and a steep snow covered shelf.	Calculated from historic rockfall	Squamish Highway, north of Vancouver British Colombia, Canada	

RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	range	Min	Max	Mean	range				
		0.5	0.01			0.7	0.014	Outcropping rock, forested	-	Lecco Province, Lecco, Italy	G. B. Crosta and F. Agliardi 2003. A methodology for physically based rockfall hazard assessment. Natural Hazards and Earth System Sciences (2003) 3: 407–422
		0.5	0.0125			0.75	0.015	Outcropping rock, bare			
		0.4	0.008			0.65	0.013	Subcropping rock, forested			
		0.45	0.009			0.7	0.014	Subcropping rock, non forested			
		0.2	0.004			0.4	0.008	Glacial deposit, forested			
		0.25	0.005			0.5	0.01	Glacial deposit, non forested			
		0.3	0.006			0.6	0.012	Rockslide deposit, forested			
		0.3	0.006			0.65	0.013	Rockslide deposit, non forested			
		0.35	0.007			0.6	0.012	Cemented talus, forested			
		0.35	0.007			0.7	0.014	Cemented talus, bare			
		0.3	0.006			0.6	0.012	Talus, forested			
		0.33	0.0175			0.63	0.0126	Talus, bush covered			
		0.35	0.0066			0.65	0.013	Talus, bare			
		0.2	0.004			0.4	0.008	Lacustrine and peat deposit, forested			
		0.25	0.005			0.55	0.011	Lacustrine and peat deposit, non forested			
		0.25	0.005			0.55	0.011	Alluvial deposit, forested			
		0.25	0.005			0.6	0.012	Alluvial deposit, non forested			
		0.25	0.005			0.5	0.01	Colluvial deposit, forested			
		0.25	0.005			0.65	0.013	Colluvial deposit, non forested			

RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	range	Min	Max	Mean	range				
		0.6	0.03			0.75	0.037 5	Outcropping limestone, forested	-	Mt. S. Martino- Coltignone, Italy	
		0.65	0.032 5			0.85	0.042 5	Outcropping limestone, bare			
		0.5	0.025			0.6	0.03	Subcropping limestone, forested			
		0.6	0.03			0.75	0.037 5	Subcropping limestone, non forested			
		0.3	0.015			0.65	0.032 5	Glaciofluvial deposit, forested			
		0.3	0.015			0.7	0.035	Glaciofluvial deposit, non forested			
		0.25	0.012 5			0.55	0.027 5	Glacial deposit, forested			
		0.25	0.012 5			0.65	0.032 5	Glacial deposit, non forested			
		0.35	0.017 5			0.7	0.035	Talus, forested			
		0.35	0.017 5			0.75	0.037 5	Talus, bush covered			
		0.35	0.017 5			0.7	0.035	Talus, bare			
		0.45	0.022 5			0.65	0.032 5	Cemented talus, forested			
		0.5	0.025			0.7	0.035	Cemented talus, bare			

RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	range	Min	Max	Mean	range				
		0.15				0.8		Glacier None Unclassified			
		0.55				0.7		Brushes Shallow colluvial soil Dolostones and limestones			
		0.25				0.6		Dense forest Glacial deposit Unclassified			
		0.55				0.75		Dense forest Shallow colluvial soil Lavas, gabbros and monzonites			
		0.3				0.6		Sparse forest Scree-slope deposit Unclassified			
		0.45				0.6		Sparse forest Shallow colluvial soil Marly limestones			
		0.35				0.7		No vegetation Landslide deposit Unclassified			
		0.3				0.65		No vegetation Alluvial deposit Unclassified			
		0.25				0.6		Pasture Glacial deposit Unclassified			
		0.45				0.7		Pasture Shallow colluvial soil Marly limestones			
		0.55				0.8		Pasture Shallow colluvial soil Breccias and conglomerates			
		0.55				0.8		Pasture Shallow colluvial soil Lavas, gabbros and monzonites			
		0.5				0.7		Pasture Shallow colluvial soil Rhyolites			

Val di Fassa,
Italy

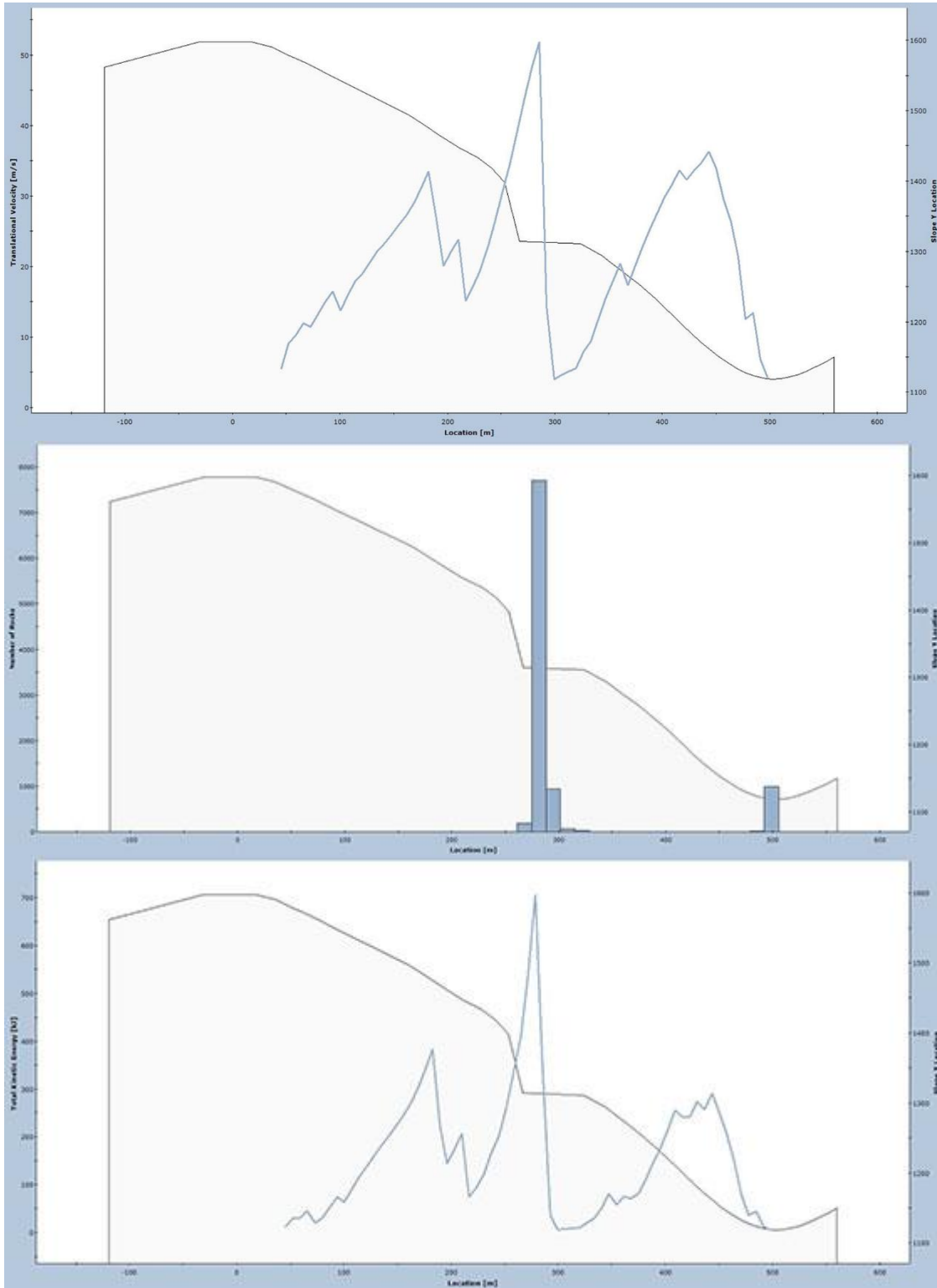
Paolo Frattini a,
Giovanni Crosta a,
Alberto Carrara b,
Federico Agliardi.
Assessment of
rockfall susceptibility
by integrating
statistical and
physically-based
approaches.
Geomorphology 94
(2008) 419–437

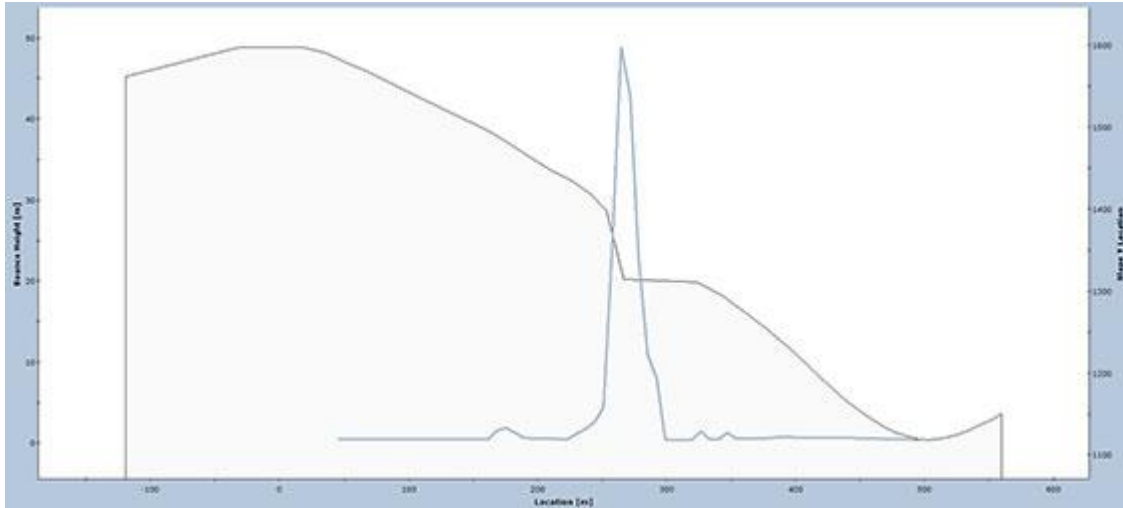
RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	range	Min	Max	Mean	range				
		0.35	0.018			0.7	0.035	Embankment fill material	-	Fiumelatte, Italy	F. Agliardi, G. B. Crosta, and P. Frattini Integrating rockfall risk assessment and countermeasure design by 3D modelling techniques Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1059–1073, 2009
		0.35	0.018			0.8	0.04	Built area			
		0.35	0.018			0.8	0.04	Colluvial deposit, grass covered			
		0.4	0.02			0.85	0.043	Talus slope, bare			
		0.4	0.02			0.8	0.04	Talus slope, bush covered			
		0.4	0.02			0.8	0.04	Talus slope, forested			
		0.65	0.033			0.75	0.038	Subcropping rock, forested			
		0.7	0.035			0.85	0.043	Outcropping rock, bare			
		0.7	0.035			0.8	0.04	Outcropping rock, forested			
		0.47	0.05			0.79	0.05	trachitic andesite		Afyon Castle, Turkey	Tamer Topal Æ Muge Akin Æ Utku Ahmet Ozden 2007. Assessment of rockfall hazard around Afyon Castle, Turkey. Environ Geol (2007) 53:191–200
		0.35	0.04			0.85	0.04	highly fractured and cracked basaltic volcanic		Erzincan, Turkey	Adnan Keskin 2013. Evaluation of rock falls in an urban area: the case of Bogazici (Erzincan/Turkey). Environ Earth Sci DOI 10.1007/s12665-013-2247-9

		0.223	0.052			0.586	0.102	weathered basalt blocks		Kula (Manisa, Turkey), Geopark Region	Adil Binal & M. Ercanoglu. Assessment of rockfall potential in the Kula (Manisa, Turkey) Geopark Region. Environ Earth Sci (2010) 61:1361–1373 DOI 10.1007/s12665-010-0454-1
RN (Normal)				RT (Tangential)				Type	Verification	Location	Reference
Min	Max	Mean	range	Min	Max	Mean	range				
		0.35	0.05			0.62	0.05	sandstone		Kastamonu, Turkey	T. Topal • M. K. Akin • M. Akin. Rockfall hazard analysis for an historical Castle in Kastamonu (Turkey). Nat Hazards (2012) 62:255–274 DOI 10.1007/s11069-011-9995-1

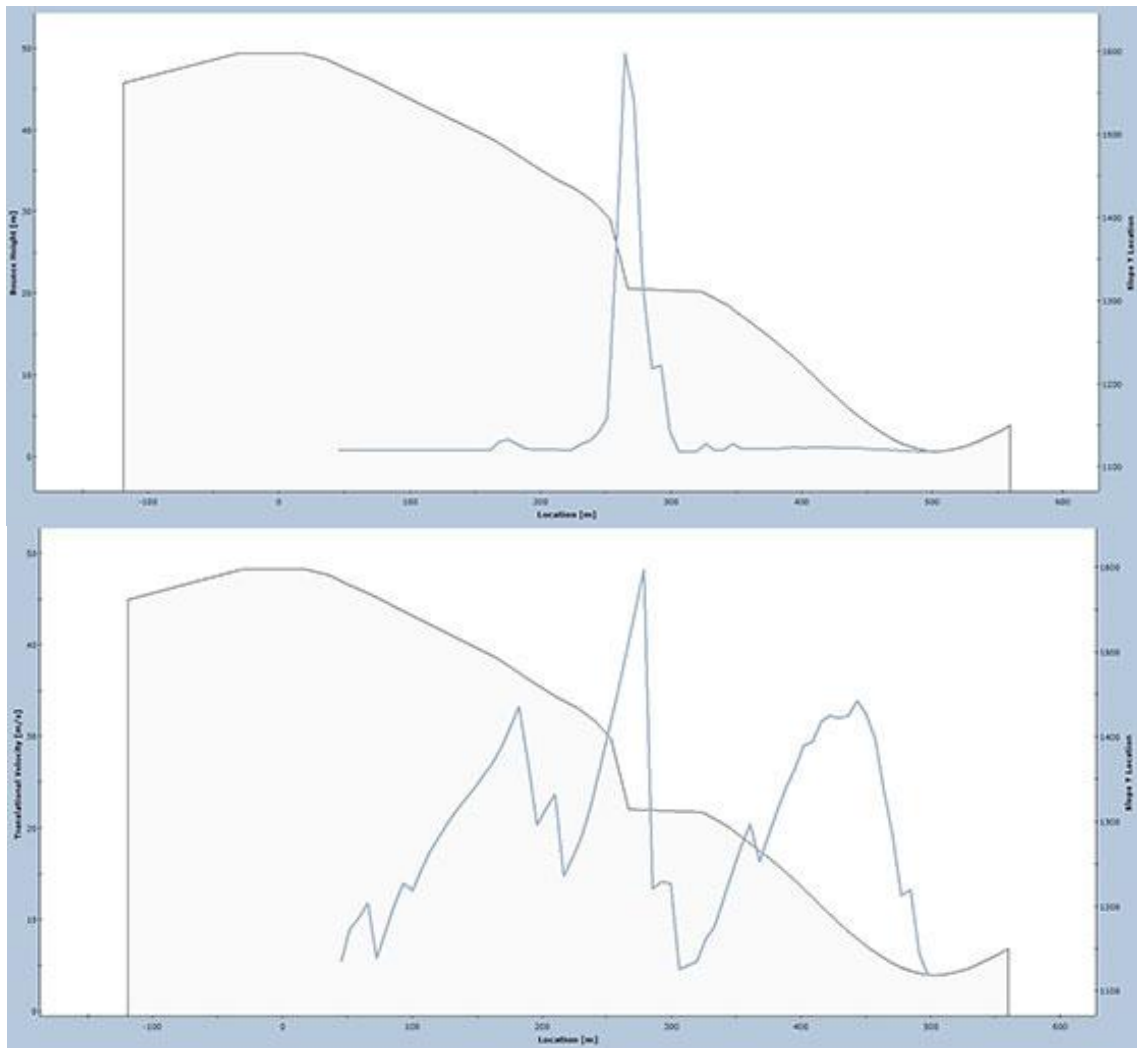
		0.57	0.07			0.74	0.07	volcano-sedimentary sequences		Ortahisar Castle, Cappadocia, Turkey	M. C. Tunusluoglu and K. Zorlu. Rockfall hazard assessment in a cultural and natural heritage (Ortahisar Castle, Cappadocia, Turkey). Environ Geol (2009) 56:963–972 DOI 10.1007/s00254-008-1198-z
		0.224	0.04			0.8	0.04	Talus with vegetation		Mardin Castle, Turkey	N. Dadashzadeh, C. Aras, N. Yesiloglu, A. Bilgin, H.S.B. Duzgun. Analysis of Potential Rockfalls and Protection Measures for the Mardin Castle, Turkey. Eurock 2014 conference proceeding
		0.53	0.04			0.99	0.04	Clean hard bedrock			

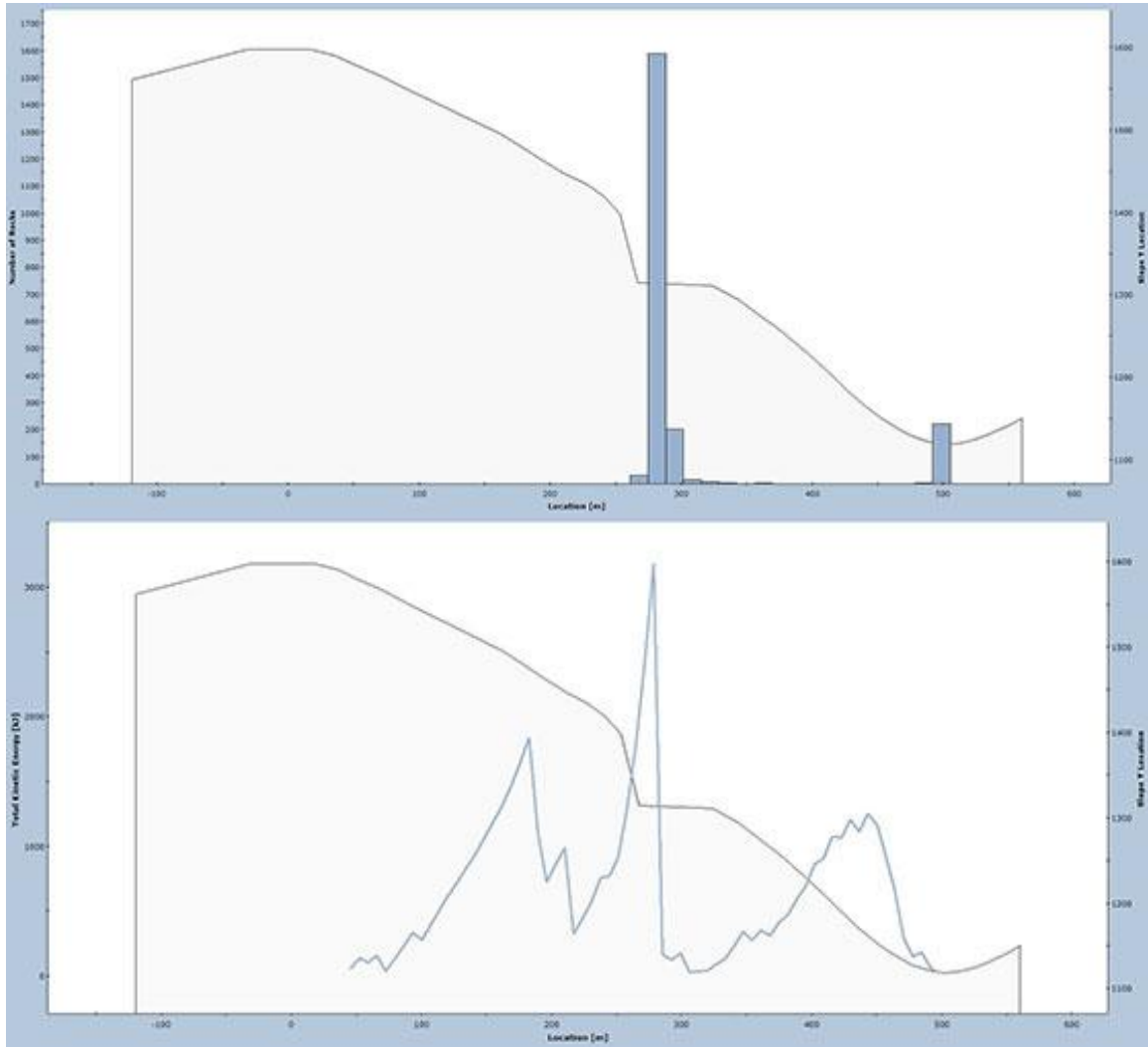
Profil 1 Simülasyon 2 Analiz Sonuçları



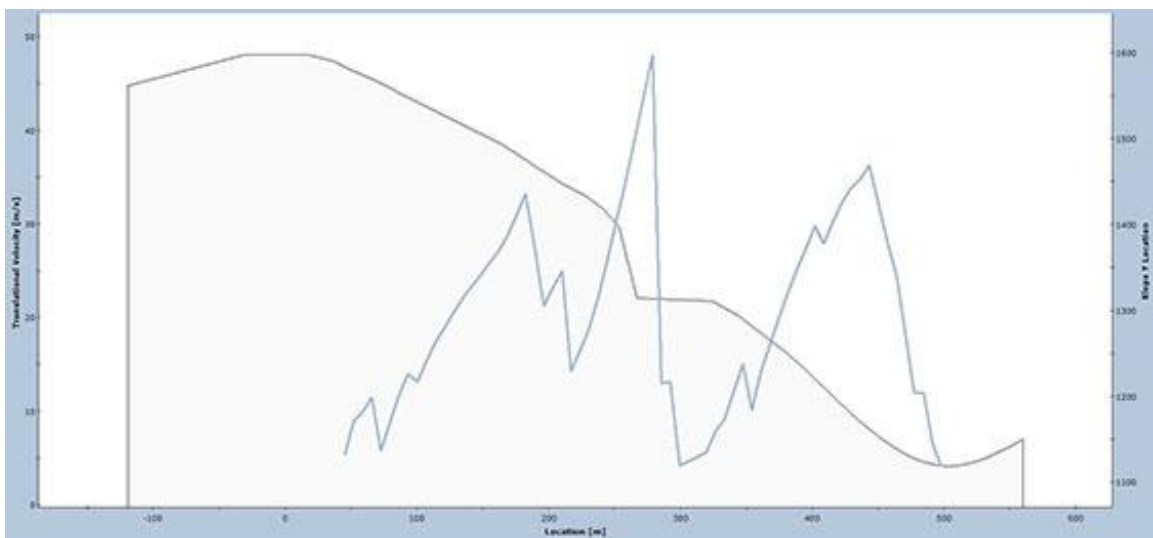


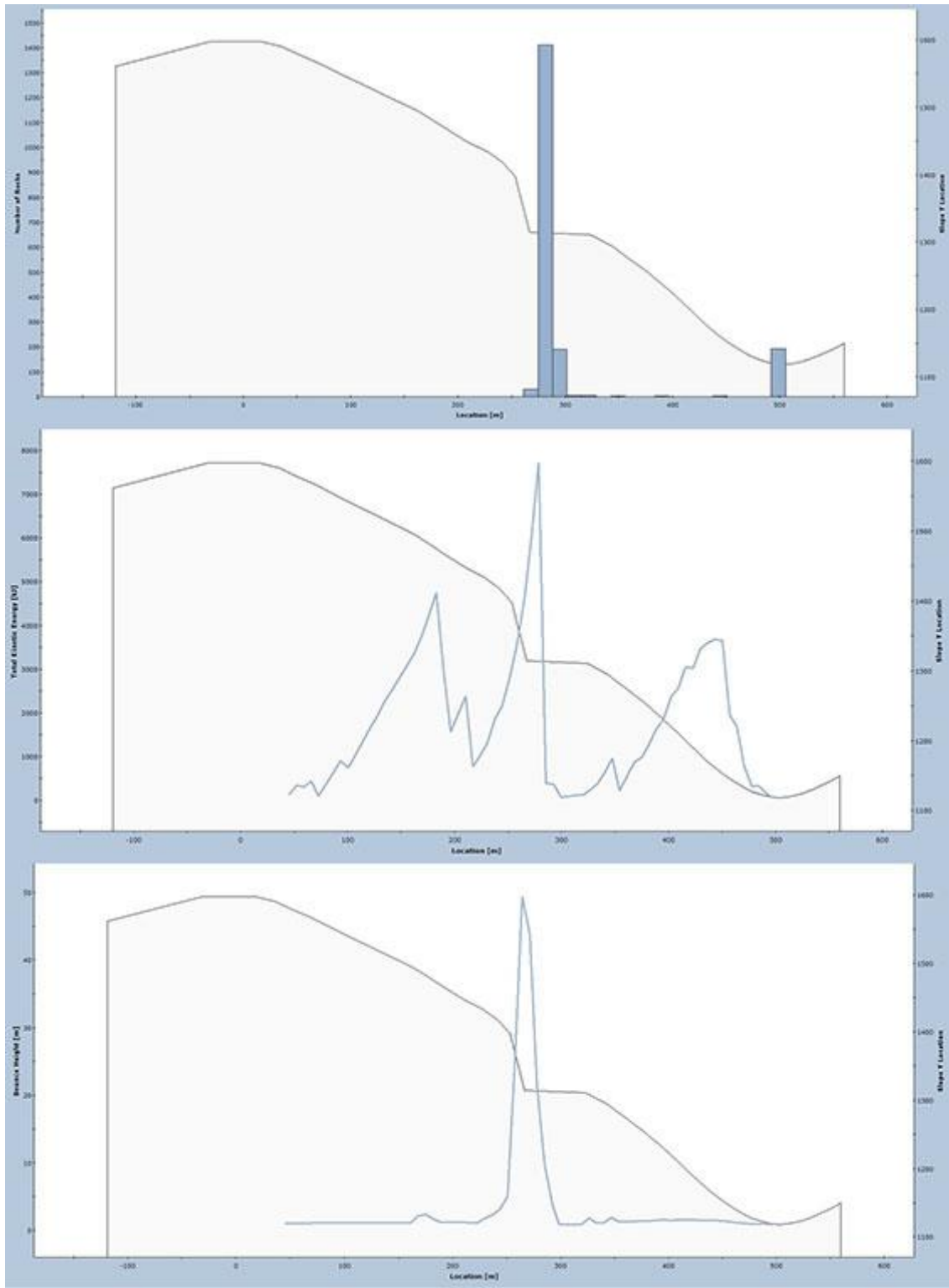
Profil 1 Simülasyon 3 Analiz Sonuçları



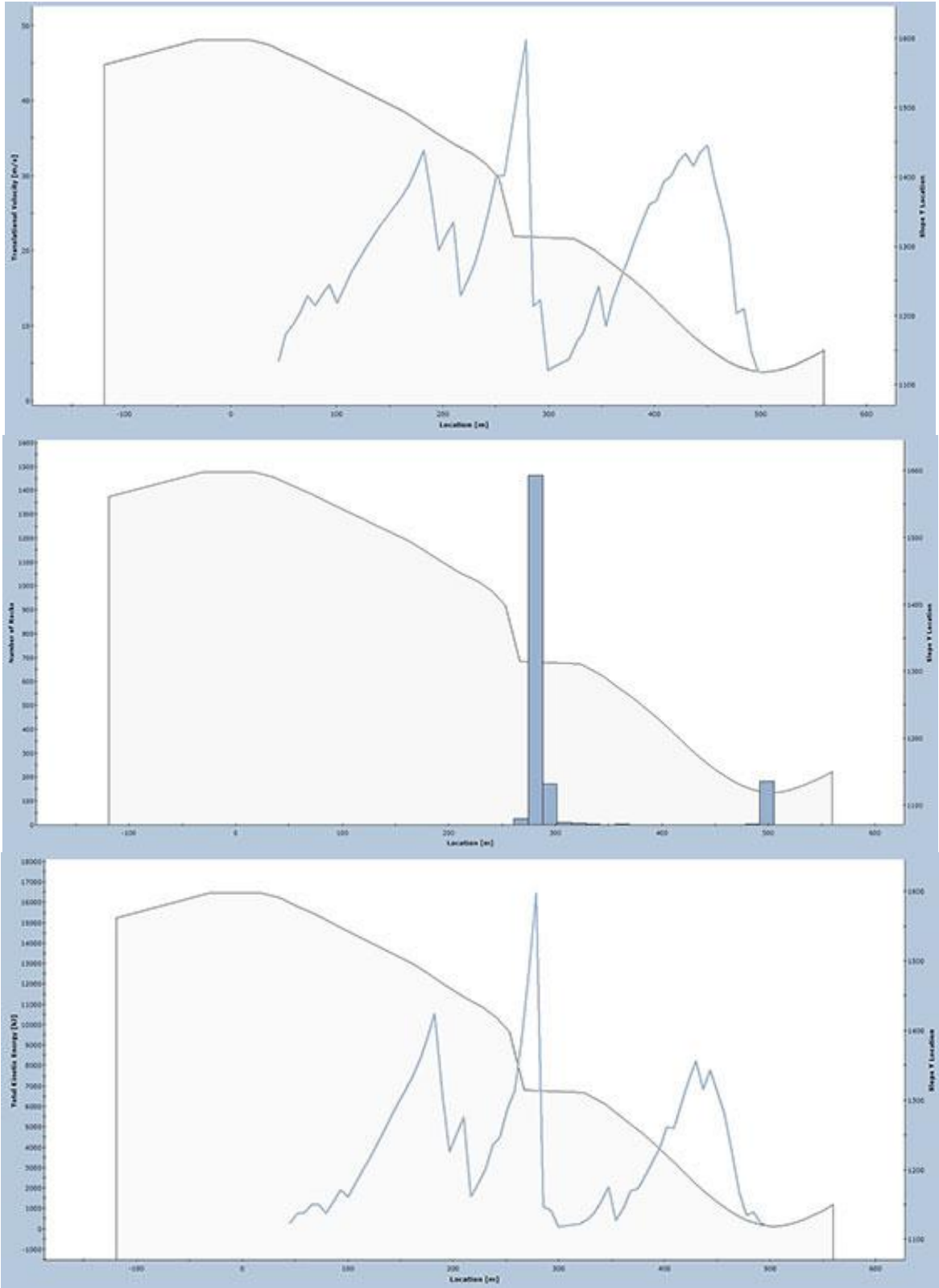


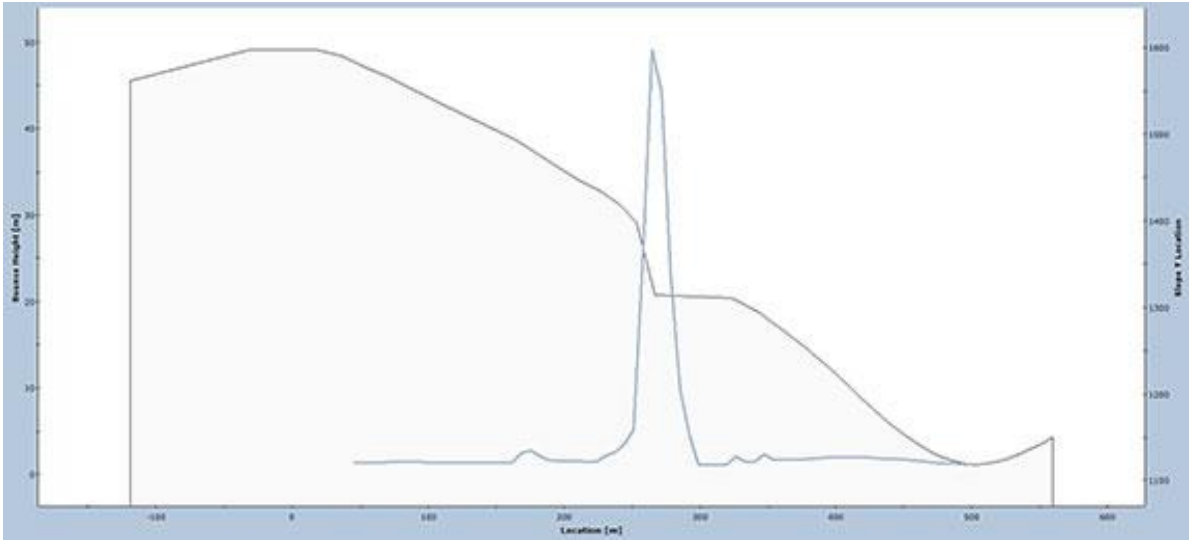
Profil 1 Simülasyon 4 Analiz Sonuçları



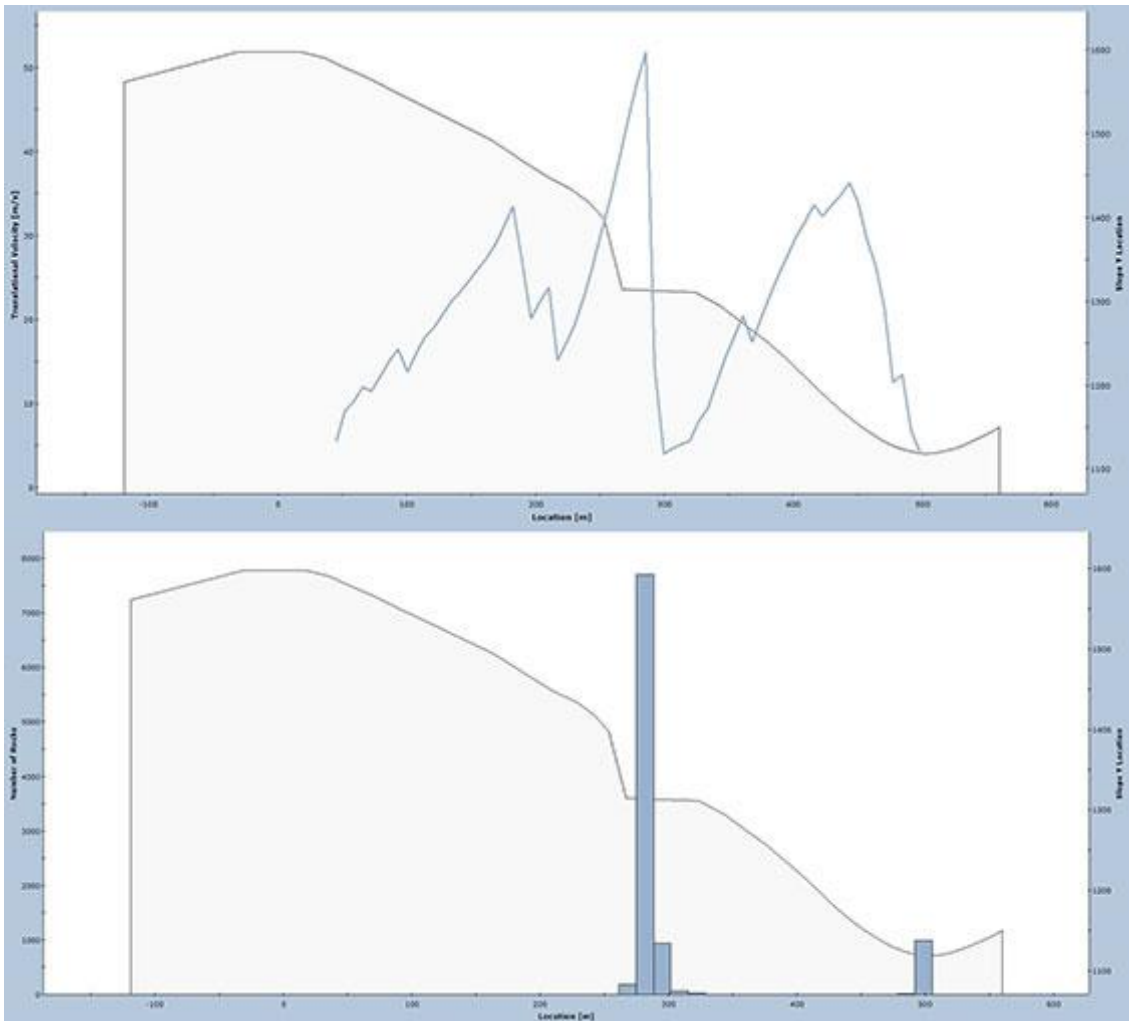


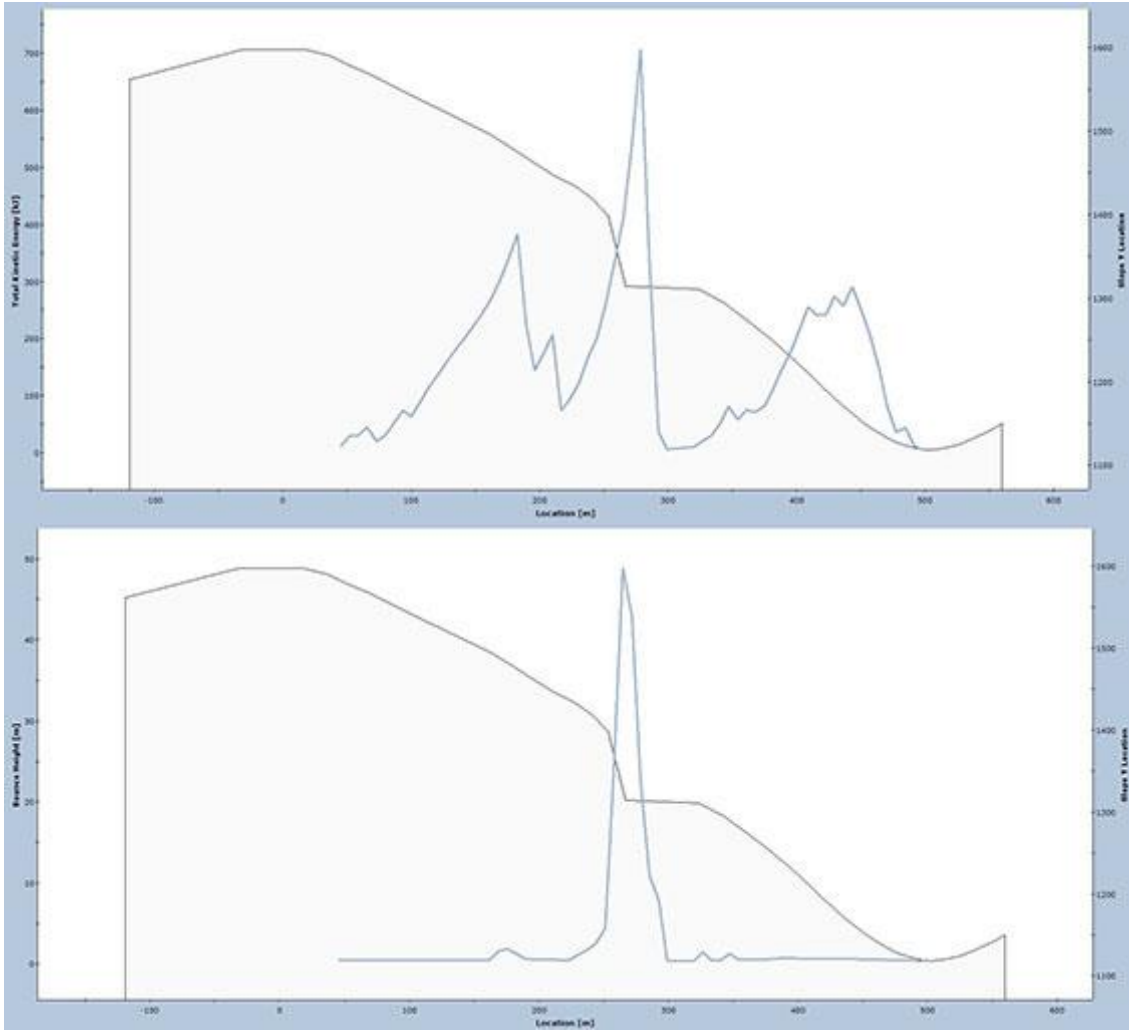
Profil 1 Simülasyon 5 Analiz Sonuçları



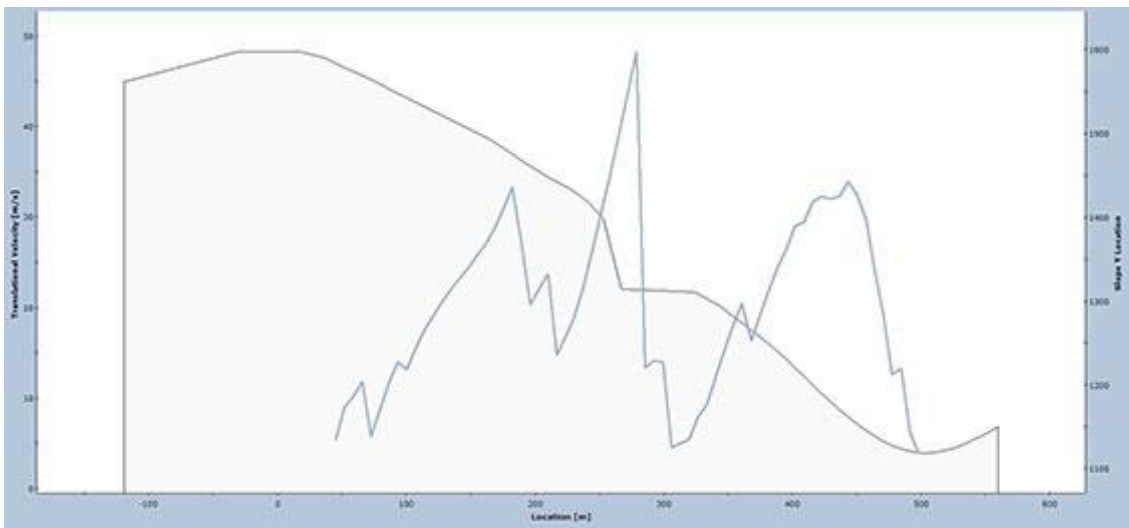


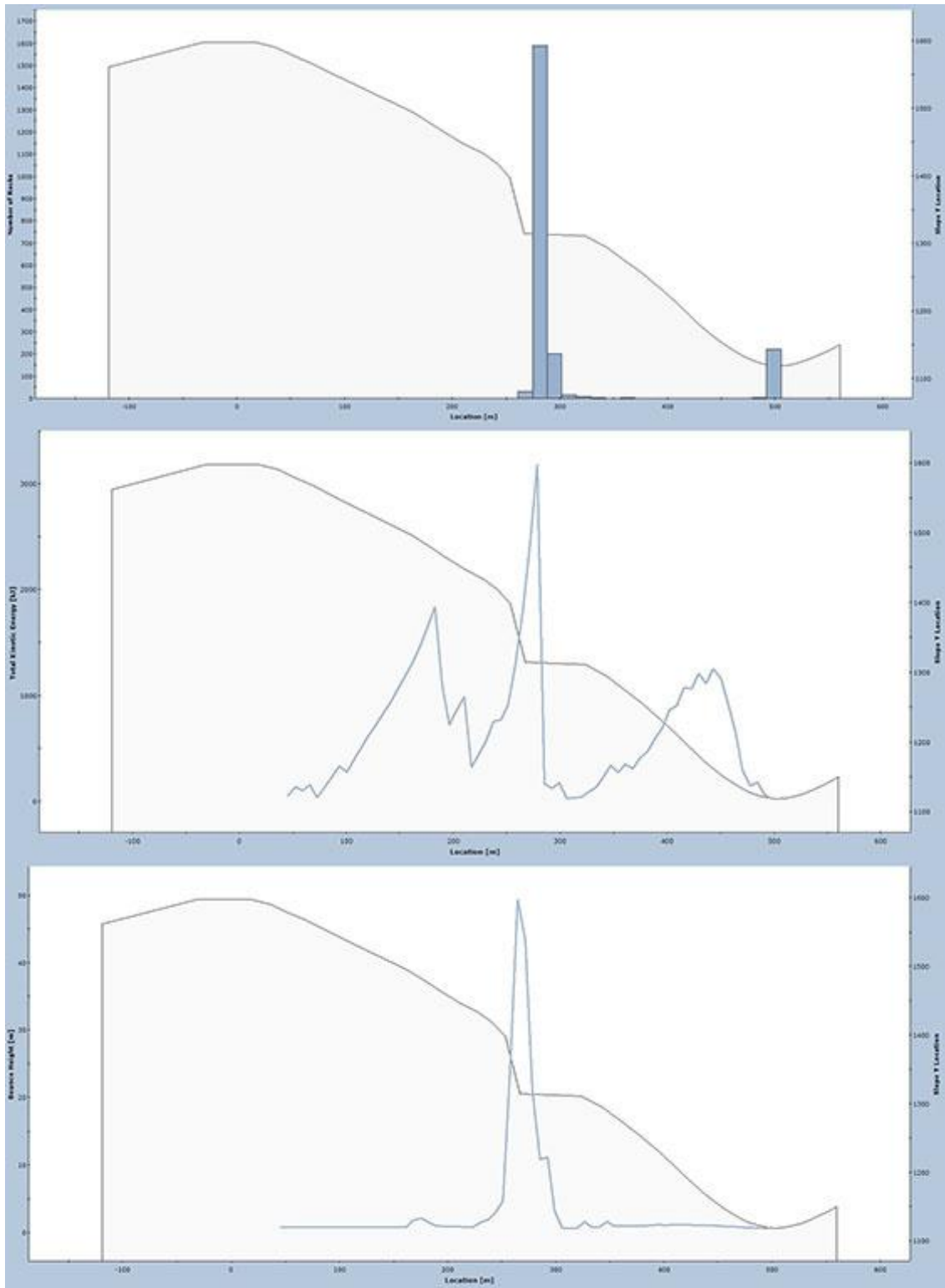
Profil 2 Simülasyon 2 Analiz Sonuçları



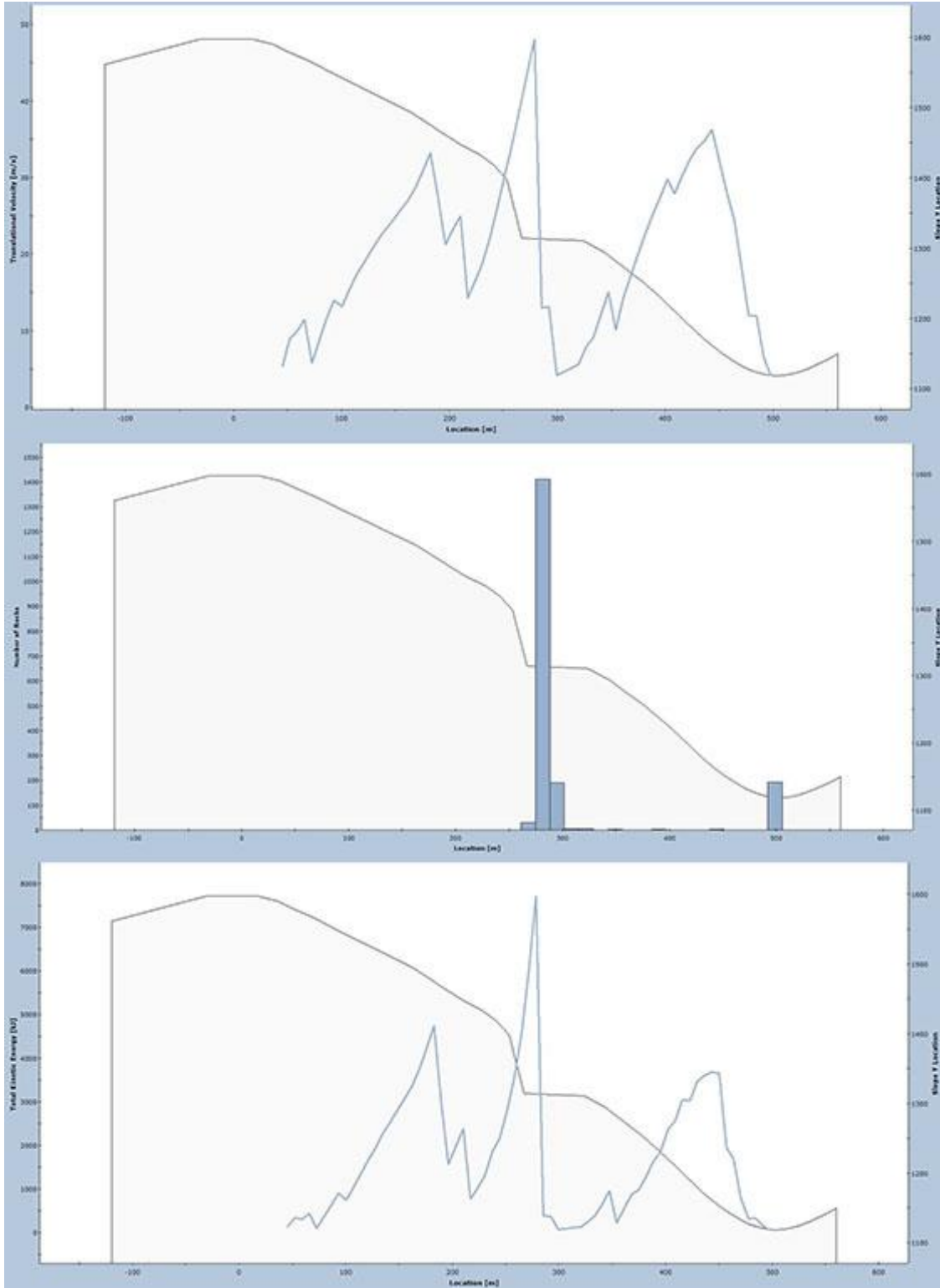


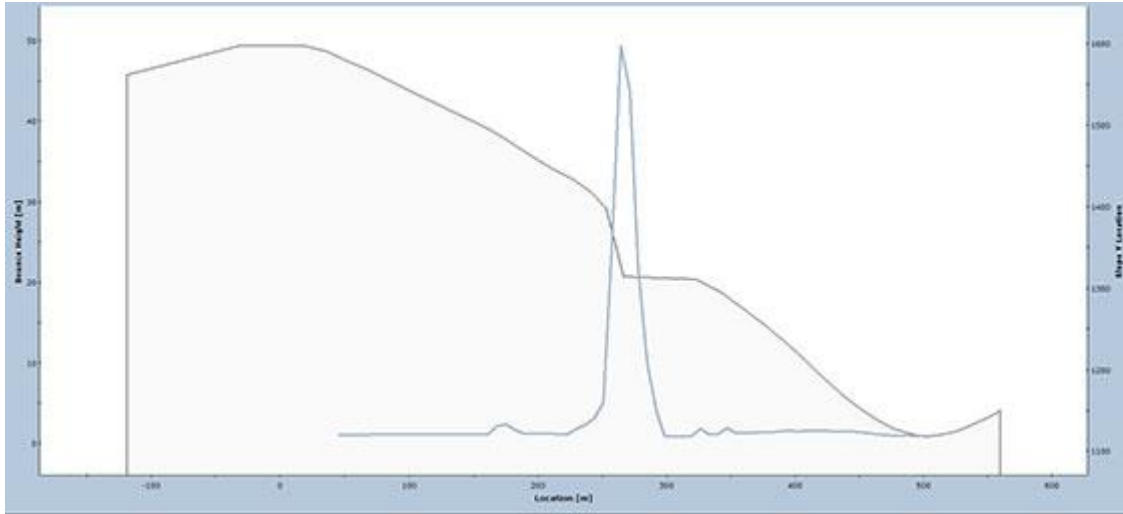
Profil 2 Simülasyon 3 Analiz Sonuçları



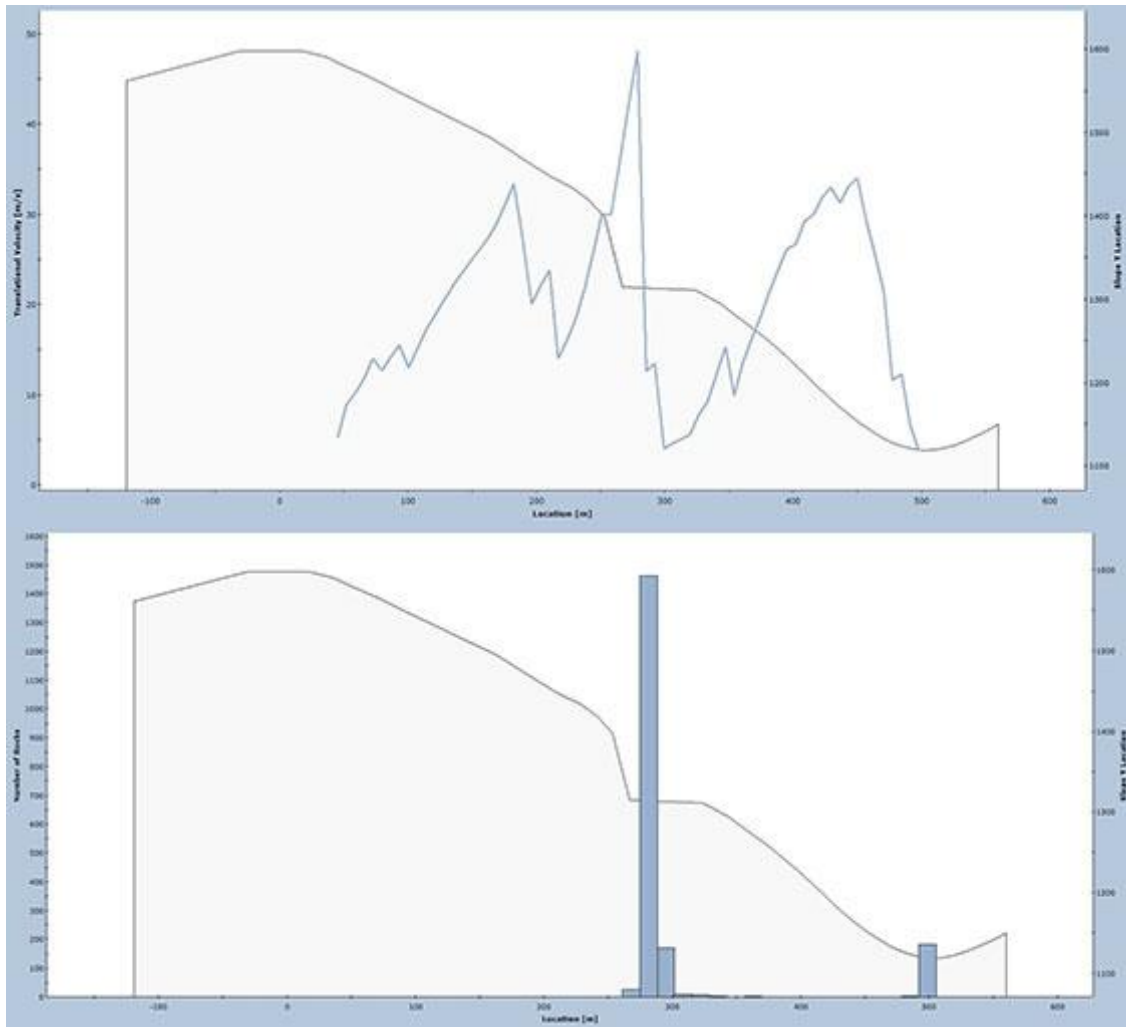


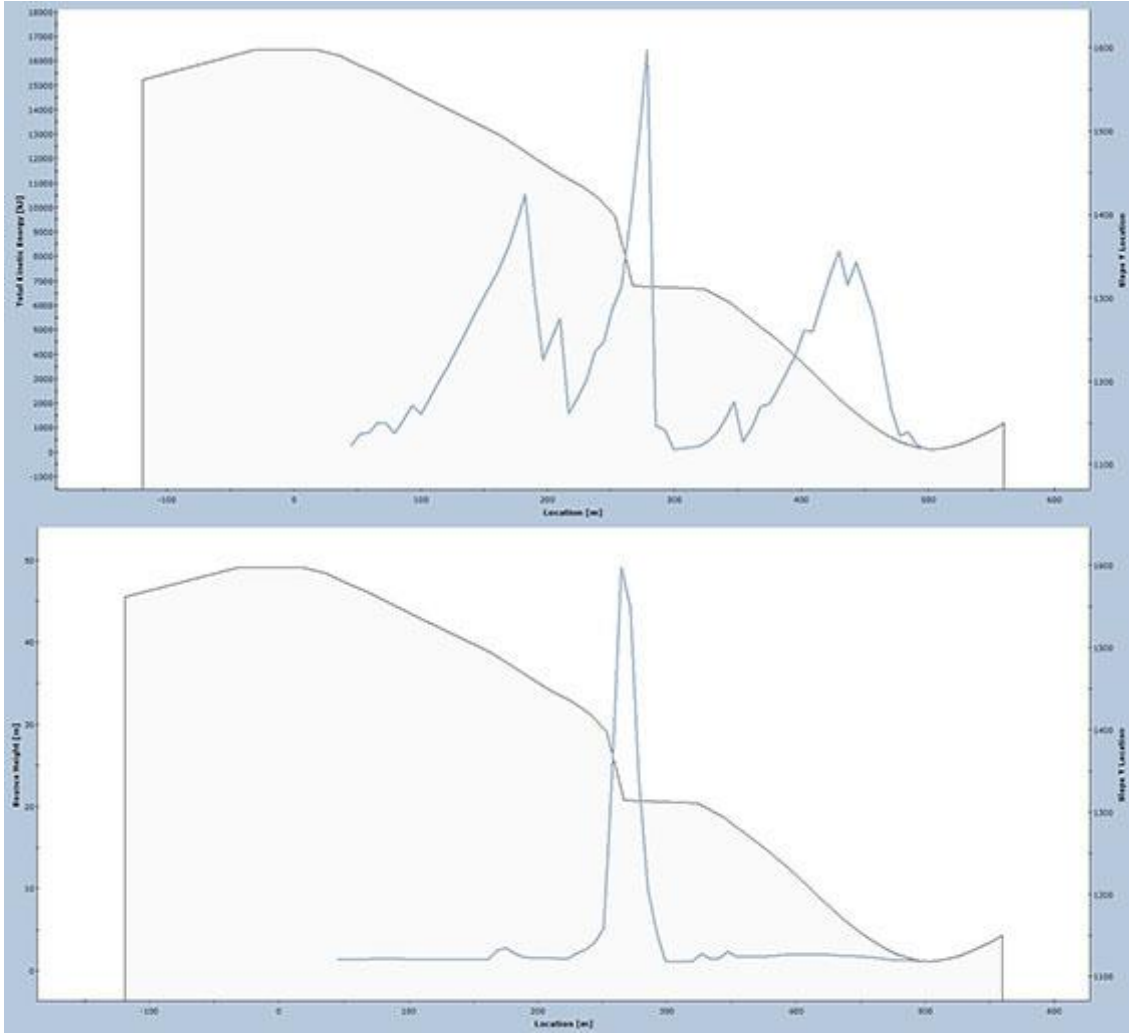
Profil 2 Simülasyon 4 Analiz Sonuçları



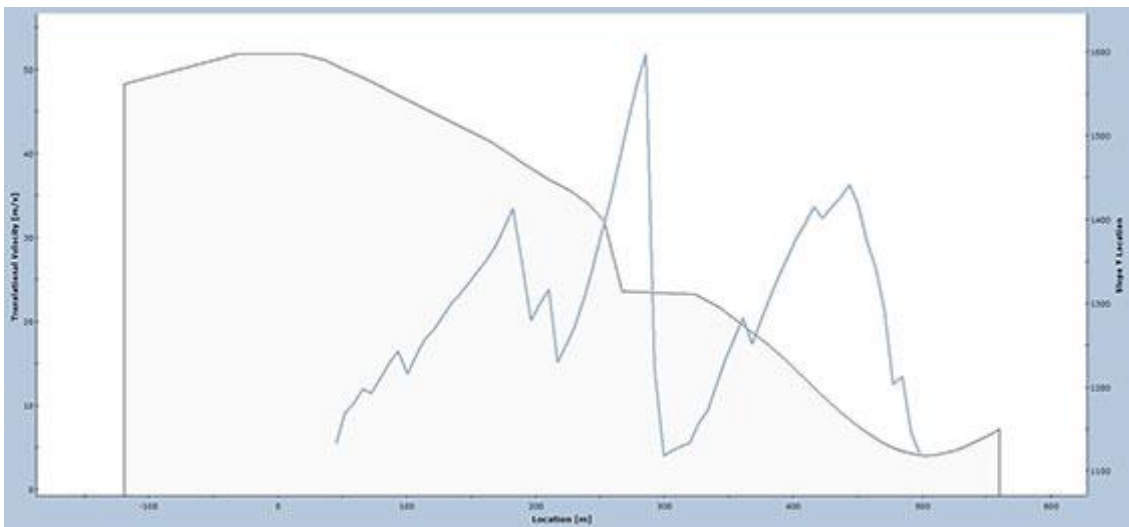


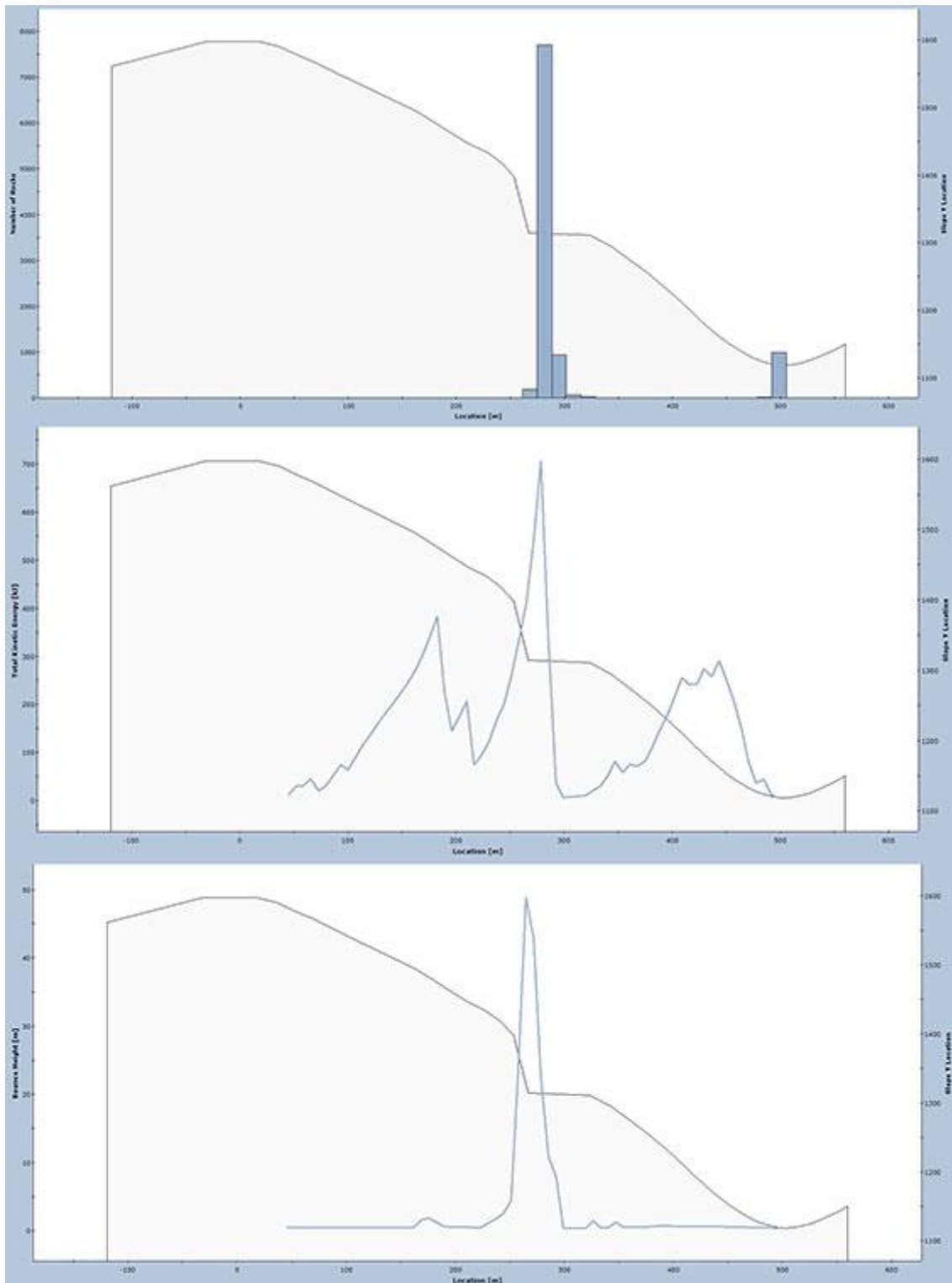
Profil 2 Simülasyon 5 Analiz Sonuçları



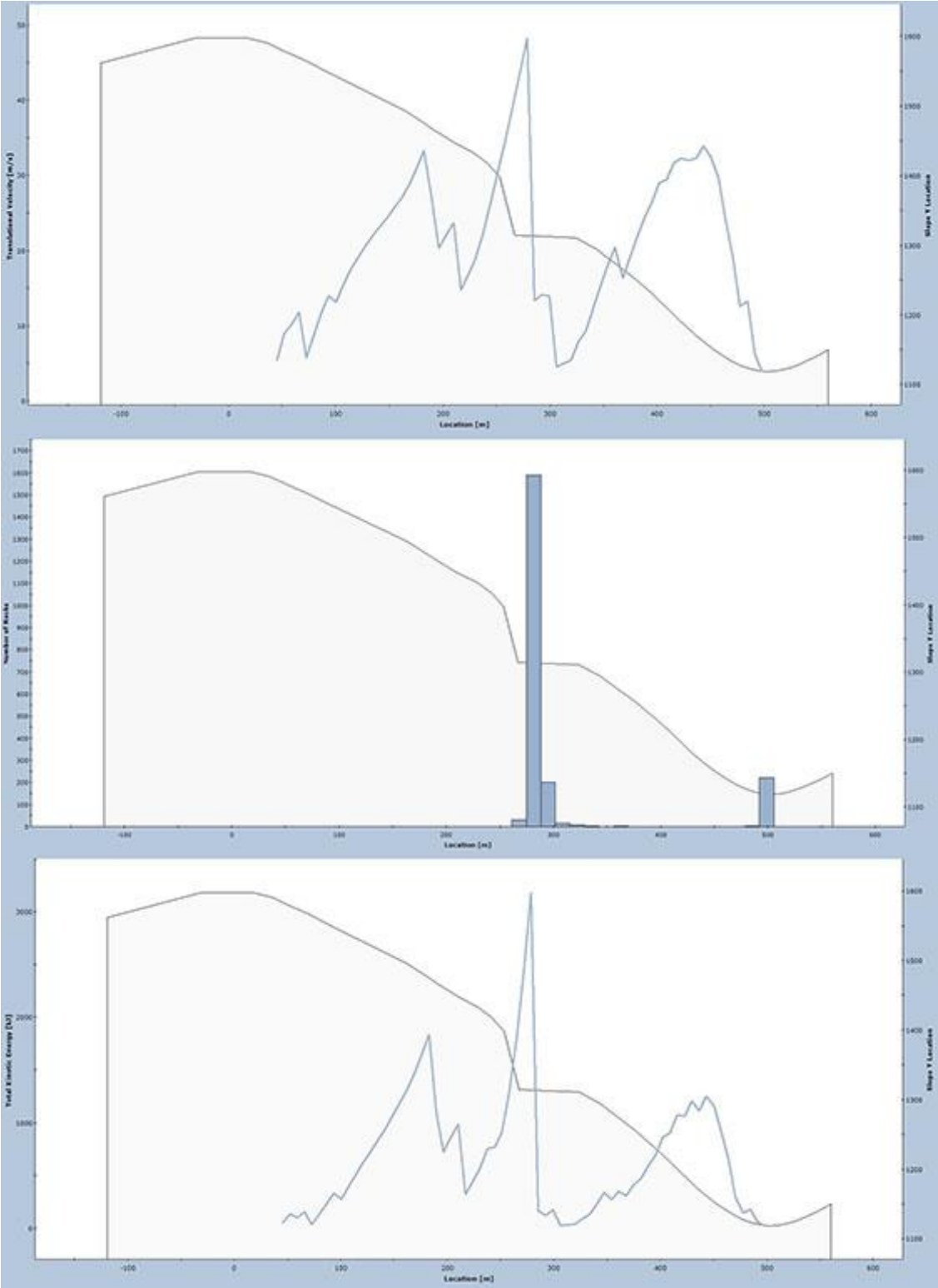


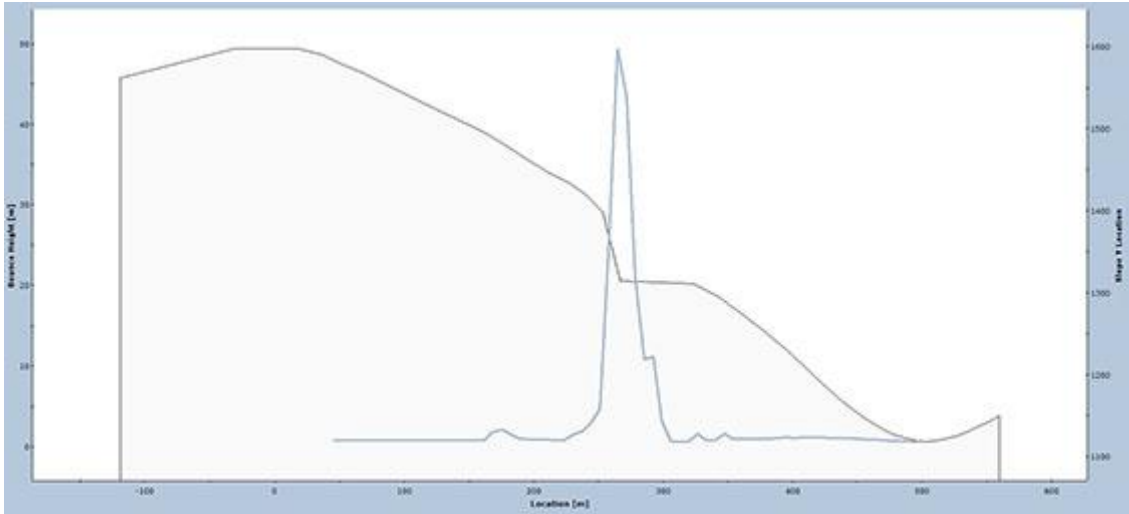
Profil 3 Simülasyon 2 Analiz Sonuçları



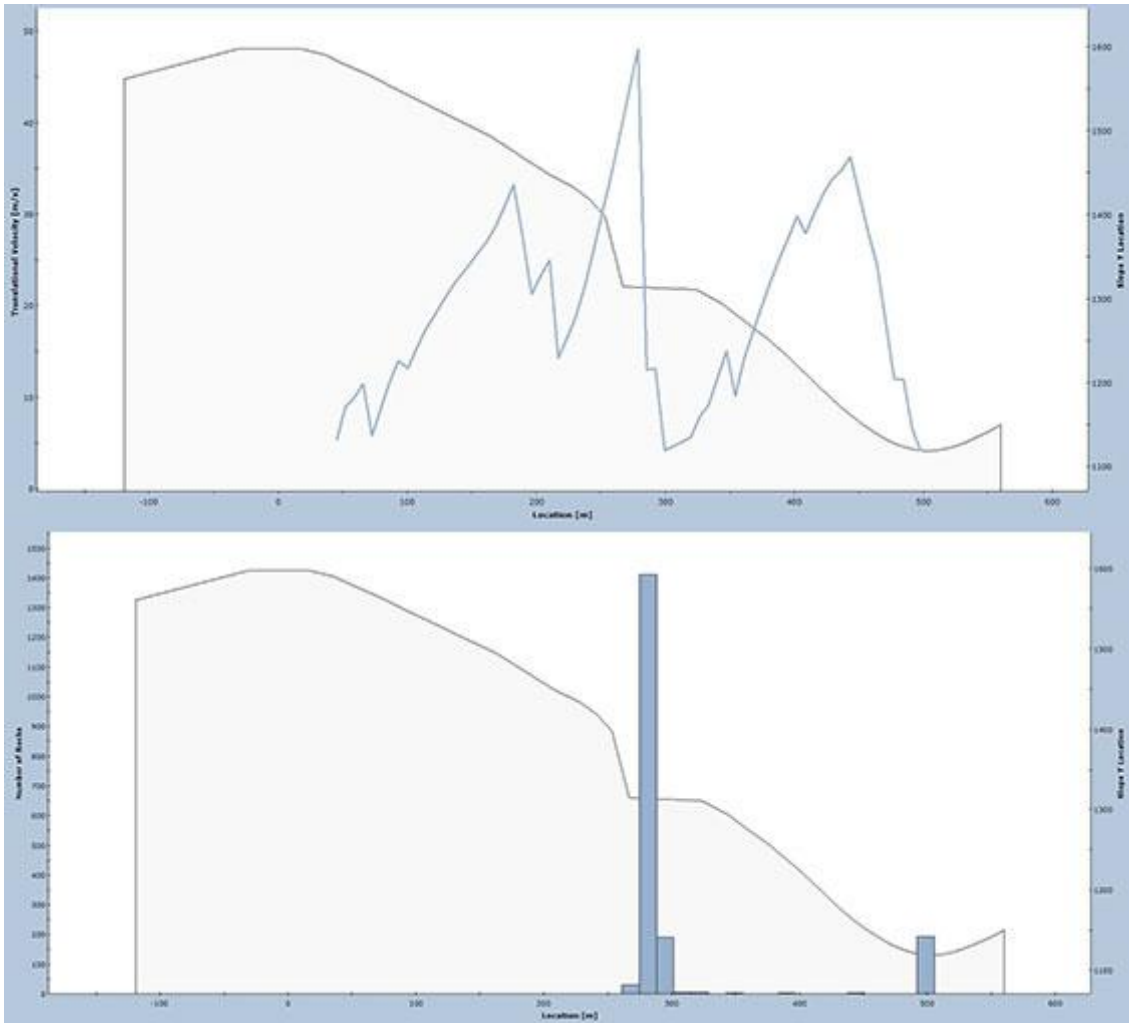


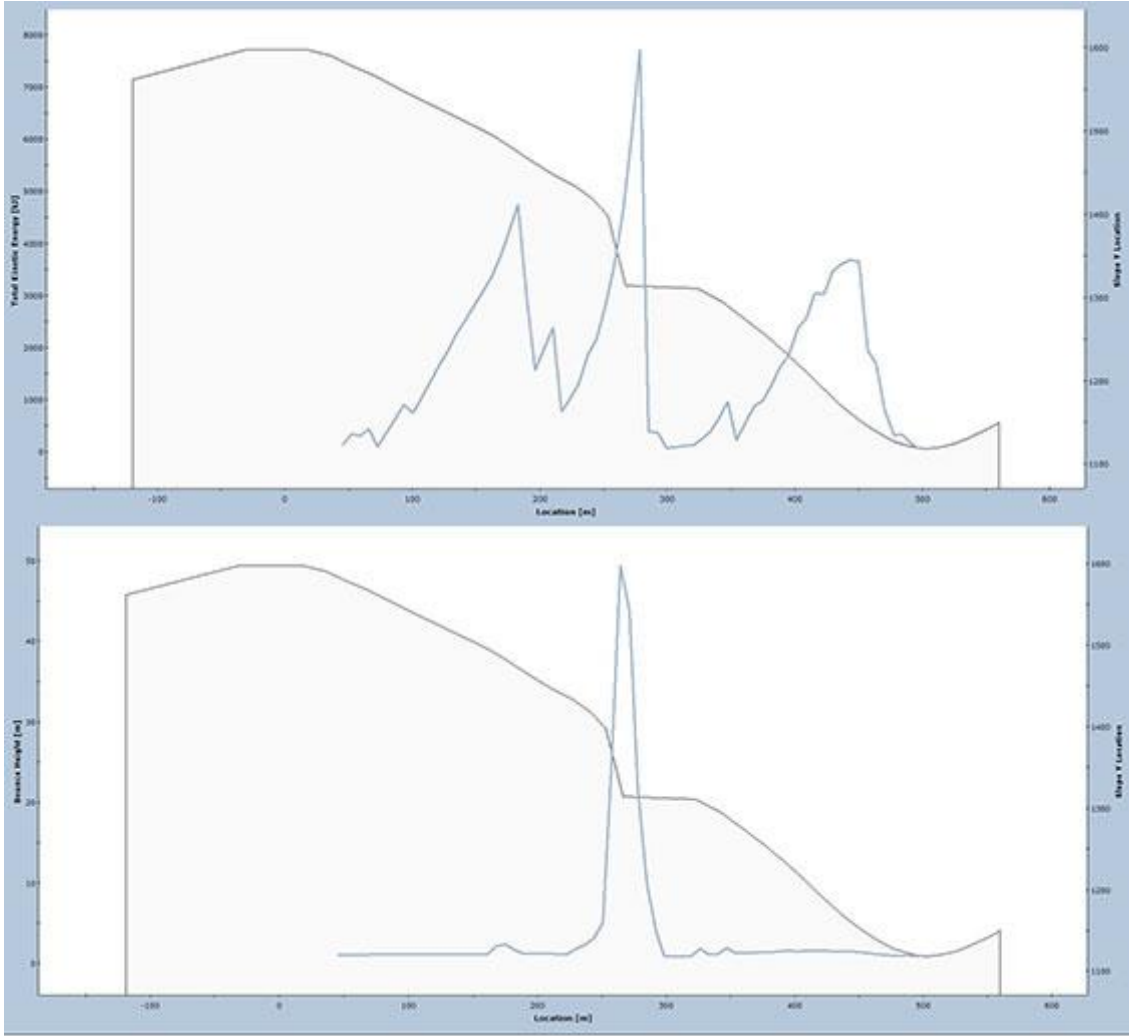
Profil 3 Simülasyon 3 Analiz Sonuçları



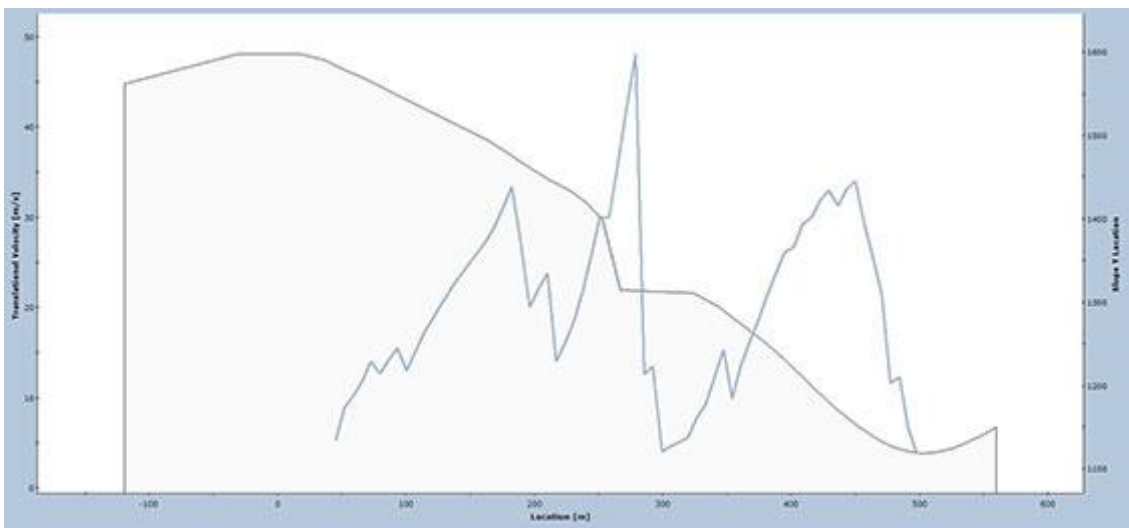


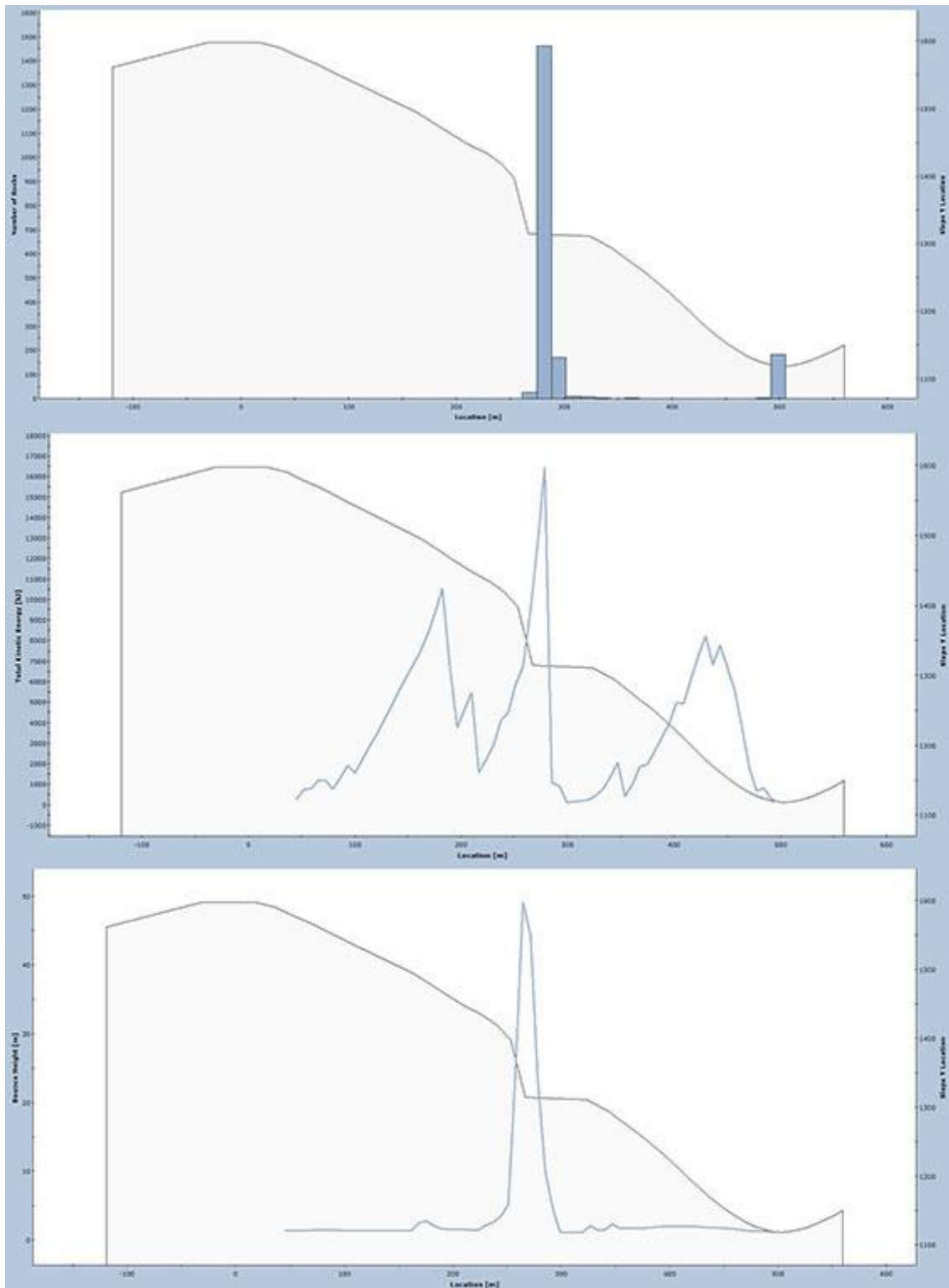
Profil 3 Simülasyon 4 Analiz Sonuçları



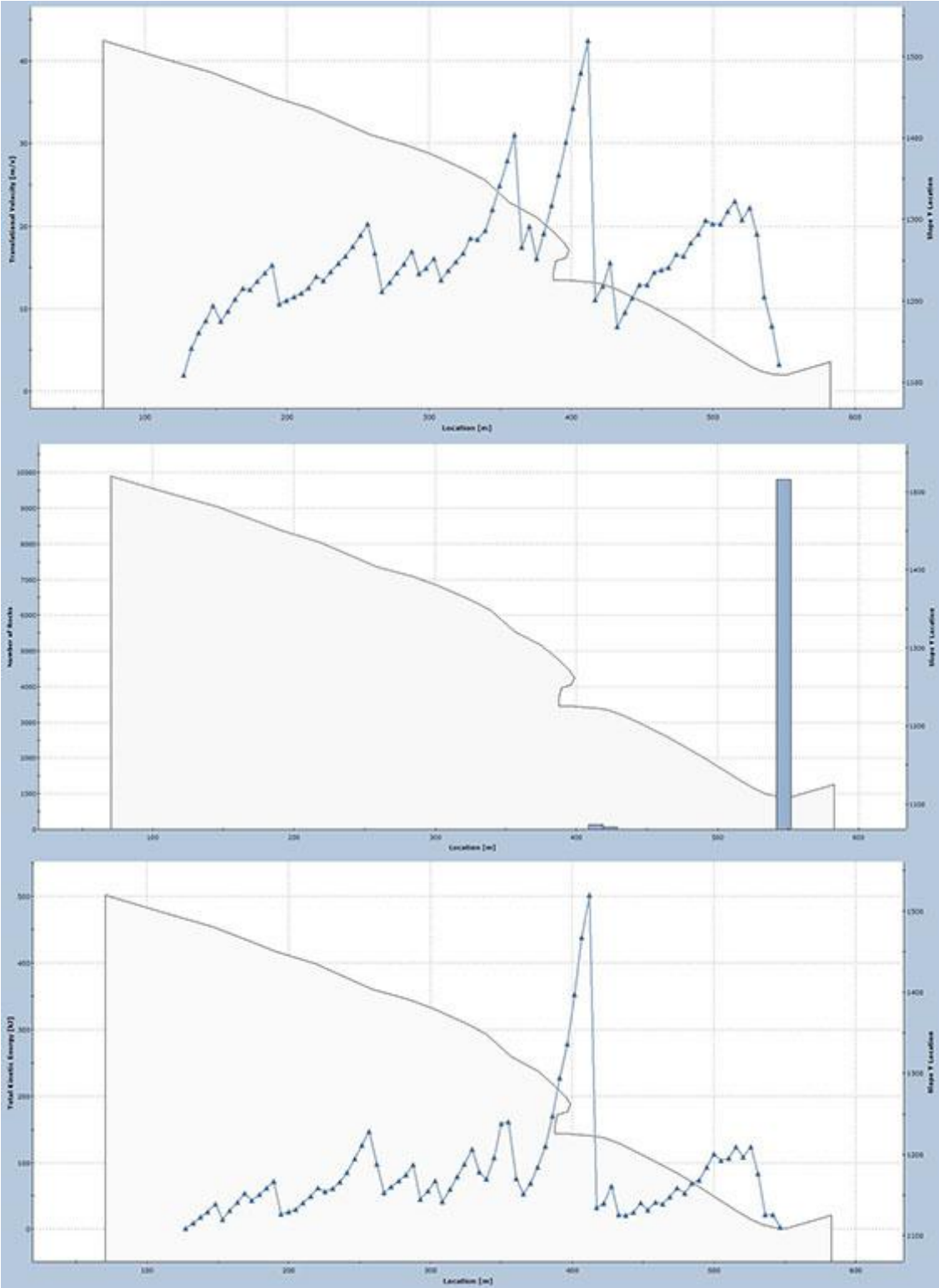


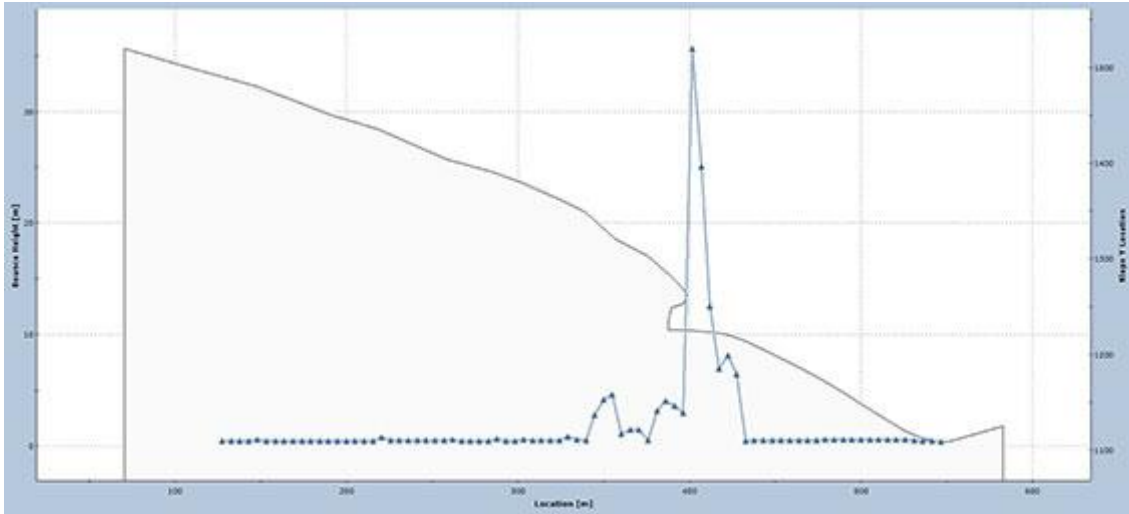
Profil 3 Simülasyon 5 Analiz Sonuçları



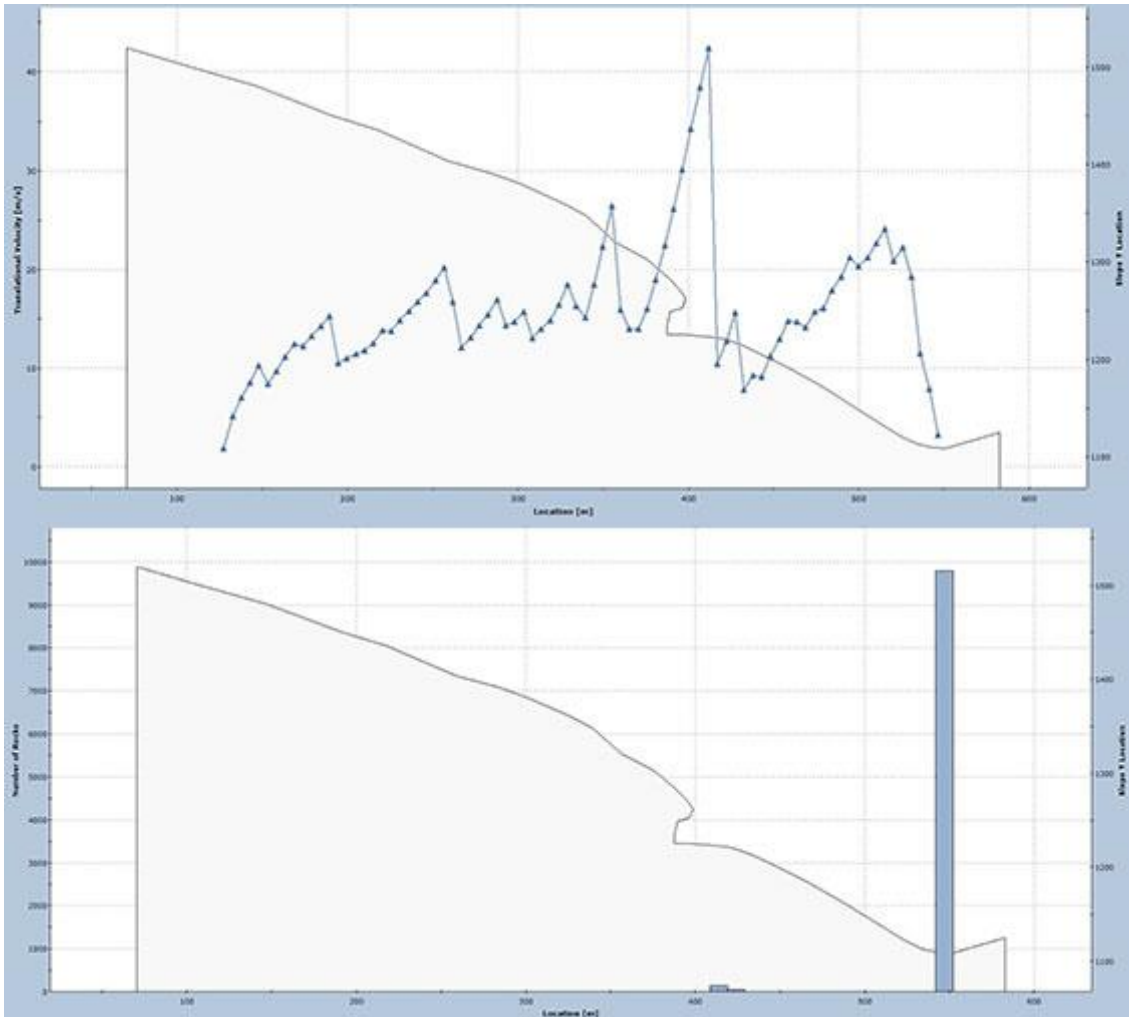


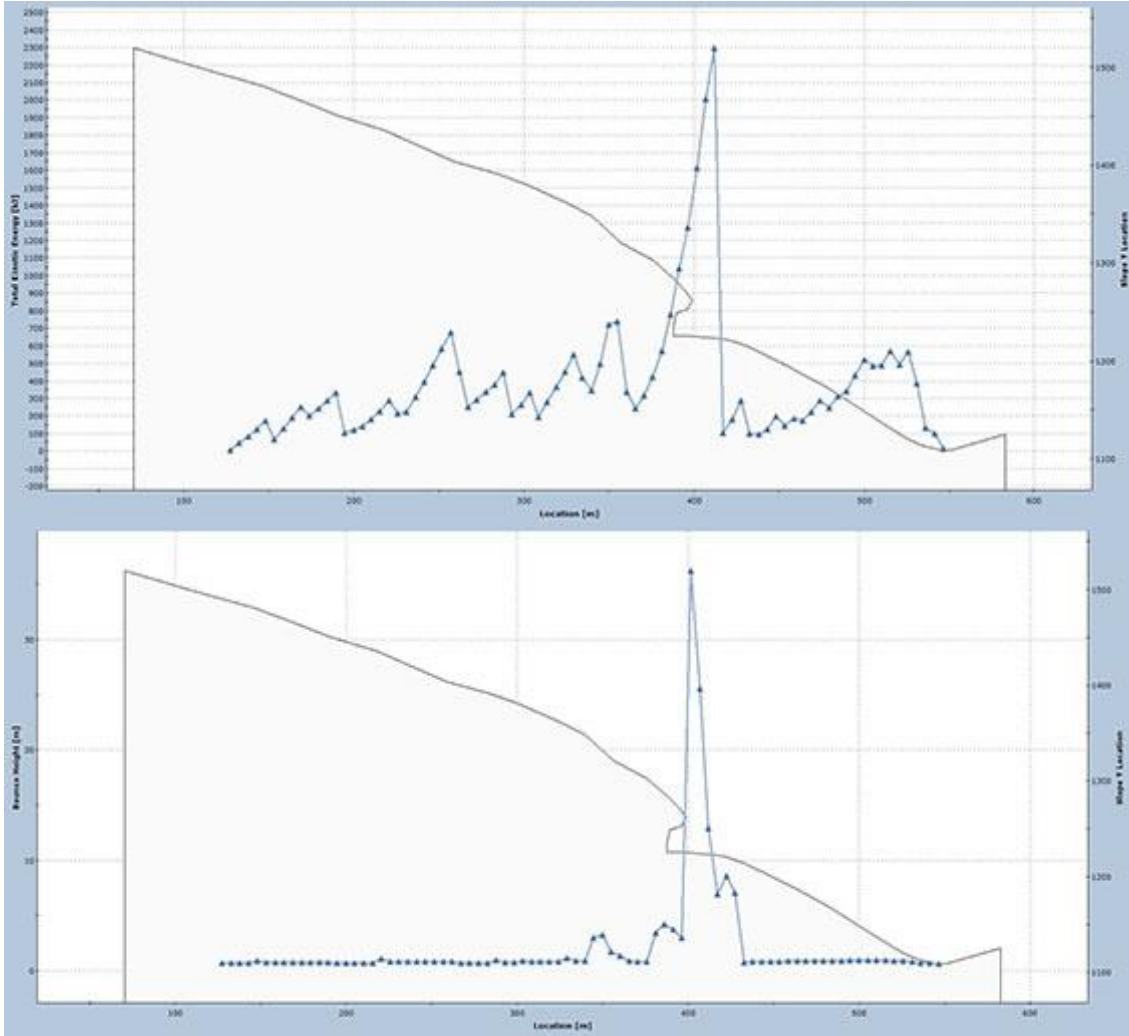
Profil 4 Simülasyon 2 Analiz Sonuçları



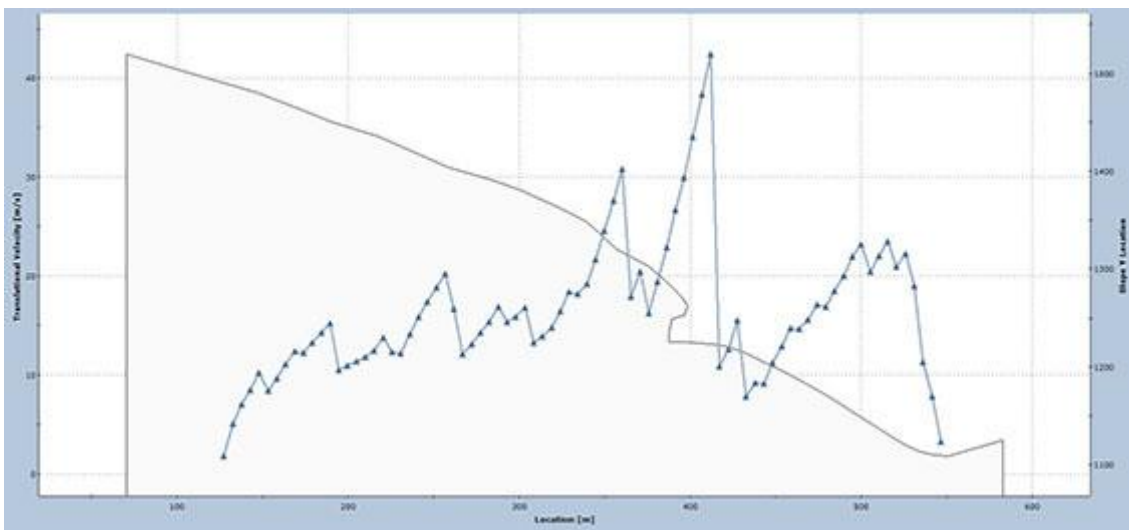


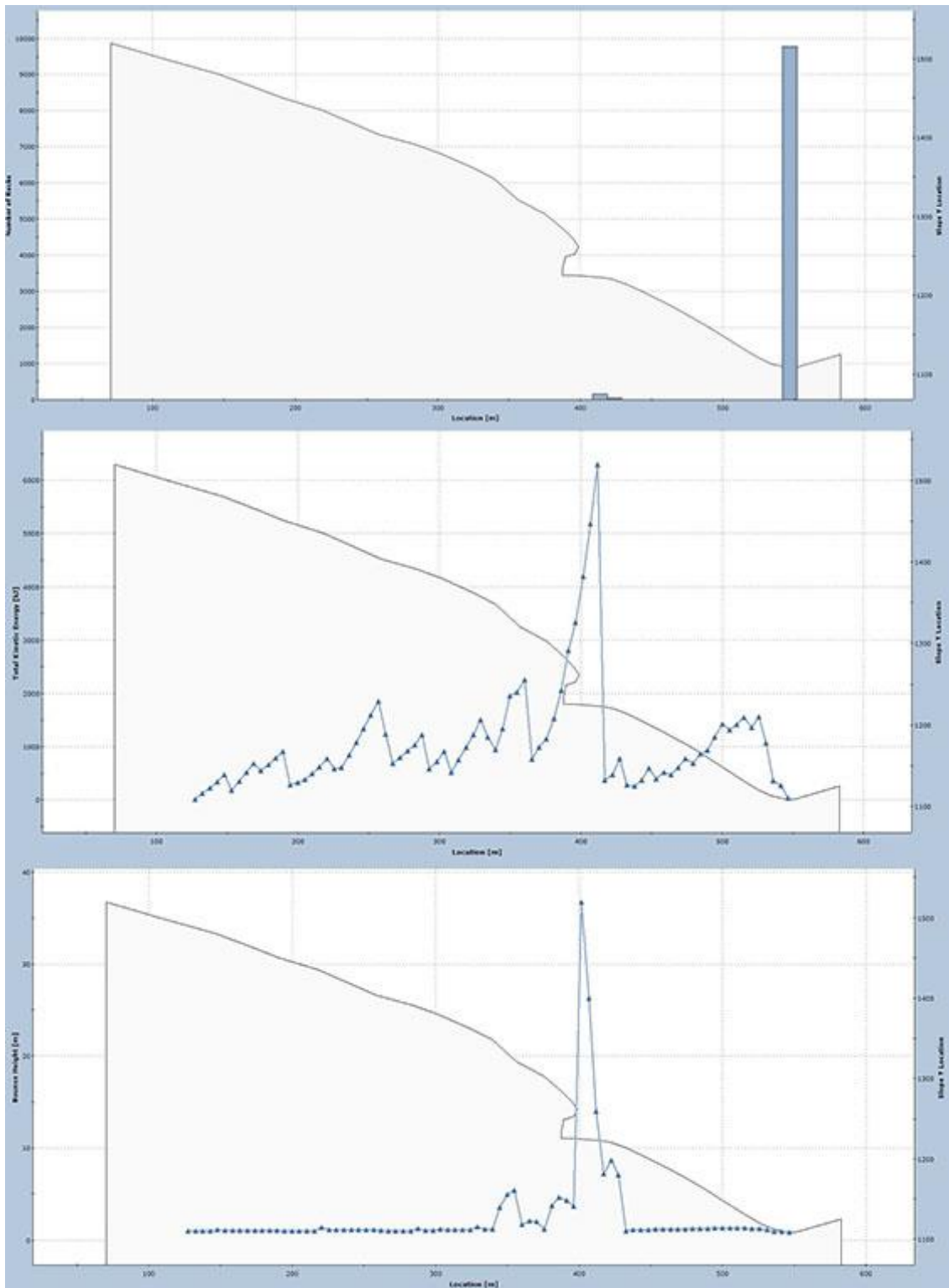
Profil 4 Simülasyon 3 Analiz Sonuçları



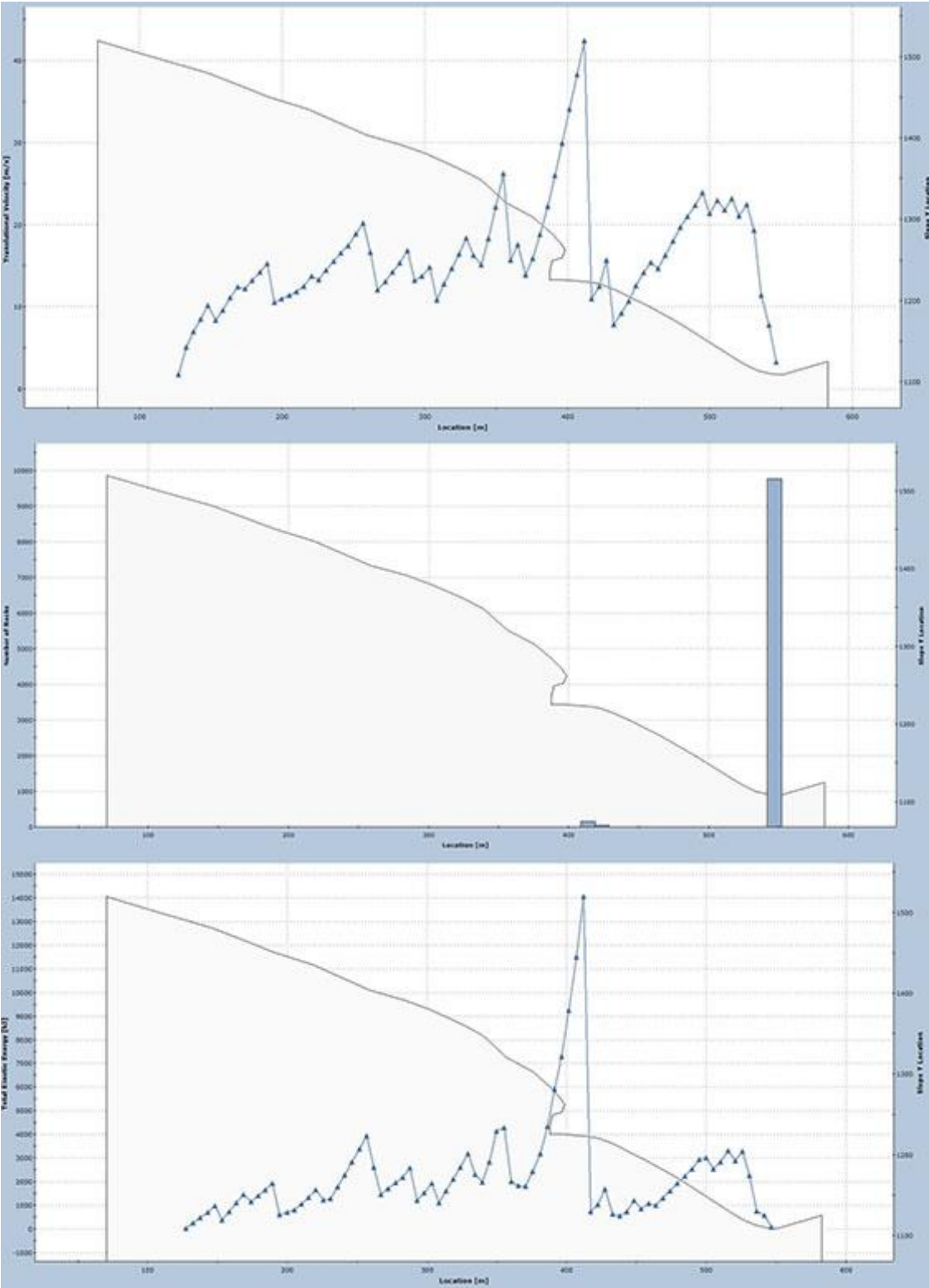


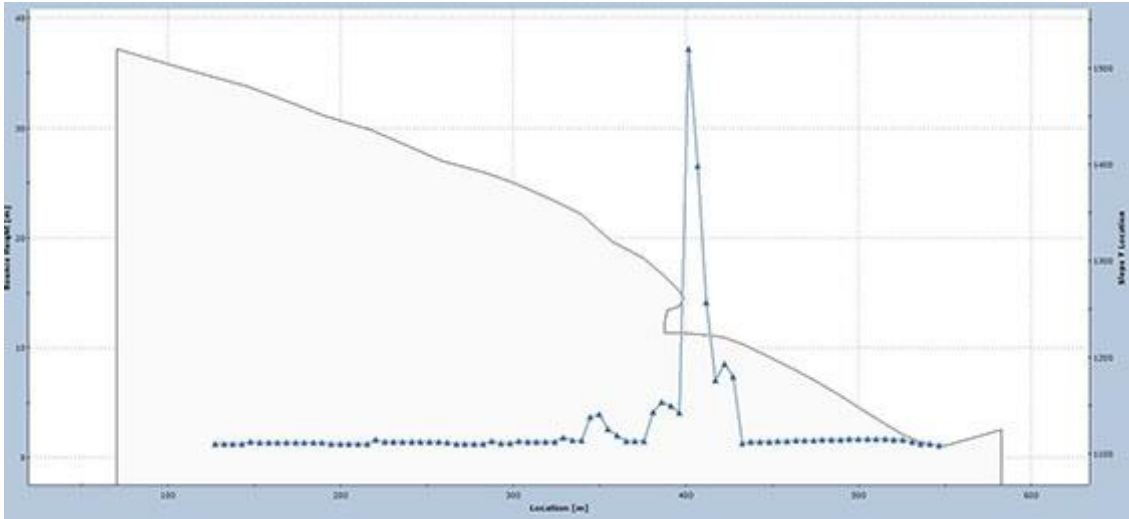
Profil 4 Simülasyon 4 Analiz Sonuçları





Profil 4 Simülasyon 5 Analiz Sonuçları





Flag approach: kinematic(0), hybrid(1) :1	
Boulder Shape, ... (0=const; 1=grid) :0	
Boulder Mass (k.a.) (0=const; 1=grid) :0	
Start velocity (0=const; 1=grid) :0	
Elevation matrix file (DTM) :dembirlesik2.asc	
Start/Stop matrix file :source10.asc	
Vertical Elasticity matrix file :en.asc	
Horizontal Elasticity matrix file :et.asc	
Friction matrix file (tan(beta)) :at.asc	
Shape: (boulder Shape,... flag=1) :shape_y.asc	
Radius: R (flag=1) :raggio_y.asc	
Thickness: L (flag=1) :raggio_y.asc	
Density: ro (flag=1) :dens_y.asc	
Mass (k.a.): (flag=1) :mass.asc	
Start velocity: (flag=1) :vel0.asc	
Probability shot: (%) :blocchi_y.asc	
Shape: 1=sph; 2=disk; 3=cyl :1	
Radius: R [m] :0.5	
Thickness: L [m] :0.5	
Density: ro (kg/m ³) :2800.	
Mass (kinem. approach) [kg] :2700.	
Coefficient "A" (CRSP=6.096m/s) :6.096	
Coefficient "B" (CRSP=1.2) :1.2	
Coefficient "C" (CRSP=76.2m/s) :76.2	
Coefficient "D" (CRSP=9.144m/s) :9.144	
Vert.bounce: 0=inv. 1=f(v) 2=f(m) 3=vpl:1	
Bounce parameter file (flag=3) :bounce.dat	
Start velocity (gunshot) :1.5	
Start rotational velocity (gunshot) :1.0	
Start inclination velocity (gunshot) :10.	
Min velocity (stop below) :0.5	
Fly/roll trans. thresholds: dist :2.0	
Fly internal tabulation :0.25	
Roll internal tabulation :0.25	
Output tabulation (dist. among points) :4.0	
Path array size :20000	
Generate file max-v.asc (GridAscii) :1	
Generate file med-v.asc (GridAscii) :1	
Generate file min-v.asc (GridAscii) :1	
Generate file max-dz.asc (GridAscii) :1	
Generate file med-dz.asc (GridAscii) :1	
Generate file min-dz.asc (GridAscii) :1	
Generate file max-w.asc (GridAscii) :0	
Generate file med-w.asc (GridAscii) :0	

Generate file min-w.asc (GridAscii) :0		
Generate file max-ecv.asc (GridAscii) :0		
Generate file med-ecv.asc (GridAscii) :0		
Generate file min-ecv.asc (GridAscii) :0		
Generate file max-ecw.asc (GridAscii) :0		
Generate file med-ecw.asc (GridAscii) :0		
Generate file min-ecw.asc (GridAscii) :0		
Generate file max-ec.asc (GridAscii) :1		
Generate file med-ec.asc (GridAscii) :1		
Generate file min-ec.asc (GridAscii) :1		
Generate file counter.asc (Grid.Ascii) :1		
Generate file counter-prob.asc(G.Ascii):0		
Generate file counter-imp.asc(G.Ascii) :0		
Generate file stones.log :1		
Generate file stones.txt (uStation) :1		
Zip, Split (stones.txt) :0 1		
Max lines number (stones.txt) :200000		
Generate file tracks.txt (uStation) :1		
Zip, Split (tracks.txt) :0 1		
Max lines number (tracks.txt) :700000		
Generate file dtm.txt (uStation) :0		
Generate file stst.txt (uStation) :1		
Generate file ang.txt (uStation) :0		
Generate file add.txt (uStation) :1		
Generate 2D vector files (Arc/Info) :0		
Stochastics flag :151		
St.distr.flag (0=r,1=r1,2=norm,3=exp) :3 0 0 0 0 0 0 2 2 2		
Stocr.(%):R,L,ro,ma,v0,axy,az,en,eh,fri:40 0 0 0 0 50 0 30 30 30		
minvalues:R,L,ro,ma,v0,axy,az,en,eh,fri:0.2 0.2 2600 2000 0.2 30. 10. 0.09 0.09 0.25		
maxvalues:R,L,ro,ma,v0,axy,az,en,eh,fri:2.0 5.0 2900 3000 5.0 30. 10. 0.53 0.90 3.0		
Nets flag :0		
Nets (flag=1) :net_disgaggio.dat		
Wood flag :0		
Wood table (flag=1) :ALBERO.dat		
Wood density (flag=1) :DFOR_LC.asc		
Wood type (flag=1) :TFOR_LC.asc		
Zip, Split (wood_res.txt) :0 0		
Max lines number (wood_res.txt) :100000		
Fragmentation flag :0		
Fragmentation data (flag=1) :frag.dat		
Fragmentation energy (flag=1) :fragen.asc		

TRABZON MÜZESİ VE BAĞLI BİRİMLERİ
AYLIK İSTATİSTİK ÇİZELGESİ

P. 002/002

(FAV)04623261888

trabzon

SÜMELE ÖRENVERİ	GİRİŞ ÖCRETİ	ÜCRETLİ		ÜCRETSİZ		TURSAB		MÜZE KART'LI ZİYARETÇİ Ücretli Olanlar	ZİYARETÇİ TOPLAMI	GELİR TOPLAMI	AĞT OLDUĞU AY / YIL: 2010				
		YERLİ	YABANCI	YERLİ	MÜZEKART	YABANCI	YERLİ				YABANCI	SATILAN MÜZE KART ADEDİ			
												TAM	İNDİRİMLİ	PERSONEL	MÜZE KART GELİRİ
OCAK	8	918	92	700	264	7		155	2.136	8.080	48	107		2.030	
ŞUBAT	8	909	81	959	629	4		175	2.787	7.920	41	134		2.160	
MART	8	1493	1007	1787	1169	303		19	6.695	20.000	109	808		10.260	
NİSAN	8	4904	896	5663	5924	126		317	2.035	19.865	245	1.790		22.800	
MAYIS	8	9180	1620	15860	8456	401	84	611	3.643	39.855	462	3.181		41.050	
HAZİRAN	8	11885	1615	16410	12430	223	271	727	1.964	45.525	453	1.511		24.170	
TEMMUZ	8	29975	3025	36090	41425	959	500	391	3.893	116.258	1.285	2.608		51.780	
AĞUSTOS	8	14725	4475	19130	13184	1047	277	704	1.475	55.017	575	900		20.500	
EYLÜL	8	12570	1830	17005	9155	444	285	1041	1.230	43.560	430	800		16.600	
EKİM	8	4575	975	4830	2884	284	156	1311	1.157	16.172	182	975		13.390	
KASIM	8	7345	605	8581	4219	430	13	12	863	22.068	348	515		12.110	
ARALIK	8	3025	325	2360	1274	49			689	7.722	99	590		7.850	
GENEL TOPLAM		101504	16546	129375	101013	4277	1586	5133	18.196	377.630	4.277	13.919		224.730	

2010

TRABZON MÜZESİ VE BAĞLI BİRİMLERİ
AYLIK İSTATİSTİK ÇİZELGESİ

P. 001/002

(FAV)04623261888

trabzon

SÜMELE ÖRENVERİ	GİRİŞ ÖCRETİ	ÜCRETLİ		ÜCRETSİZ		TURSAB		MÜZE KART'LI ZİYARETÇİ Ücretli Olanlar	ZİYARETÇİ TOPLAMI	GELİR TOPLAMI	AĞT OLDUĞU YIL: 2011				
		YERLİ	YABANCI	YERLİ	YABANCI	YERLİ	YABANCI				SATILAN MÜZE KART ADEDİ				
											40 YL	TAM TL	İNDİRİMLİ	PERSONEL	MÜZE KART GELİRİ
OCAK	8	1.677	223	1.123	27	406			3.456	15.200					
ŞUBAT	8	1.545	156	589	23	417			2.719	13.448					
MART	8	2.996	476	546	108	299		48	4.453	27.776					
NİSAN	8	7.715	1.183	1.738	205	1.232		325	12.298	71.184					
MAYIS	8	21.062	2.307	7.391	572	2.919	81	1.248	35.610	186.952					
HAZİRAN	8	21.320	2.452	6.731	138	4.503	254	863	227	36.488					
TEMMUZ	8	47.994	5.182	18.755	2.585	12.392	380	1.460	3.297	92.045					
AĞUSTOS	8	12.126	6.897	6.147	1.123	4.505	2.070	1.138	34.036	152.184					
EYLÜL	8	24.608	3.238	8.782	735	5.028	62	2.232	1.679	46.364					
EKİM	8	7.902	955	1.354	103	3.869		1.360	1.508	17.051					
KASIM	8	4.145	418	909	10	1.185			517	7.184					
ARALIK	8	7.491	165	311		1.114			377	3.458					
GENEL TOPLAM		154.581	23.632	54.376	5.629	37.889	777	9.606	8.743	295.233	128	3.737	4.805	81	127.995

2011

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. HAFİZE ŞEBNEM DÜZGÜN
Proje No:	114M015
Proje Başlığı:	Sümela Manastırı Ve Civarının Kaya Düşmeleri Riskinin Belirlenmesi
Proje Türü:	1002 - Hızlı Destek
Proje Süresi:	12
Araştırmacılar:	PEMBE AYŞİL YAVUZ, AYKUT AKGÜN, NURGÜL GÜLTEKİN, MÜGE AĞCA
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ORTA DOĞU TEKNİK Ü. MÜHENDİSLİK F. MADEN MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/05/2014 - 15/05/2015
Onaylanan Bütçe:	29810.0
Harcanan Bütçe:	12936.14
Öz:	<p>Kültür mirasları insanlığın ortak değerlerini yansıtan, geçmişle günümüz arasındaki en önemli köprülerdir. Bu eserler, bir ülkenin olduğu kadar, tüm insanlığın da evrensel değerleridir. Bu amaçla bu alanların korunmasına bilimsel çalışmalar da yardımcı olmalıdır. Bu çerçevede çalışma alanı olarak kaya düşmesi tehlikesi altında bulunan, tarihi ve kültürel değere sahip, Ortodoks Hristiyanları için özel bir önem içeren Anadolu'daki en eski ve önemli kiliselerden biri olan Sümela Manastırı seçilmiştir.</p> <p>Kaya düşmeleri büyük oranda yapısal hasara ve can kayıplarına neden olabilecek düzeyde potansiyele sahip doğal tehlikelerdir. Ülkemizde oldukça sık rastlanan kaya düşmeleri önemli kayıplara neden olabilmektedir. Kaya düşmeleri ülkemizde araştırmacılar tarafından çalışılmakta olup, bu çalışmayı değerli kılan kültür miraslarının korunması kapsamında değerlendirilebilecek olan Sümela Manastırındır.</p> <p>Sümela Manastırı her yıl yüzbinlerce turist tarafından ziyaret edilmekte olup, bu alan ziyarete gelen turistlerin kaya düşmelerinden korunması açısından da önem taşımaktadır. UNESCO dünya mirasları listesinde yer alan Sümela manastırı, Trabzon ili, Maçka ilçesi sınırları içinde, Trabzon'a 47 km, Maçka ilçesine 17 km mesafede yer almaktadır. Manastır bölgede oldukça yüksek bir eğime sahip yamaç üzerinde kurulmuştur.</p> <p>Bu çalışma kapsamında öncelikle arazi çalışmaları ile bölgede kaya düşmesi kaynak alanları tespit edilmiş, kaya bloklarının davranışı belirlenmiş, malzemeye ait fiziksel, indeks ve mekanik parametrelerin belirlenmesi için örnekleme çalışmaları yürütülmüştür. Yine arazi çalışmaları ile çalışma alanına ait yersel lazer taraması gerçekleştirilmiş ve böylece kaya düşmesi kaynak alanları ve yakın çevresinin sayısal arazi modeli elde edilmiştir. Sonrasında potansiyel kaya bloklarının ilerleme yönü ve mesafelerinin tahmin edilmesine yönelik iki ve üç boyutlu modellemeler Rocfall V.5 (Rocsience Inc 2015) ve Hy-Stone (Frattini et al. 2008) yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Böylece her iki yazılım ile kaya yüzeyindeki blok yenilmelerinin iki ve üç boyutlu olarak modellenmesi, blokların yayılımlarının belirlenmesi, bu iki farklı yazılım kullanılarak elde edilen sonuçların birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır. Daha sonra elde edilen bu veriler ile Sümela Manastırı ve yakın çevresindeki risk altındaki elemanlar için risk analizleri gerçekleştirilmiş, kültürel bir değere sahip Sümela Manastırı ve yakın çevresinin korunmasına yönelik kültür mirası koruma prensipleri ışığında mühendislik çözüm önerileri sunulmuştur.</p>
Anahtar Kelimeler:	Kaya düşmesi, kültür mirası, modelleme, risk analizi, risk yönetimi
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır