



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİNEMATİK ANALİZLER İLE KAYA ŞEV DURAYLILIĞI
HARİTALAMASI: ANKARA, BALLIKUYUMCU-KARGABEDİR
TEPESİ ÖRNEĞİ**

BEYTULLAH FİDAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ABDURRAHİM AYDIN**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİNEMATİK ANALİZLER İLE KAYA ŞEV DURAYLILIĞI
HARİTALAMASI: ANKARA, BALLIKUYUMCU-KARGABEDİR
TEPESİ ÖRNEĞİ

Beytullah FİDAN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Abdurrahim AYDIN

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Abdurrahim AYDIN

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Şeref KESKİN

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet DUYAR

Karabük Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 30/07/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

30 Temmuz 2019

Beytullah FİDAN

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Abdurrahim AYDIN'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili ailem, çalışma arkadaşlarım İsmail BULUT, Adem Kürşat ÖZCAN, Zehra KAYA, Savaş KARAKAYA, Yunus Barış ODABAŐI, Gürcan Duygu BAYSAL, Engin YILDIZ, Hüseyin AKKUŐ ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğrencilerinden İrem ÜSTÜNER'e teşekkürlerimi sunarım.

30 Temmuz 2019

Beytullah FİDAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
SİMGELER	x
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. HEYELANLARLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER	2
1.1.1. Düşme	3
1.1.2. Devrilme	5
1.1.3. Kayma	5
1.1.4. Yanal Yayılmalar	6
1.1.5. Akmlar	6
1.1.6. Karmaşık Heyelanlar	7
1.2. KAYA DÜŞMESİ.....	7
1.2.1. Kaya Düşmesi Mekanizması ve Hareket Biçimleri.....	7
1.2.2. Kaya Düşmesini Tetikleyen Etkenler	8
1.2.3. Türkiye’de Kaya Düşmesi	9
1.3. KAYA ŞEVLERİNDE KİNEMATİK ANALİZLER	10
1.3.1. Düzlemsel Kayma.....	14
1.3.2. Kama Türü Kayma	14
1.3.3. Devrilme Türü Yenilme.....	14
2. MALZEME VE YÖNTEM.....	16
2.1. MALZEME	16
2.1.1. Çalışma Alanının Tanıtılması	16
2.1.1.1. <i>Qa – Kuvaterner Alüvyon</i>	20
2.1.1.2. <i>Tg – Gölbaşı Formasyonu</i>	20
2.1.1.3. <i>Tb – Bozdağ Bazaltı</i>	20
2.1.1.4. <i>Tt – Tekke Volkaniti</i>	20
2.1.1.5. <i>Khv – Volkanikler</i>	21
2.1.1.6. <i>Km – Malboğazı Formasyonu</i>	21
2.1.1.7. <i>Ja – Akbayır Formasyonu</i>	21
2.1.1.8. <i>Kkk – Karadağ Formasyonu</i>	21
2.1.2. Kullanılan Harita, Yazılım ve Ekipmanlar	22
2.2. YÖNTEM	23
2.2.1. İnsansız Hava Aracı (İHA) Tabanlı Yüksek Çözünürlüklü SYM üretimi	24

2.2.2. Kinematik Analizler Yapılarak Potansiyel Kaya Düşmesi Kaynak Bölgelerinin Haritalanması	26
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
3.1. DÜZLEMSEL KAYMA ANALİZİ.....	31
3.2. KAMA TİPİ KAYMA ANALİZİ	34
3.3. DEVRİLME ANALİZİ	38
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	42
5. KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ.....	51



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Malzemenin türüne ve tane boyutuna göre düşme türleri.	3
Şekil 1.2. Düşme türü harekete etki olan başlıca mekanizmalar (Broms, 1975).	4
Şekil 1.3. Düşme (Processing steps, 2019).	5
Şekil 1.4. Dönel kayma ve ötelenmeli kayma (Processing steps, 2019).	5
Şekil 1.5. Yanal Yayılma Processing steps, 2019).	6
Şekil 1.6. Akma (Processing steps, 2019).	6
Şekil 1.7. Farklı eğim derecelerinde kaya düşmesi hareketleri (Dorren, 2003).	8
Şekil 1.8. Yenilme Türlerinin şekilleri, kesitleri ve stereonette gösterilmesi (Hoek ve Bray, 1977).	13
Şekil 1.9. Kaya şevlerinde düzlemsel (a), kama tipi (b) ve devrilme (c) yenilmelerinin gelişebilmesi için gereken kinematik şartlar (Norrish & Wyllie 1996).	15
Şekil 2.1. Çalışma alanının konumu.	16
Şekil 2.2. Çalışma alanı ve çevresine ait jeoloji haritası.	18
Şekil 2.3. Çalışma alanındaki andezitlerden görüntüler.	19
Şekil 2.4. İnsansız Hava Aracı (DJI Phantom 4 Pro).	22
Şekil 2.5. İş Akış Şeması.	23
Şekil 2.6. Uçuş planı ekran görüntüsü.	24
Şekil 2.7. Pix4D ekran görüntüsü.	25
Şekil 3.1. Çalışma alanına ait süreksizliklerin eşit açılı stereonet üzerindeki gösterimi.	30
Şekil 3.2. Düzlemsel kaymanın oluştuğu durumların stereonet üzerindeki görünümü.	32
Şekil 3.3. Düzlemsel kaymanın beklendiği başlangıç bölgelerinin 3 boyutlu gösterimi.	32
Şekil 3.4. Düzlemsel kayma başlangıç bölgeleri haritası.	33
Şekil 3.5. Kama türü kaymanın oluştuğu durumların stereonet üzerindeki görünümü.	36
Şekil 3.6. Kama türü kaymanın beklendiği başlangıç bölgelerinin 3 boyutlu gösterimi.	36
Şekil 3.7. Kama türü kayma başlangıç bölgeleri haritası.	37
Şekil 3.8. Devrilme türü yenilmenin oluştuğu durumların stereonet üzerindeki görünümü.	39
Şekil 3.9. Devrilme türü yenilmenin beklendiği başlangıç bölgelerinin 3 boyutlu gösterimi.	39
Şekil 3.10. Devrilme türü yenilme başlangıç bölgeleri haritası.	40

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Şev duraysızlığı türleri için mühendislik sınıflaması (Varnes, 1978).	2
Çizelge 1.2. En çok kaya düşmesine maruz kalan iller (Ergünay , 2007).	9
Çizelge 2.1. Ankara iline ait genel meteorolojik istatistik verileri (MGM, 2019).	17
Çizelge 2.2. Gerçekleştirilen İHA uçuşlarına ilişkin bilgiler.....	25
Çizelge 2.3. Ölçülen Süreksizliklerin Listesi (Bakı için Kuzey 0 derecedir)	26
Çizelge 2.4. Eğim/Eğim yönüne göre duraysızlık oluşma koşulları.....	27
Çizelge 3.1. Çalışma alanına ait süreksizlik setleri (Bakı için Kuzey 0 derecedir).	29
Çizelge 3.2. Düzlemsel kaymaya neden olan şev eğim ve eğim yönleri.....	31
Çizelge 3.4. Devrilme türü yenilmeye neden olan şev eğim ve eğim yönleri.	38

KISALTMALAR

3D	Üç Boyutlu
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
İHA	İnsansız Hava Aracı
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli



SİMGELER

ψ_f	Şevin Eğimi
ψ_i	Kesişen süreksizliklerin dalım açısı
ψ_p	Süreksizliğin Eğimi
ϕ	İçsel Sürtünme Açısı
α_f	Şevin Eğim Yönü
α_p	Süreksizliğin Eğim Yönü
$^{\circ}\text{C}$	Santigrad Derece



ÖZET

KİNEMATİK ANALİZLER İLE KAYA ŞEV DURAYLILIĞI HARİTALAMASI: ANKARA, BALLIKUYUMCU-KARGABEDİR TEPEİ ÖRNEĞİ

Beytullah FİDAN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Abdurrahim AYDIN

Temmuz 2019, 50 sayfa

Kaya düşmeleri dünyanın pek çok dağlık bölgelerinde görülen ve can ve mal kayıplarına neden olan bir olaydır. Ankara ili, Ballıkuyumcu Mahallesi, Kargabedir Tepesindeki 29 ha'lık bir alanı kaplayan kaya şevlerinin duraylılıklarının araştırılması bu tezin konusudur. Bu amaç için inceleme alanı içerisinde kaya şevlerini oluşturan oldukça kırıklı ve çatlaklı olan kayaların süreksizlik özellikleri belirlenerek yamaçların kinematik analizlerle duraylılıkları incelenmiştir. İncelemelerde İnsansız Hava Aracı (İHA) tabanlı Sayısal Arazi Modeli (SAM) üretilerek Rocscience Dips yazılımı ile duraysızlık limitleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; bölgedeki şevlerde düzlemsel kayma, kama türü kayma ve devrilme türü yenilmelerin olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Heyelan, Kinematik analiz, Süreksizlik, Kaya şevi.

ABSTRACT

ROCK SLOPE STABILITY MAPPING BY KINEMATICAL ANALYSIS: ANKARA, BALLIKUYUMCU-KARGABEDIR HILL SAMPLE

Beytullah FİDAN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Abdurrahim AYDIN

July 2019, 50 pages

In this study which aims to investigate the stability of the rock slopes in Ballikuyumcu, Kargabedir hill (Ankara), stability of the slopes in rock masses having cracks and joints were analysed after determination of the discontinuity characteristics, in a kinematical point of view. As the result of kinematic analyses in rock slopes for determination of potential kinematically controlled slope instability; When it is evaluated in terms of possible kinematic controlled slope instabilities in slopes in the study area, it was determined that the planar type failure, wedge type failure and toppling type failure can be observed in the slopes in the region.

Keywords: Landslide, Kinematical analysis, Discontinuity, Rock slope.

1. GİRİŞ

Uzun süreli ve yoğun yağışların ardından, nemli iklimle beraber sarp topoğrafyaya sahip bölgelerde oldukça sık görülen bir afet türü olan heyelanlar (Kaba, 2017), dünyadaki en yaygın doğal afetler arasında yer almaktadır (He & Beighley, 2008). Türkiye'nin sahip olduğu iklim özellikleri ve topografik yapı nedeniyle sıklıkla görülen heyelanlar büyük can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Dünya ölçeğinde doğal afetlerden dolayı meydana gelen ölümlerin yaklaşık %17'si heyelan kaynaklıdır (Kjekstad & Highland 2009). Depremlerden sonra en yaygın ve en tahrip edici afet türü olan heyelanlar; sel ve taşkınların oluşmasına da katkı sağladığı için can ve mal kayıplarının yüksek olmasına neden olmaktadır (Kaba, 2017). Türkiye'de kayıtlara göre heyelanlar ve bir heyelan türü olan kaya düşmeleri meydana gelen doğal afetlerin sırasıyla %45 ve %10'unu toplam afetzedelerin de yine sırasıyla %21 ve %7'sini oluşturmaktadır (Gökçe ve ark 2008).

Dünya genelinde nüfusun hızlı bir şekilde artması sonucu artan kentleşme (Baillifard ve diğ 2004; Blais-Stevens & Hungr 2008), yanlış arazi kullanımı, ormanların yok edilmesi, iklim değişikliğinin etkileri ve çölleşme, mevzuat ve denetim eksikliği heyelan olaylarının artmasına sebep olan en önemli faktörlerdir (Kaba, 2017). Kaynak bölgelerinin belirlenmesinde ampirik, istatistiksel ve süreç-tabanlı yöntemler bulunmaktadır. Potansiyel kaya düşmesi kaynak bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan en basit yöntem belli bir eşik değer üzerindeki açığa sahip olan yamaçların duraysız olabileceği temeline dayanmaktadır (Larcher ve ark 2012; Aydın & Eker 2017). Bununla birlikte, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'nden üretilen yamaç geometrisinin kaya tipi, eğrisellik, arazi örtüsü durumu gibi parametrelerle birlikte değerlendirilmesiyle de potansiyel kaynak bölgeleri belirlenebilmektedir (Aksoy & Ercanoğlu, 2006; Acosta ve diğ. 2007). Ayrıca potansiyel duraysız bölgelerin ve duraysızlık mekanizmalarının (düzlemsel kayma, kama tipi kayma ve devrilme) belirlenmesinde topografyadaki süreksizliklerin dağılımı da incelenerek kaynak bölgeleri hakkında detaylı bilgi üretilebilmektedir (Paronuzzi 2009; Yılmaz ve ark 2012). Bu tez çalışmasında; Ankara ili, Ballıkuyumcu Mahallesi, Kargabedir Tepesindeki kaya şevlerinin duraylılıklarının kinematik analizlerle araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma alanı yaklaşık 29 ha'lık bir

alanı kapsamaktadır. Çalışma alanındaki kaya şevlerini oluşturan oldukça kırıklı ve çatlaklı olan kayaların bazı mühendislik ve süreksizlik özellikleri belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında arazide tüm birimler içerisinde ve farklı lokasyonlarda süreksizlik ölçümleri yapılarak kinematik kontrollü şev duraylılıkları araştırılmıştır. Çalışma kapsamında Ballıkuyumcu Mahallesi, Kargabedir Tepesindeki şev problemleri araştırılmış, çalışma alanı içerisinde yamaç duraysızlıkları açısından tehlikeli bölgeler belirlenmiş ve haritalandırılmıştır.

1.1. HEYELANLARLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

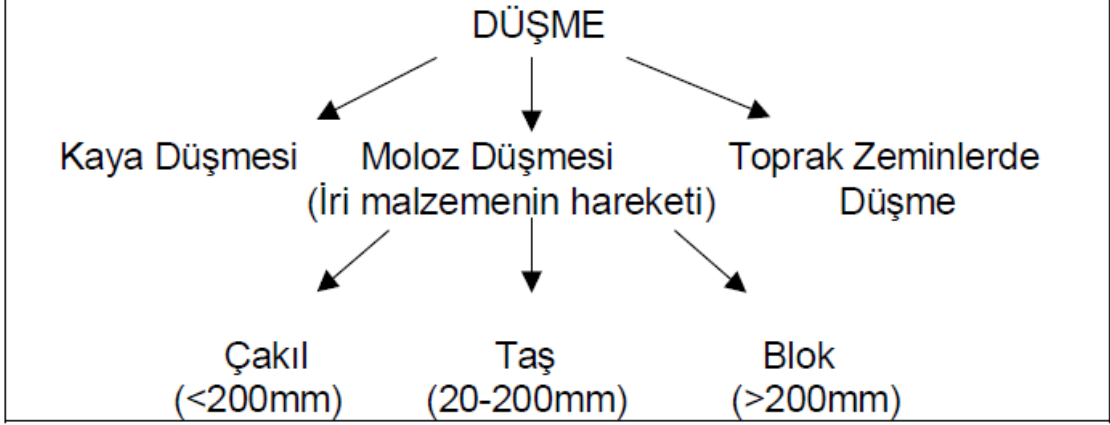
Heyelan; şevi oluşturan kaya, toprak veya benzeri materyallerin yer çekimi etkisiyle dengeye ulaşana kadar eğim aşağı doğru hareketi sonucu meydana gelir (Cruden, 1991). Başka bir ifadeyle; jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik, klimatolojik ve meteorolojik etkenlerin ürünü olan heyelanlar, insan aktivitesi, arazi kullanımı, bitki örtüsü, yağış ve sismik olaylar tarafından kontrol edilen, doğal ve yapay şev duraysızlığı türüdür (Soetersand Van Westen, 1996). Daha önceden yapılmış olan birçok heyelan sınıflanma sistemi bulunmasına rağmen günümüzde kabul görülen ve en yaygın kullanılan sınıflandırma Varnes (1978)'e aittir. Varnes (1978) sınıflandırma yaparken; şev hareketinin morfolojik özelliklerini, duraysızlığın mekanizmasını, kayan malzemenin türü ve tane boyunu ve son olarak hareketin hızını dikkate alarak toplam 6 duraysızlık türü sınıflamıştır. Bu sınıflandırma Çizelge 1.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1. Şev duraysızlığı türleri için mühendislik sınıflaması (Varnes, 1978).

DURAYSIZLIK TÜRÜ			MALZEMENİN TÜRÜ		
			TOPRAK ZEMİNLER		ANA KAYA
			İNCE TANELİ	İRİ TANELİ	
DÜŞME			Zemin Düşmesi	Moloz Düşmesi	Kaya Düşmesi
DEVRİLME			Zemin Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Kaya Devrilmesi
KAYMA	DÖNEL (Dairesel)	Sınırlı sayıda birim	Zeminde Dairesel Kayma	Molozda Dairesel Kayma	Kayada Dairesel Kayma
	ÖTELENMELİ	Çok sayıda birim	Zeminde Blok Türü Öteleme Zemin kayması	Molozda Blok Türü Öteleme Moloz kayması	Kayada Blok Türü Öteleme Kaya Ötelenmesi
YANAL YAYILMA			Zemin Yayılması	Moloz Yayılması	Kaya Yayılması
AKMA			Zemin akması	Moloz akması	Kaya Akması
KARMAŞIK DURAYSIZLIKLAR			Yukarıda belirtilen diğer duraysızlık türlerinden ikisinin veya birkaçının birbirini izlemesiyle gelişen duraysızlıklar		

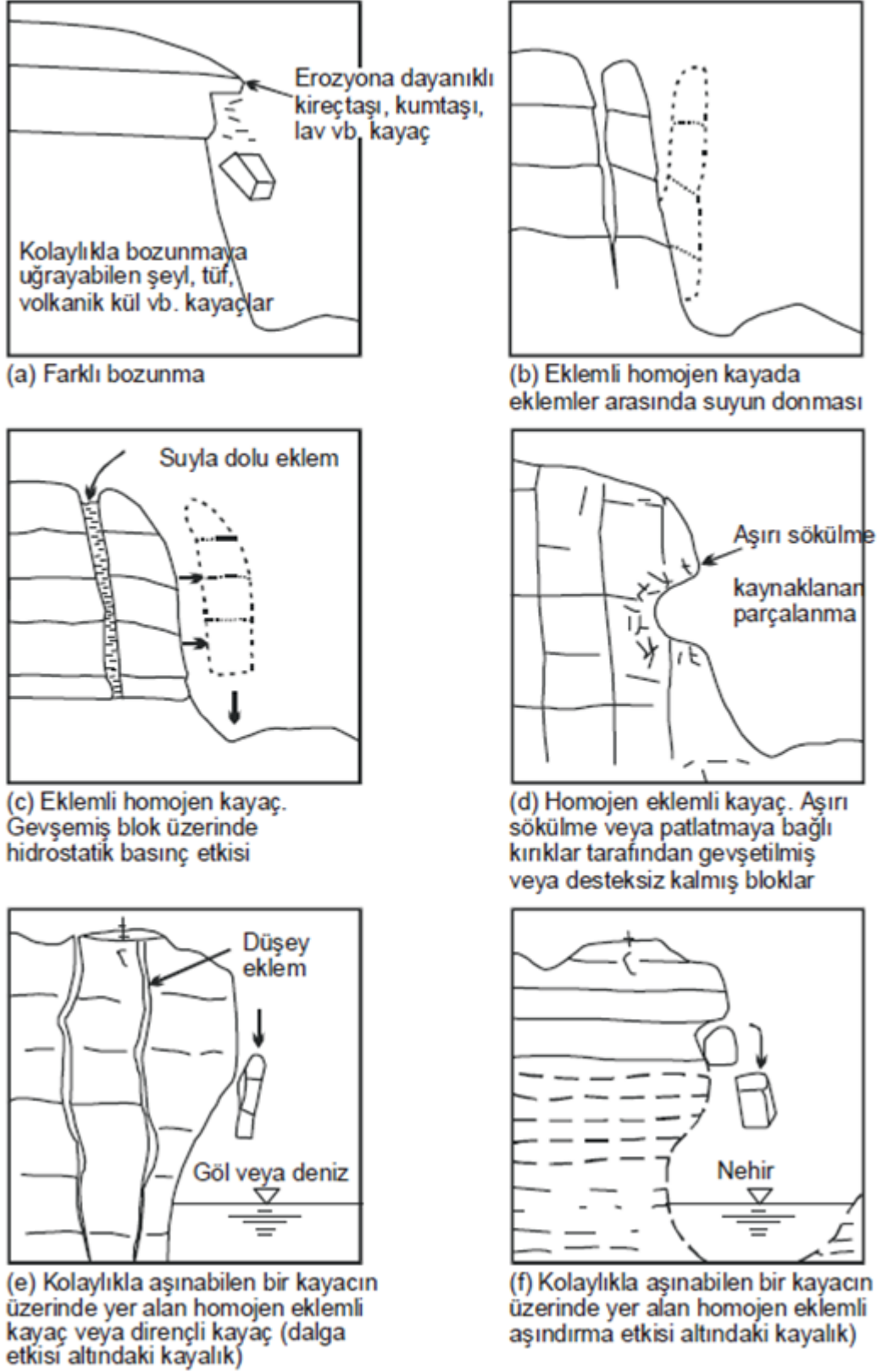
1.1.1. Düşme

Malzemenin türlerine göre düşme; zemin, moloz ve kaya düşmesi olarak üçe ayrılmaktadır ve malzemenin türüne göre düşme biçimleri Şekil 1.1’de verilmektedir. Herhangi bir makaslama dayanımı yenilmesi olmaksızın, yer çekimi etkisiyle malzemelerin düşmesi şeklinde meydana gelir (Varnes, 1978).



Şekil 1.1. Malzemenin türüne ve tane boyutuna göre düşme türleri.

Düşme türündeki kaya düşmesi hareketine neden olan 6 farklı mekanizma Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Düşme türü harekete etki olan başlıca mekanizmalar (Broms, 1975).

1.1.2. Devrilme

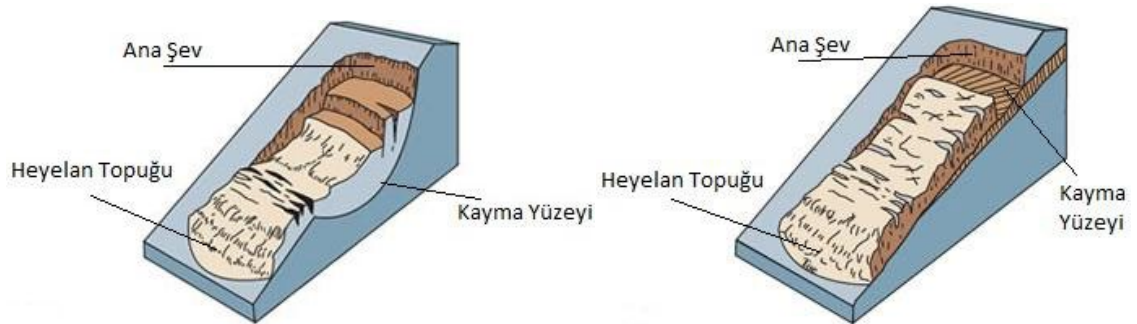
Şekil 1.3'te gösterildiği gibi devrilme; kaya, moloz ya da zeminin eğim ekseninden ileriye doğru dönek hareketi ile duraysızlaşması olarak tanımlanmaktadır (Dikau ve diğ., 1996). Malzemenin bir sütun şeklinde ana kayadan ayrılması hareketin oluşumunu tetikleyen birincil etken iken yamacın yüksekliği ise ikincil etkidir. Hareketin hızı yamacın yüksekliğiyle doğru orantılı olarak arttığından yüksek yamaçlarda tehlike daha yüksektir.



Şekil 1.3. Düşme (Processing steps, 2019).

1.1.3. Kayma

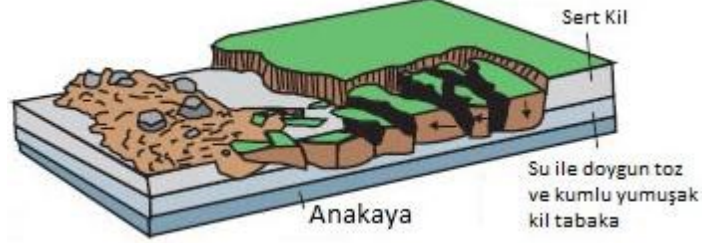
Kayma baskın olarak kayma yüzeyinde veya kısmen makaslama gerilmesinin zayıf zonlarında meydana gelen, toprak veya kaya kütlelerinin yamaç aşağı hareketidir (Processing steps, 1993). Kayma sırasında malzemeler kendi içerisinde birbirleriyle etkileşim içerisindedir. Hareketler, bir veya daha fazla yüzey boyunca makaslama dayanımının azalmasından meydana gelmektedir (Dikau ve diğ. 1996). Kayma türü heyelanların sınıflandırılmasında, yüzey tipi ve sayısı kullanılmaktadır. Varnes (1978), kayma yüzeyi tipine bağlı olarak ise dönel ve ötelenmeli kaymalar olarak sınıflandırılırlar. Dönel ve ötelenmeli kayma türleri Şekil 1.4'te verilmektedir.



Şekil 1.4. Dönel kayma ve ötelenmeli kayma (Processing steps, 2019).

1.1.4. Yanal Yayılmalar

Yanal yayılmalar, çoğunlukla daha yumuşak alt malzemenin üzerindeki yapışık kaya veya toprak kütlelerinin, yatay bir şekilde genişlemesi olarak tanımlanabilir (Dikau ve diğ. 1996). Şekil 1.5'te gösterilen yanal yayılmalar, kaya, moloz ve toprak yayılmaları olarak sınıflandırılmaktadır.

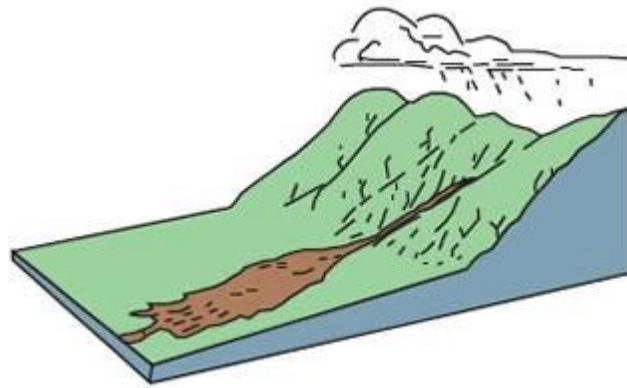


Şekil 1.5. Yanal Yayılma Processing steps, 2019).

1.1.5. Akmalar

Çizelge 1.1'deki gibi kaya, moloz ve zemin akması olarak sınıflandırılan akmalar; hareket halindeki kütle içerisinde bulunan parçacıkların farklı olarak taşındığı bir heyelandır (Dikau ve diğ., 1996).

İnce materyal ile kompoze olduğundan çok hareketli olan zemin akmaları; kuru kum akması, ıslak kum akması ve ıslak çamur akması olmak üzere üç biçimde oluşmaktadır (Schrott ve diğ., 1996). Moloz akması, ince taneli ve iri taneli malzemenin suyla karışımından oluşan ve gravite etkisiyle yamaç aşağı hareket eden bir kütle hareketi olarak ifade edilmektedir (Corominas ve diğ., 1996). Kaynak bölgesi, akma bölgesi ve birikme bölgesi olarak üç farklı bölüme ayrılmaktadır. Kaya akmaları ise içinde ince taneli malzeme bulunmayan, kayaçların yamaç aşağı hareketidir ve oldukça yaygın jeomorfolojik bir durumdur (Bisci ve diğ., 1996). Akma türü yenilme Şekil 1.6'da gösterilmektedir.



Şekil 1.6. Akma (Processing steps, 2019).

1.1.6. Karmaşık Heyelanlar

Karmaşık heyelanlar meydana gelen bir kütle hareketi içerisinde iki farklı hareket mekanizmasının eşzamanlı olarak oluşması şeklinde ifade edilmektedir (Dikau ve diğ., 1996). Kütleler yamaç aşağı hareket ederken ilk duraysızlık biçimi başka bir forma dönüşmekte ya da iki form birleşerek yenilme devam etmektedir (Dikau ve diğ., 1996).

1.2. KAYA DÜŞMESİ

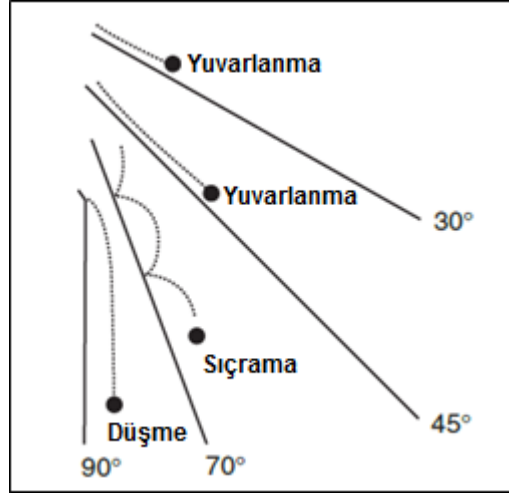
1.2.1. Kaya Düşmesi Mekanizması ve Hareket Biçimleri

Kaya düşmesi özellikle dağlık bölgelerde oldukça sık meydana gelen bir doğal afet türü olup (Erismann ve Abele 2001) heyelanın altı tür hareketinden biridir (Nugraha vd., 2017). Perret vd., (2004) göre, gevşek materyal veya kayalık bir yamaçtan kopan farklı boyutlardaki taş ($\text{çap} < 0.5\text{m}$) ve/veya kaya bloklarının ($\text{çap} > 0.5\text{m}$) serbest olarak düşmesi, yuvarlanması veya yere çarpıp sıçrayarak ilerlemesi olarak tanımlanmıştır. De Blasio'ya (2011) göre, kaya düşmesi, dik yamaçlarda bulunan kayaların aşınma, erozyon ve yer çekimi süreçlerin neden olduğu bir kütle hareketidir. Luckman (2013) kaya düşmesini, gevşek kaya malzemesinin yerçekimi etkisi altında serbest veya sıçrayarak aşağı yönde hareketi olarak tanımlamıştır.

Kaya düşmeleri, küçük çakıl parçalarından, birkaç milyon metreküplük katastrofik düşmelere kadar değişebilir (Porter ve Orombelli, 1981). Kaya düşmesi, eğimin şekline bağlı olarak serbest düşüş, sıçrayan veya yuvarlanma şeklinde meydana gelebilir veya bu hareketlerden ikisi veya daha fazlası da aynı anda oluşabilir (Ritchie 1963). Yamaç eğiminin azalmaya başladığı yerde hızını ve kinetik enerjisini kaybederek yavaşlamaya ve durmaya başlarlar (Heidenrich, 2004). Kaya düşmesi hareketinin şeklini; başlangıç hızı, blokların ağırlığı, şekli ve eğimi oluşturan malzemenin özellikleri büyük ölçüde kontrol eder (Dorren, 2003).

Yamaç eğiminin 45° olduğu yerlerde ise kaya parçaları genellikle yuvarlanarak, yamaç eğimi $46-63^\circ$ arasında ise sıçrayarak, yamaç eğimi 63° den fazla eğime sahip ise serbest düşme şeklinde hareket etme eğilimi Şekil 1.7'de gösterilmiştir. Çok büyük kaya parçaları ise kayarak hareket etme eğiliminde olurlar (Richtie, 1963; Dorren, 2002; Heidenrich, 2004). Gsteiger (1993) çalışmalarında yamaç eğiminin 30° den fazla olduğu alanların taş ve kaya yuvarlanmalarının kaynağını oluşturduğunu veya geçiş bölgesi

olduğunu, buna karşın eğimin 30°den düşük olduğu yamaçların ise birikme bölgesi olduğunu ifade etmiştir.



Şekil 1.7. Farklı eğim derecelerinde kaya düşmesi hareketleri (Dorren, 2003).

1.2.2. Kaya Düşmesini Tetikleyen Etkenler

Jeomorfologlar, kaya düşmesi olaylarını iki temel türe ayırmışlardır. Direkt ana kayadan kopan parçaların aşağı doğru düşmesi ile meydana gelenler, bu tür vakalar genellikle kayaç parçaların ana kayadan ayrıldığı yerlerde meydana gelir (Rapp,1960). İkincil tür kaya düşmesi ise daha önce ayrılmış olan kayaçların aşağı doğru hareketi ile meydana gelirler (Rapp,1960). Her iki kaya düşmesi olayı aynı tür sebeplerden tetiklenirken (donma-çözünme, yağmur vb.) bu sebeplerin yanı sıra ikincil kaya düşme vakalarını kar çığları, hayvanlar veya insan aktiviteleri gibi yamaçta daha geniş çaplı ek işlemler ile tetiklenebilir (Rapp,1960).

Aşınmaya karşı dayanıksız kayaların aşınması ile altı boşalan tabakalarda oluşan büyük çatlakların zamanla donma-çözülme ve güneşlenmenin etkisiyle giderek büyümesi (Luckman, 2013), rakım, bakı/yön (Matsuoka ve Sakai, 1999; Marquinez ve ark., 2003; Berger ve ark., 2002; Le Hir ve ark., 2004) ve jeolojik özellikler kaya düşmesinde etkin rol oynamaktadırlar (Matsuoka ve Sakai, 1999; Marquinez vd., 2003). Ayrıca depremler ve çatlarda oluşan basıncın etkisi de yine kayaları negatif yönde etkilemekte ve düşmesine sebebiyet vermektedir (Luckman, 2013).

Bazı yazarlar (Mills, 1991; Bull vd., 1994; Bull & Brandon, 1998; Guzzetti ve Reichenbach, 2010) depremlerin tetiklediği kayda değer bölgesel kaya düşmesi olaylarına ayrıca dikkat çekmiştir. Bu daha geleneksel olarak tartışılan, iklim ile ilişkili kaya

düşmesi tetikleyicilerine ek olarak, diğer bir temel tetikleyici mekanizması olarak literatürde tartışılmıştır (Luckman, 2013). Ek olarak, bazı yazarlar şevlerde yapılan kazıların da daha yüksek kaya düşmesi, çığ ya da toprak kayması aktivitesinin önemli bir nedeni olabileceğini öne sürmüşlerdir (Luckman, 2013). Şevlerde yapılan bu kazıların kaya düşmesi olayının arttırdığını ve kaya düşmesi aktivitesinin hızlandığı şeklinde açıklanmıştır (Wieczorek & Jager, 1996; Hinchliffe & Ballantyne, 1999).

1.2.3. Türkiye’de Kaya Düşmesi

Ergünay (2007) göre, ülkemizde topoğrafyanın sarp olması, geniş alanları kapsayan dağların çıplak veya bitki örtüsünden yoksun olmasından dolayı, her yıl birçok alanda taş ve kaya yuvarlanmalarının meydana geldiği görülmektedir. Kaya düşmeleri, İç Anadolu Bölgesi’nin bazı kısımları ile Doğu Anadolu Bölgesi’nde etkin olan bir doğal afet türü olup, Afet İşleri Genel Müdürlüğün arşiv verilerine göre, Türkiye’de 1958 yılından bu yana 750 kaya düşmesi olayı meydana gelmiş ve bu olaylar sonucunda 34 kişi hayatını kaybetmiş, 26.500 konut etkilenmiş ve yerleri değiştirilmiştir (Ergünay, 2007). Türkiye’de kaya düşmesi tehlikesi ve riskinin en yüksek olduğu 15 il Çizelge 1.2’de verilmektedir.

Çizelge 1.2. En çok kaya düşmesine maruz kalan iller (Ergünay , 2007).

Derece	İl	Olay Sayısı	Riske Maruz Nüfus
1	Kayseri	34	10.000
2	Niğde	28	8.400
3	Erzincan	20	6.000
4	Aksaray	18	5.400
5	Karaman	17	5.100
6	Kahramanmaraş	16	4.800
7	Adıyaman	16	4.800
8	Sivas	14	4.200
9	Bitlis	13	3.900
10	Diyarbakır	12	3.600
11	Nevşehir	12	3.600
12	Mardin	10	3.000
13	Malatya	9	2.700
14	Hakkari	9	2.700
15	Kars	7	2.100
Toplam		235	70.300

Kaya parçaları; yerleşim yerlerini, ulaşım altyapısını ve insan yaşamını olumsuz yönde etkileyerek önemli kayıplara sebep olabilirler (Rapp,1960). Özellikle, dağlık bölgelerde

otoyolu ve tren yolu boyunca yaşayan veya seyahat eden insanlar için kaya düşmesi oldukça büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Bloetzer & Stoffel 1998). Kaya düşmesi son derece hızlı bir süreçtir ve kaya blokları uzun mesafeler kat edebilirler (Cruden & Varnes 1996). Bu sebepten dolayı bölgede yaşayan kişilerin olay yerini terk etmesi neredeyse imkânsız hale gelmesinden olayından dolayı yaralanma riski ve yaşam kaybı oldukça yüksektir (Lambert & Nicot 2011).

Dünyanın birçok bölgesinde kaya düşmesi olayı yaşanmaktadır; Fransa (Walter, Arnhardt ve Joswig, 2012) Amerika (Guzzetti, Reichenbach ve Wieczorek, 2003), İtalya (Chiessi, D'Orefice, Mugnozza, Vitale & Cannese, 2010), İsviçre (Michoud vd., 2012) ve Türkiye (Topal, Akin & Ozden, 2007) bunlardan sadece birkaçını oluşturmaktadır. Örneğin, Gardner (1970) yılında Kanada da 563 kaya düşmesi olayının sadece 842 saat içinde meydana geldiğini kayıt altına almıştır. Bu nedenle, insanları, binaları ve tesisleri kaya düşmesi tehlikelerinden korumak için uygun arazi kullanımı planlaması gereklidir. (Ferrari vd., 2016). Bu yüzden tehlikeli bölgelerin haritalandırılarak önceliklendirilmesi uygun yer seçiminde ve zarar azaltma çalışmalarında oldukça önemlidir (Raetzo vd. 2002; Fell vd. 2005; Hungr vd. 2005).

Kaya düşmesinin zararlarını azaltmak için son yirmi yılda, kaya düşmesi tehlikelerini değerlendirmek, potansiyel olarak tehlikeli alanları tespit etmek ve en uygun etki azaltma önlemlerini seçmek ve kurmak için çeşitli yöntemler önerilmiştir (Ferrari vd., 2016). Son zamanlarda kaya düşmesinin ne zaman ve nerede olacağını tahminlerinde özellikle Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) oldukça yoğun kullanılmaya başlanmıştır (Nugraha vd., 2017). CBS teknolojisi (Dorren & Seijmonsbergen, 2003) tarafından kaya düşmesi vaka modellenmesi oluşturmak için kullanılmıştır. Ayrıca araştırmacılar tarafından, kaya düşmesi duyarsızlığı (Koáták vd., 1998), kaya düşmesini tetikleyen kuvvetler (André, 2003) kaya düşmesi tehlikelerinin belgelenmesi ve modellenmesi (Luckman, 2013) ve kaya düşmelerine karşı potansiyel koruyucu işlev görebilecek ormanların özellikleri ve haritalanması üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Aydın 2006; Aydın ve diğ. 2012; Aydın & Eker 2017)

1.3. KAYA ŞEVLERİNDE KİNEMATİK ANALİZLER

Kaya şevlerinde oluşan duraysızlıklar genellikle kaya kütlelerinde süreksizlik olarak tanımlanan tabakalanma, makaslama çatlakları, eklem ve faylar gibi yapısal özellikler

nedeniyle meydana geldiği görülmektedir (Tuncay & Ulusay, 2000). Kayalarda meydana gelen bu yenilmeler genellikle kaya kütlesi içerisinde oluşmuş duraysızlığa sebep olabilecek yönelime sahip bir veya kesişen iki süreksizlik düzlemi boyunca meydana gelmektedir (Gürocak & Alemdağ, 2002).

Kaya şevlerinin duraylılığı konusunda günümüze kadar birçok detaylı araştırmalar yapılmıştır (Gürocak & Alemdağ, 2002). McMahon (1971), Zambak (1977) ve Canmet (1981) tarafından kinematik analiz yaklaşımı konusundaki en ayrıntılı olasılık esaslı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar ile kaya şevlerinde süreksizlik denetiminde meydana gelebilecek olan yenilme modelleri ve kaya şevlerin duraylılığı araştırılmıştır (Gürocak & Alemdağ, 2002). Süreksizliklerin kontrol ettiği kaya şevlerin duyarlılık analizlerinde Kinematik, şev stabilitesi analizleri sıkça kullanılan yöntemler arasında yer alıp analizin ilkeleri Hoek and Bray (1981) ve Goodman (1989) tarafından ortaya konulmuş ve Wyllie & Mah (2004) tarafından tekrar düzenlenmiştir (Alemdağ vd., 2015).

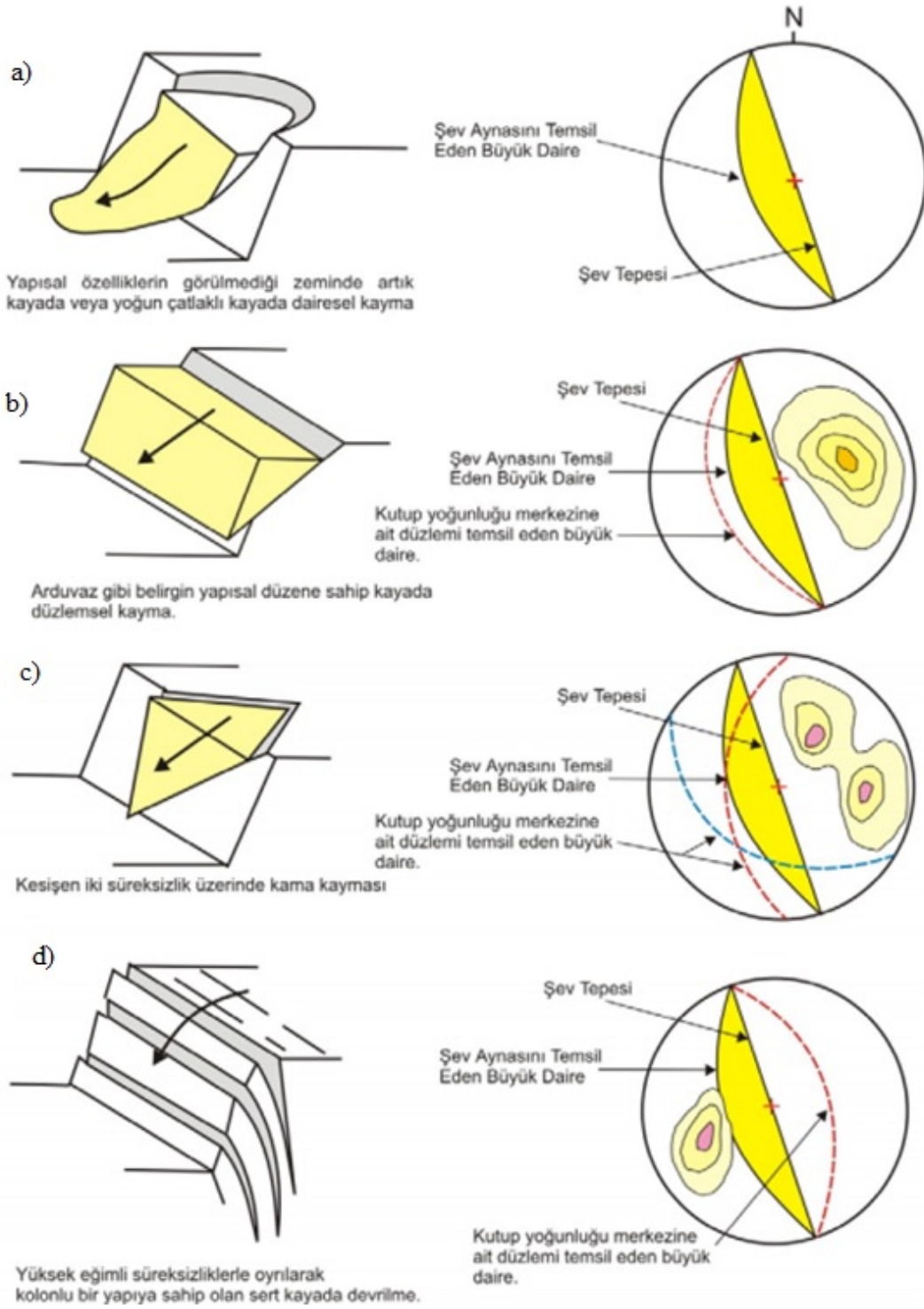
Bir kaya kütleinde belirlenen süreksizliklere ait verilerin, üç boyutlu düzlemlerin ve çizgilerin iki boyutlu ortamda ifade edilmesine yarayan geometrik bir araç olan stereonet üzerine işlenerek kaya yenilmesinin türünün belirlenmesi ve duyarlılık şartlarının oluşturulabilmesi için yapılan işlemlere Kinematik Analiz Yöntemi denir (Wyllie ve Mah, 2004). Bu analiz yöntemi, birçok araştırmacı (Gökçeoğlu vd. 2000; Yoon vd. 2002; Kentli & Topal 2004; Gürocak vd. 2008; Yılmaz vd. 2012; Tüdeş vd. 2012; Alemdağ vd. 2014) tarafından kabul görerek en fazla tercih edilen yöntemler arasında bulunmaktadır. Kinematik analiz tekniği şev duraylılığı araştırmalarında analitik veya nümerik gibi daha ayrıntılı analizlere geçilmeden önce kritik olabilecek şevlerin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (Tuncay & Ulusay, 2000).

Kinematik analizlerde kullanılacak olan parametrelerin daha kolay elde edilmesi, yenilme potansiyeli hakkında ön bilgi vermesi, limit denge analizleri ile ilgili oluşu ve istatistiksel analizler ile birlikte kullanılması bu yöntemin en önemli avantajları olarak sayılabilir (Tuncay & Ulusay, 2000). Bu yöntemde bahsedilen avantajların yanı sıra önemli dezavantajları da bünyesinde bulundurmaktadır. Kinematik analizler süreksizlik devamlılığını, su basınçlarını, kohezyonu ve kayma olasılığı bulunan kütleinin ağırlığını dikkate almadığından dolayı kinematik analizler sonucunda ortaya çıkan duraysızlıklar sadece bir olasılıktan ibaret olup, bu duraysızlığın meydana gelip gelmeyeceğinin sayısal analizler veya Limit Denge Analizleri ile kontrolünün sağlanması ayrıca güvenlik katsayılarının belirlenmesi gerekmektedir (Tuncay & Ulusay, 2000). Bu sınırlamalar

sebebiyle kinematik analizler sonucunda elde edilen veriler sadece ideal Şev açısının n tasarımı için geçerlidir (Tuncay & Ulusay, 2000).

Kaya Şevlerinin kinematik analizinde, girdi parametresi olarak; Şevin ve süreksizliklerin doğrultusu, Şevin ve süreksizliklerin eğim miktarı ile süreksizlik yüzeylerinin içsel sürtünme açıları dikkate alınarak değerlendirilmektedir (zvan vd., 2010). Bu girdi parametreleri ışığında kinematik analizler için Hoek ve Bray (1981) ve Goodman (1989) tarafından ifade edilen alt yarım küre stereografik izdüŐümü yöntemi kullanılarak, düzlemsel, kama ve devrilme türü yenilmeler için duraylılık analizleri yapılarak oluşabilecek duraysızlıklar yeni Şev tasarımlarıyla ortadan kaldırılmaya çalıŐılır (Alemdağ vd., 2015). Yenilme türlerinin Şekilleri, kesitleri ve stereonet görünümleri Şekil 1.8’de gösterilmektedir.





Şekil 1.8. Yenilme Türlerinin şekilleri, kesitleri ve stereonette gösterilmesi (Hoek ve Bray,1977).

1.3.1. Düzlemsel Kayma

Düzlemsel kayma, kaya şevlerinde bir süreksizlik düzlemine bağlı olarak oluşan bir duraysızlık türü olarak tanımlanmaktadır (Önalp ve Arel, 2004). Kayma, kaya şevlerinde çok yaygın görülen bir yenilme türü değildir (Önalp & Arel, 2004).

Düzlemsel kaymanın oluşabilmesi Şekil 1.9.a'da gösterildiği gibi birçok geometrik şartın bir araya gelmesi ile mümkün olabilmektedir; Bu koşullar (Gürocak & Alemdağ, 2002);

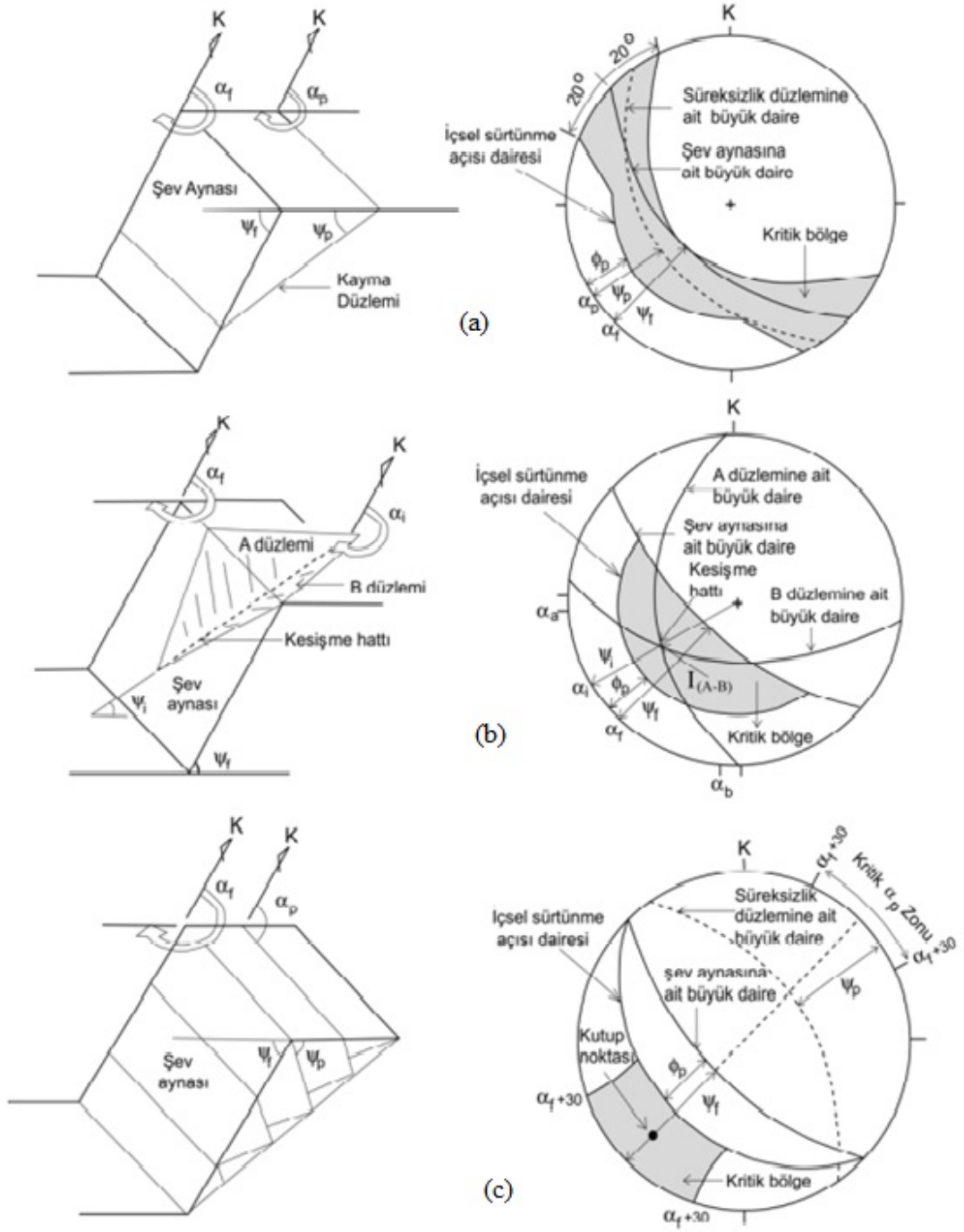
- a) Şevin eğimi (ψ_f) süreksizliğin eğiminden (ψ_p) büyük olması gerekmektedir,
- b) Süreksizliğin eğimi (ψ_p) ise süreksizliğin içsel sürtünme açısından (ϕ_p) büyük olması gerekmektedir ($\psi_f > (\psi_p) > (\phi_p)$),
- c) Şev aynası kayma düzleminin doğrultusuna paralel ya da paralele yakın olmalıdır yani kaya şevinin eğim yönü açısı ile süreksizliğin eğim yönü açısı arasındaki farkın +20 dereceden büyük olmaması gerekmektedir,
- d) Kayan kütlelerin iki tarafında yenilmeye karşı direnç gösteren yan yüzeylerin bulunmaması gerekmektedir.

1.3.2. Kama Türü Kayma

Kama türü kayma, iki süreksizlik düzleminin kesişmesi ile meydana gelen kamanın kesişme doğrusu boyunca aşağı doğru hareket etmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır (Gürocak & Alemdağ, 2002). Kaymanın vuku bulması için süreksizliklerin kesişme noktasının (IA-B), stereografik iz düşümde içsel sürtünme açısı dairesi ile şev düzlemine ait büyük daire arasında kalan kritik bölgeye düşmesi gerekmektedir (Gürocak ve Alemdağ, 2002). Kesişme noktasının kritik bölgeye düşmesi, kama tipi kayma için gerekli olan kesişme noktasının dalım açısının (ψ_i) şevin eğim açısından (ψ_f) küçük, süreksizliğin eğim açısından (ψ_p) büyük olması şartını da sağlamış olacaktır (Gürocak & Alemdağ, 2002). Kama türü kayma için örnek kritik bölge Şekil 1.9.b'de gösterilmektedir.

1.3.3. Devrilme Türü Yenilme

Kayaçlarda devrilme türü yenilme, şev eğim yönünün tersi yönde eğimli ve yüksek devamlılığa sahip süreksizlikler boyunca Şekil 1.9.c'de gösterildiği şekilde meydana gelmektedir (Gürocak & Alemdağ, 2002). Devrilme türü duraysızlığın oluşabilmesi için a) $(90 - \psi_p) + \phi_p < \psi_f$ b) $\alpha_p = (\alpha_f + 180) + 30$ derece koşullarının sağlanması gerekmektedir (Gürocak ve Alemdağ, 2002). Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, süreksizliğin eğim yönünün (α_β) şevin eğim yönüne (α_f) zıt yönde olmasıdır (Gürocak & Alemdağ, 2002).



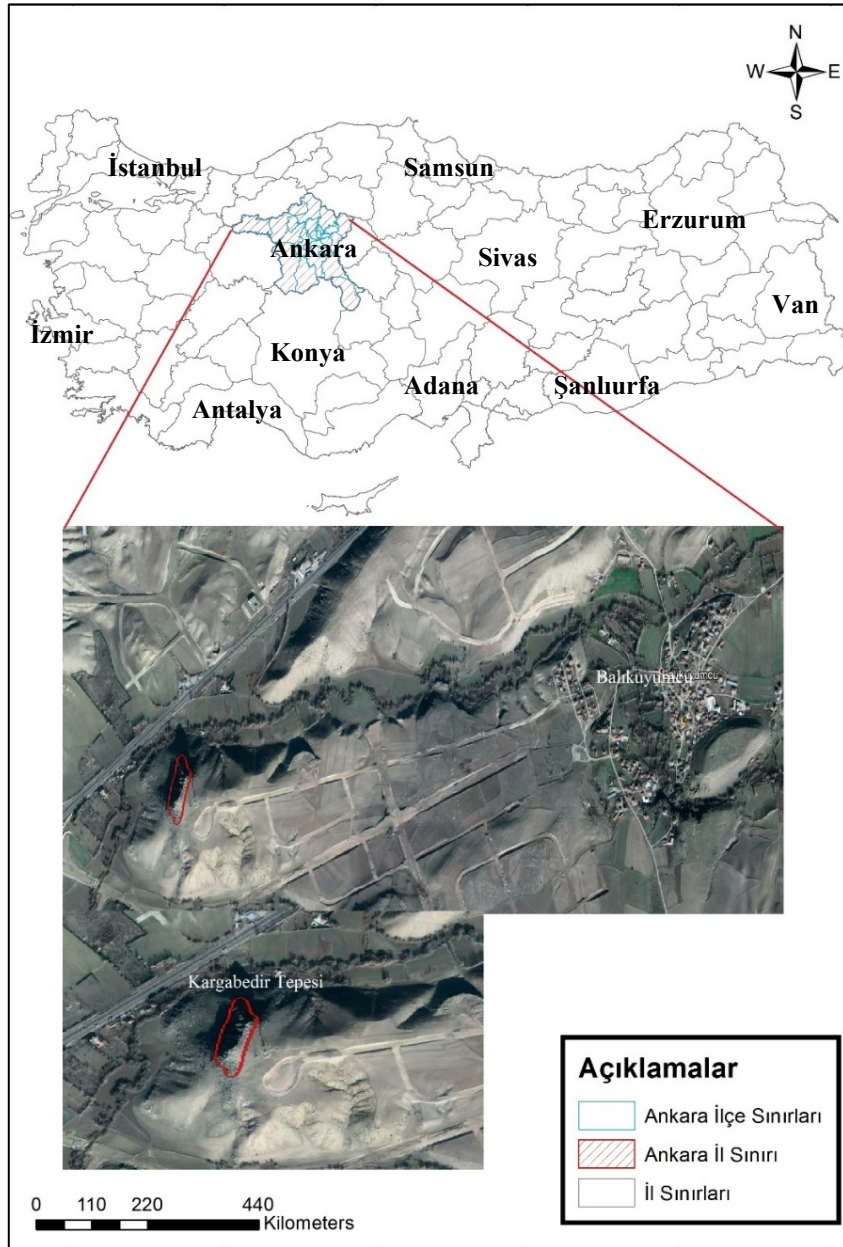
Şekil 1.9. Kaya şevlerinde düzlemsel (a), kama tipi (b) ve devrilme (c) yenilmelerinin gelişebilmesi için gereken kinematik şartlar (Norrish & Wyllie 1996).

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. MALZEME

2.1.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma Ankara ili, Etimesgut ilçesi Ballıkuyumcu Mahallesinde bulunan Kargabedir Tepesi'nde yürütülmüştür. Çalışma alanı 29 ha olup konumu Şekil 2.1'de yer almaktadır.



Şekil 2.1. Çalışma alanının konumu.

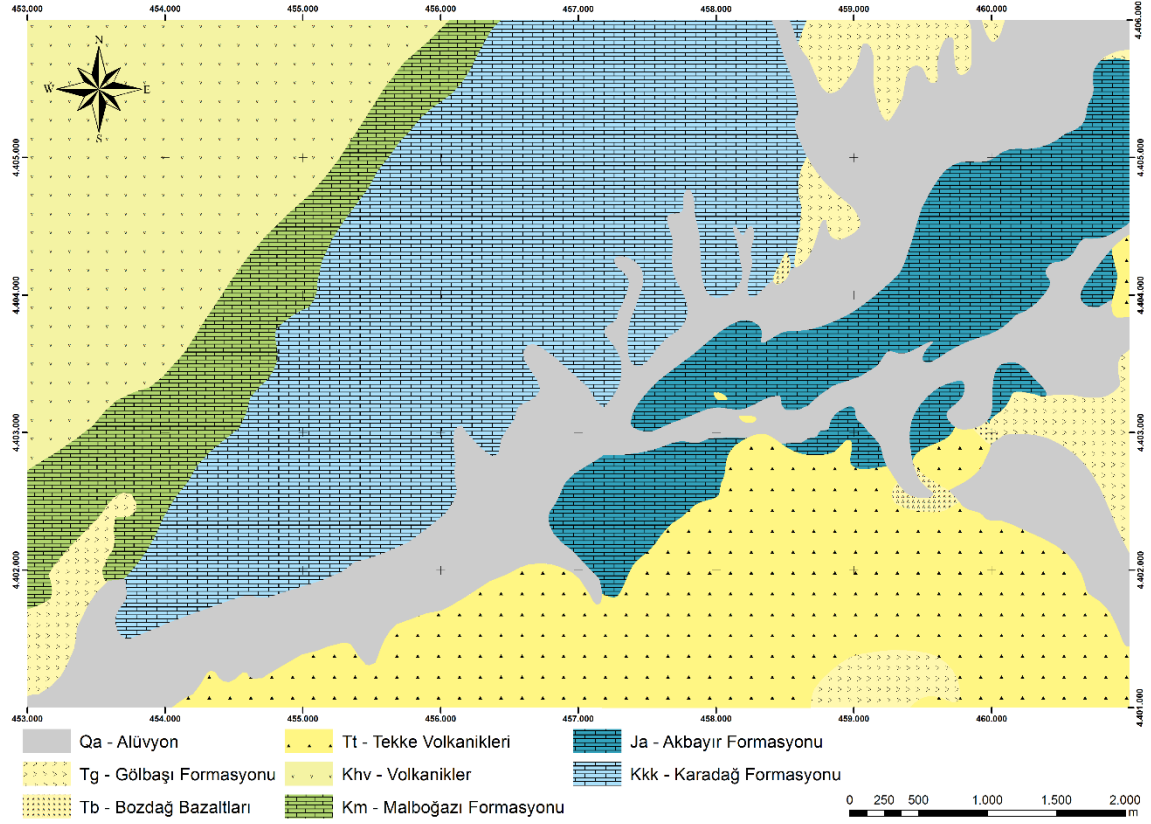
Çalışma sahası Türkiye’de Ankara İlinin batısında yer almakta olup karasal iklim (yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve az yağışlı) hâkimdir. Ankara ilinde 1927-2018 yılları arasında yapılan ölçümlere göre; bölgede yıllık toplam yağış ortalaması 388,1 mm olup en fazla yağış Mayıs ayında düşmektedir. Yılın en soğuk ayı Ocak için, ortalama sıcaklık 0,2 °C ve ortalama en düşük sıcaklık -3,3 °C’dir. Temmuz ve Ağustos ayları yılın en sıcak ayları olup 23,5 °C ortalama sıcaklık ile Temmuz ayı, 30,4 °C ortalama en yüksek sıcaklık ile Ağustos ayı en yüksek değeri taşımaktadır. Ankara iline ait meteorolojik veriler Çizelge 2.1’de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Ankara iline ait genel meteorolojik istatistik verileri (MGM, 2019).

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1927 - 2017)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0,2	1,7	5,8	11,3	16,1	20,1	23,5	23,4	18,8	13,0	7,1	2,5	12,0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4,2	6,4	11,5	17,4	22,4	26,6	30,3	30,4	26,0	19,9	13,0	6,4	17,9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3,3	-2,4	0,6	5,3	9,6	12,9	15,8	15,9	11,8	7,0	2,5	-0,9	6,2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,7	3,9	5,2	6,6	8,5	10,2	11,4	10,8	9,2	6,7	4,6	2,6	82,4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,2	11,3	10,7	11,1	12,3	8,6	3,5	2,7	4,0	6,9	8,2	11,7	103,2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	39,7	35,1	39,1	41,9	51,8	34,3	13,5	11,4	17,6	27,9	31,7	44,1	388,1
Ekstrem Sıcaklıklar (1927-2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16,6	21,3	27,8	31,6	34,4	37,0	41,0	40,0	37,7	33,3	24,7	20,4	41,0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24,9	-24,2	-19,2	-7,2	-1,6	3,8	4,5	5,5	-1,5	-9,8	-17,5	-24,2	-24,9

Ankara İli için ekstrem değerler incelendiğinde; en yüksek sıcaklık 27.07.2012 tarihinde 41,0 °C, en düşük sıcaklık 05.01.1942 tarihinde -24,9 °C, günlük toplam en yüksek yağış miktarı 11.06.1997 tarihinde 88,9 mm ve en yüksek kar kalınlığı 31.01.1950 tarihinde 33,0 cm olarak ölçülmüştür.

Çalışma alanının jeoloji haritası mevcut MTA raporları ve haritalarından derlenerek Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Çalışma alanı çevresinde toplam on dört farklı litoloji bulunmakta olup çalışma alanı sınırlarında yalnızca Üst Jura – Alt Kretase yaşlı Akbayır Formasyonuna ait kireçtaşları ve o kireçtaşlarını kesen Pliyosen yaşlı Bozdağ bazaltları bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Çalışma alanı ve çevresine ait jeoloji haritası.

Çalışma alanında bulunan andezit türü kayalarda bulunan çatlak yüzeylerinden süreksizlik ölçümleri alınmıştır. Süreksizlik ölçümü ve sahanın genel görünümü Şekil 2.3’te verilmektedir.



Şekil 2.3. Çalışma alanındaki andezitlerden görüntüler.

Çalışma sahası çevresinde bulunan litolojik birimlerin ayrıntıları gençten yaşlıya doğru aşağıda verilmiştir.

2.1.1.1. Qa – Kuvaterner Alüvyon

Çalışma alanı içerisinde Ankara Çayı boyunca iyi gelişmiş alüvyonlar gözlenmiştir. Alüvyonlar içerik itibariyle kum, silt ve çakıl tanelerinden oluşmakta olup ana dere kanalları boyunca devamlılık göstermektedir (Akyürek vd., 1997).

2.1.1.2. Tg – Gölbaşı Formasyonu

İlk kez Akyürek ve diğerleri (1982 – 1984) tarafından tanımlanan birim çalışma alanının çevresinde gözlenmektedir. Gölbaşı Formasyonu gri, boz, kırmızı renkli, değişik boyda, farklı kökenli konglomera, çamurtaşı ve kumtaşından oluşmaktadır. Birim bazı yerlerde yatay tabakalı olmakla birlikte genellikle tabakasızdır. Kumtaşları ve çamurtaşları arasında moloz akması süreçleriyle oluşmuş konglomeralar yaygın bir şekilde görülmektedir. Kumtaşı ve konglomeraların tane ve çakıllarını çeşitli kireçtaşları, diyabaz, kuvarsit, bazalt metamorfik kayalara ait parçalar, serpantin, radyolarit ve gabro oluşturur. Matriksini ise kalsit ve kil oluşturmaktadır. Bozdağ Bazaltı ve daha eski birimlerin üzerine konkordans olarak gelen birim çoğunlukla ayrılmış olarak izlenir. Birimin üst sınırı ise izlenemez. Akyürek vd., (1982) göre, birimin yaşı, stratigrafideki yeri ve eski çalışmalar göz önüne alındığında Pliyosen olarak kabul edilmiştir. Gölbaşı formasyonu alüvyon yelpazesi ve akarsu çökellerinden oluştuğu, önünde geliştiği kaynak alanın kaya türüne bağlı olarak çakıl içeriğinin geliştiği belirtilmiştir (Akyürek vd., 1982).

2.1.1.3. Tb – Bozdağ Bazaltı

Çalışma sahasında gözlenmekte olan Bozdağ bazaltları olarak anılan bu birim çoğunlukla Miyosen volkanikleri, tortul kayalar ve volkanosedimanter birimlerin üzerinde gözlenmesinden dolayı Pliyosen yaşta olduğu kabul edilmektedir. Volkanik aktivetinin son ürünü olan bu bazaltik birim gri, siyah renklere ve masif olarak gözlenmektedir. Birim içerisindeki gaz boşluklarına kalsit dolmasıyla, veziküler bir dokuya sahip olmaktadır. Bazaltlarda yer yer altıgen soğuma eklemleri görülmektedir (Akyürek vd., 1982).

2.1.1.4. Tt – Tekke Volkaniti

İlk kez Akyürek ve diğ. (1982) tarafından isimlendirilen Tekke volkanitleri inceleme alanının doğusunda ve güneyinde yüzeylenmekte olup birim bazalt, andezit ve

trakiandezitten oluşmaktadır. Tekke volkaniti'nin alt yüzeylerinde izlenen bazaltlar siyah, gri ve koyu kahverengi renklerinde, gaz boşluklu ve akma yapısı göstermektedir. Bazaltlar, bölgedeki volkanizmanın ilk ürünleri olarak düşünülmektedir. Değişik zamanlarda oluşmuş bulunan birim Üst Miyosen yaşlı olarak kabul edilmiştir (Akyürek vd., 1980).

2.1.1.5. Khv – Volkanikler

Haymana Formasyonuna ait volkanik kayalar çalışma alanının kuzeybatısında gözlenmiştir. Yer yer yastık yapılarını da gösteren volkanikler porfirik yapıda, bej, pembe ve yeşilimsi kahve renklidir. (Akyürek vd., 1997).

2.1.1.6. Km – Malboğazı Formasyonu

İnce tabakalı konglomeralar, sarımsı gri kumtaşları, kumlu kireçtaşları ve resifal kireçtaşlarından oluşan Malboğazı Formasyonu ilk olarak Birgili vd. (1975) tarafından adlandırılmıştır. Karbonat matrisli ve ince tabakalı olan kumtaşları bol sayıda fosil içermektedir. Malboğazı Formasyonu altta Haymana Formasyonu ile yanal geçiş göstermektedir. Formasyonun yaşı Maastrichtiyen'dir (Akyürek vd., 1997).

2.1.1.7. Ja – Akbayır Formasyonu

Çalışma alanı içerisinde Akbayır Formasyonu olarak anılan bu birim krem, beyaz yer yer kırmızımsı renkte gözlenmektedir. Bu formasyon, ince-orta tabakalı yarı pelajik ortamda oluşmuş çörtlü biyomitrik/killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Yarı pelajik ortam tanelerinden kil ve siltçe zengin tabakalarının üzerinde ana kaya tipini oluşturan kireçtaşı tabakaları bulunmaktadır. Üst Jura-Alt Kretase yaş aralığını gösteren mikro ve makro düzeyde fosiller içerdiği bilinmektedir.

2.1.1.8. Kkk – Karadağ Formasyonu

Karadağ Formasyonu altta çakıltaşı ile volkanik olarak bilinen taneli kumtaşlarının ardalanması ile başlar. Üste doğru ise çamurtaşı-kumtaşı ardalanmasıyla devam eder. Karadağ Formasyonu çalışma alanının kuzeybatısında, Alüvyon birimler ile Malboğazı formasyonu arasındaki bölgede gözlenmektedir. Karadağ Formasyonu içerisinde yer yer killi kireçtaşları da görülmektedir ve bu kireçtaşlarında bol miktarda fosil bulunmaktadır. Bulunan anahtar fosillerden yararlanılarak birimin yaşı Senomaniyen – Kampaniyen olarak belirlenmiştir (Akyürek vd., 1996).

2.1.2. Kullanılan Harita, Yazılım ve Ekipmanlar

Tez çalışması kapsamında, sayısal yükseklik verisi, ortofoto, kayaçların mühendislik özellikleri gibi verilerin temini, arazi çalışmaları ile sağlanmıştır. Üretilen veriler Pix4D, Rocscience Dips, Rocscience ve ArcGIS gibi çeşitli yazılımlar ile değerlendirilmiştir. Çalışma alanının yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modelini (SYM) oluşturmak amacıyla, küresel konumlandırma sistemi (GPS) ve fotoğraf makinesi olan, DJI marka Phantom 4 Advanced model İHA uçurularak Şekil 2.4'de görüldüğü üzere çalışma alanına ait koordinatlı hava fotoğrafları elde edilmiştir.



Şekil 2.4. İnsansız Hava Aracı (DJI Phantom 4 Pro).

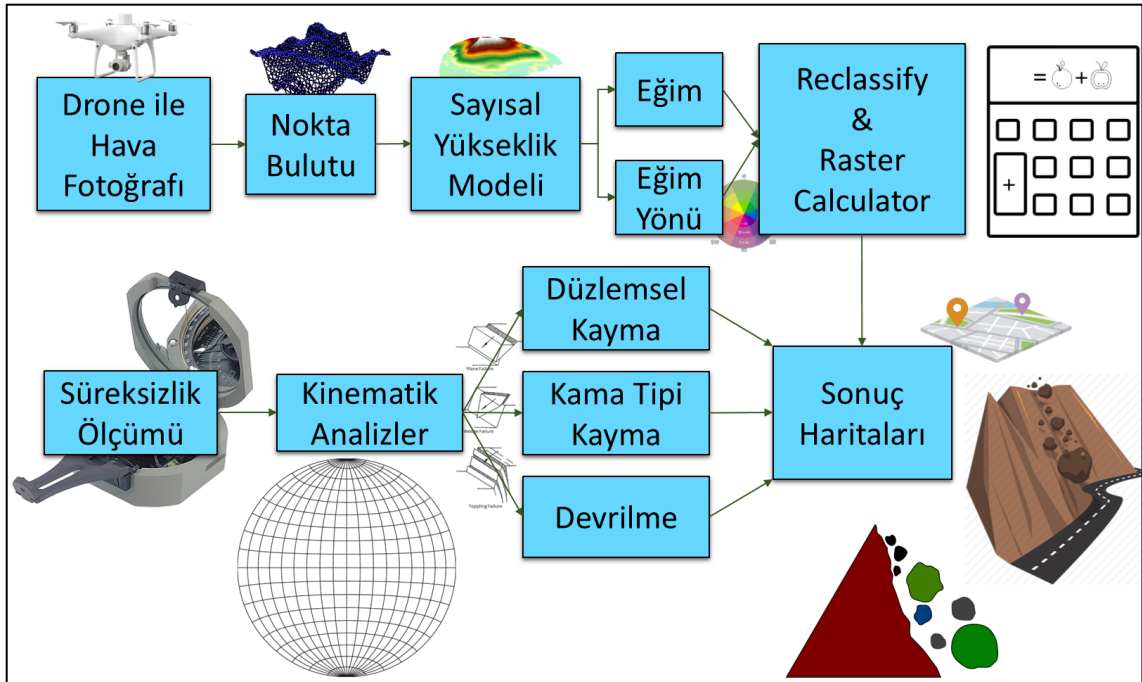
Pix4D yazılımı, çekilen binlerce hava ve oblik görüntüyü jeo-referanslı 2D ortomozaik ve üç boyutlu (3D) yüzey modelleri ve nokta bulutlarına dönüştürebilmektedir. Görüntü içeriğine ve optimizasyon tekniklerine dayanan gelişmiş otomatik anten üçgenleme özelliği ile herhangi bir İHA veya kameranın profesyonel bir haritalama ve ölçme aracı olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle çalışma alanına ait ortofotonun ve SYM'nin üretilmesi amacıyla Pix4D yazılımının sürekli deneme sürümü kullanılmıştır.

Sahada jeolog pusulasıyla alınan süreksizlik ölçümlerinin değerlendirilmesi, kinematik analizlerin yapılması ve duraysızlık limitlerinin belirlenebilmesi amacıyla Rocscience

Dips yazılımından yararlanılmıştır. Pix4D yazılımı ile elde edilen sayısal yükseklik verisinden, eğim, bakı gibi raster verilerin üretilmesinde ve çalışma alanına ait jeoloji haritasının oluşturulmasında ESRI ArcGIS 10.2 yazılımından yararlanılmıştır. Kinematik analizlerde kullanılmak üzere çalışma alanında bulunan süreksizliklerin eğimlerinin ve eğim yönlerinin tespit edilmesi amacıyla Brunton tipi jeolog pusulası kullanılmıştır.

2.2. YÖNTEM

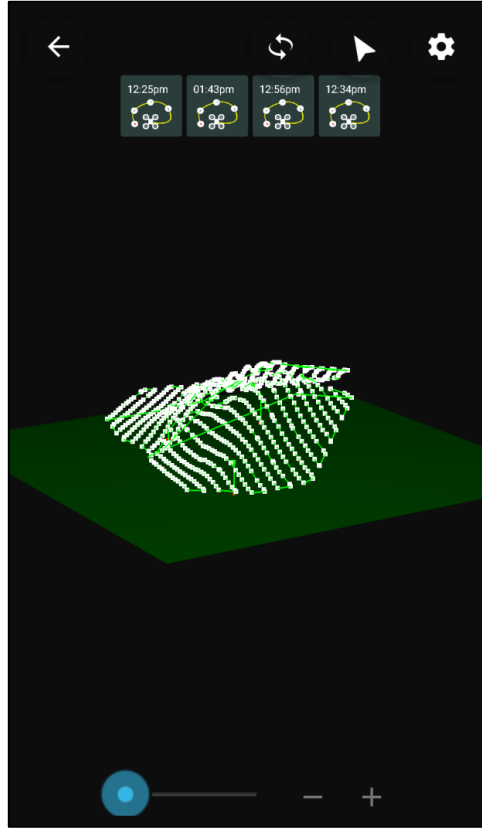
Çalışma alanının sayısal yükseklik modelinin oluşturulması amacıyla öncelikle uçangöz ile hava fotoğrafları çekilmiştir. Çekilen fotoğraflardan fotogrametrik yöntem ile nokta bulutu elde edilmiş, bu nokta bulutu verisinden ise sayısal yükseklik modeli üretilmiştir. Üretilen sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğü indirgenerek eğim ve eğim yönleri verileri elde edilmiştir. Aynı zamanda sahadan ölçülen süreksizlikler stereonet üzerine işlenerek süreksizlik setleri belirlenmiştir. Belirlenen süreksizlik setlerinin şevin hangi eğim ve eğim yönü koşulunda olduğunda düzlemsel, kama tipi ya da devrilme türü yenilmenin gerçekleşeceği kritik parametreler elde edildikten sonra bu parametrelerin sayısal yükseklik modelinde elde edilen eğim ve eğim yönü verilerinde nerelerde sağlandığı tespit edilerek kaya düşmesi kaynak bölgeleri haritalandırılmıştır. Yapılan işlere ait iş akış şeması Şekil 2.5'te verilmektedir.



Şekil 2.5. İş Akış Şeması.

2.2.1. İnsansız Hava Aracı (İHA) Tabanlı Yüksek Çözünürlüklü SYM üretimi

İHA tabanlı görüntü alımı işlem aşamaları bu çalışmada 3 temel adımda gerçekleştirilmiştir: 1) uçuş planlanması, 2) arazide uçuş planının değerlendirilmesi, uçuşların gerçekleştirilerek görüntülerin alınması ve 3) İHA görüntülerinin işlenmesi (Eker, 2018). Uçuş planının hazırlanması sahaya gitmeden önce belirlenmesi gereken ilgili alanın topoğrafik özellikleri, hava ve rüzgâr koşulları gibi bazı ön gerekliliklere sahiptir. Araziye gitmeden önce uçuş planları Drone Harmony (Versiyon 0.8.3) yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Yapılan uçuş planları Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



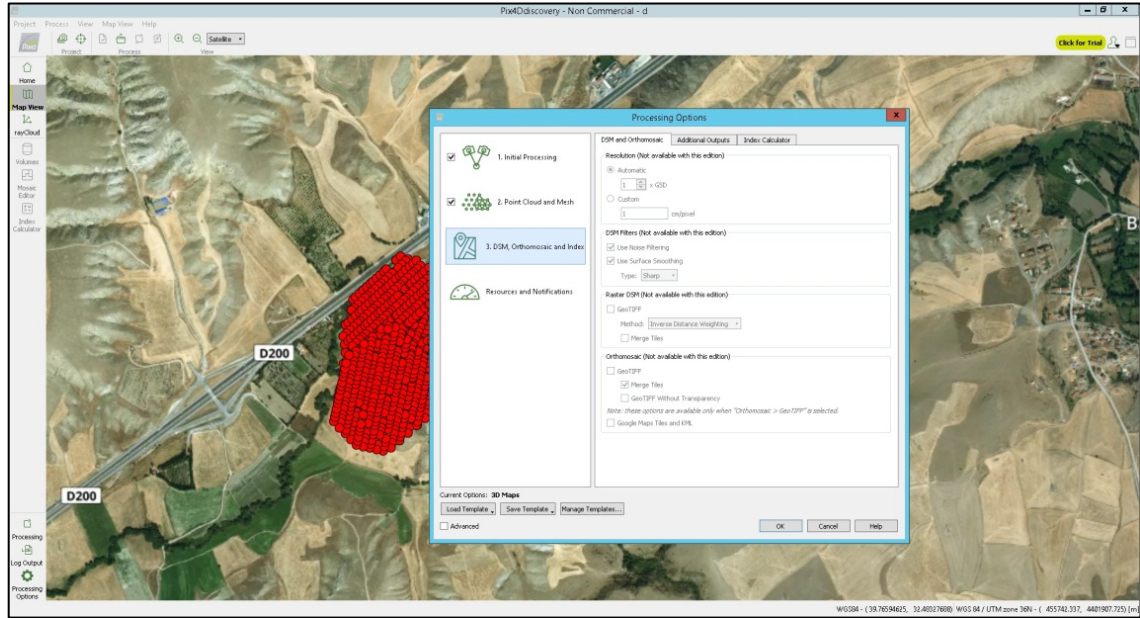
Şekil 2.6. Uçuş planı ekran görüntüsü.

Görüntü alımı DJI Phantom 4 Advanced marka İHA platformu kullanılarak sahanın büyüklüğüne bağlı olarak aynı gün içerisinde 3 farklı uçuş yapılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uçuşlara ilişkin bilgiler Çizelge 2.2'de verilmektedir. Kullanılan İHA 20 megapiksel kamera çözünürlüğüne sahip ve tek batarya ile yaklaşık 25 dakika uçuş yapabilmektedir. Bu sayede yapılan çalışmada büyük kolaylık sağlamıştır.

Çizelge 2.2. Gerçekleştirilen İHA uçuşlarına ilişkin bilgiler.

Uçuş Tarihleri	Alınan Görüntü Sayısı	Ortalama Uçuş Yüksekliği (m AGL)	Enine Bindirme Oranı (%)	Boyuna Bindirme Oranı (%)	Odak Uzaklığı (mm)	ISO	GSD (cm/px)	Uçuşun Kapsadığı Alan (ha)
02.08.2018	325	50	80	80	24	100	2.197	12.76
02.08.2018	207	50	80	80	24	100	2.197	8.12
02.08.2018	207	50	80	80	24	100	2.197	8.12

İHA görüntülerinden yüksek çözünürlüklü DSM'nin ve ortofoto görüntülerin üretilmesi için ofiste gerçekleştirilen bütün çalışmalar İHA görüntülerinin işlenmesi safhasını oluşturmaktadır (Eker, 2018). Çalışmada Pix4D yazılımı (Versiyon 4.2.27) kullanılmıştır. Kullanılan yazılıma ait ekran görüntüsü Şekil 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Pix4D ekran görüntüsü.

Pix4D yazılımının kullanıldığı işlemlerin iş akışı: 1) görüntü eşleştirme ve ışın demetleri ile dengeleme, 2) nokta bulutu ve buna bağlı 3 boyutlu tekstür dokunun oluşturulması 3) DSM ve ortofoto görüntü üretiminden oluşmaktadır (Processing steps, 2019). Ayrıca bu aşamada üretilen DSM'nin yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip oluşu; yapılacak çalışma için bazı hatalara sebebiyet verebileceği düşünüldüğünden, DSM üretimi safhasında mekânsal çözünürlük 50 cm x 50 cm olarak tercih edilmiştir.

2.2.2. Kinematik Analizler Yapılarak Potansiyel Kaya Düşmesi Kaynak Bölgelerinin Haritalanması

Kinematik analizlerde kullanılmak üzere saha çalışması sırasında Çizelge 2.3'te gösterilen 98 adet süreksizlik ölçümü yapılmıştır. Yapılan süreksizlik ölçümlerinden Rocscience Dips yazılımı kullanılarak süreksizlik setleri belirlenmiştir. Düzlemsel kayma, kama türü kayma ve devrilme türü 3 farklı duraysızlık sorununun, mevcut süreksizlik setleri düşünüldüğünde şev için hangi eğim ve eğim yönü değer aralığında meydana gelebileceği belirlenmiştir.

Çizelge 2.3. Ölçülen Süreksizliklerin Listesi (Bakı için Kuzey 0 derecedir)

#	Eğim (°)	Bakı (°)	#	Eğim	Eğim Yönü	#	Eğim	Eğim Yönü	#	Eğim	Eğim Yönü
1	84	176	26	77	181	51	76	30	76	65	205
2	77	180	27	77	236	52	83	29	77	68	200
3	78	177	28	74	238	53	74	129	78	49	112
4	82	176	29	67	237	54	77	119	79	65	130
5	79	178	30	69	243	55	73	123	80	74	246
6	80	179	31	77	240	56	80	126	81	79	230
7	76	177	32	77	233	57	75	123	82	77	222
8	74	183	33	68	243	58	75	120	83	85	355
9	74	185	34	76	236	59	75	129	84	85	168
10	75	185	35	74	242	60	71	121	85	85	184
11	76	185	36	73	238	61	80	124	86	75	116
12	77	178	37	67	236	62	81	123	87	85	195
13	80	176	38	75	243	63	78	10	88	82	171
14	75	182	39	70	239	64	78	18	89	82	115
15	82	181	40	68	235	65	44	200	90	85	170
16	76	184	41	78	32	66	74	218	91	57	260
17	77	183	42	75	23	67	73	32	92	87	170
18	82	184	43	84	33	68	84	98	93	80	170
19	78	178	44	84	26	69	41	346	94	82	275
20	79	181	45	77	29	70	85	12	95	68	190
21	77	179	46	75	23	71	74	190	96	64	220
22	84	183	47	76	32	72	82	168	97	81	192
23	74	178	48	76	26	73	46	180	98	80	130
24	81	181	49	78	27	74	55	44			
25	80	181	50	76	23	75	78	130			

Daha önce üretilmiş olan SYM'den komşu hücreler yöntemiyle eğim ve eğim yönleri üretilmiştir. Bu eğim ve eğim yönleri 3 farklı duraysızlık türünün meydana gelebilmesi için şevlin sahip olması gereken değerler 1 (var) veya 0 (yok) olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Duraysızlık, yalnızca eğim ve eğim yönü sınıflarının ikisinin birden 1 değerine sahip olması durumunda meydana geldiği için eğim ve eğim yönü verileri birbirleri ile matematiksel olarak çarpılmak suretiyle her bir duraysızlık türü için kaynak bölgeleri üretilmiş olup Çizelge 2.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.4. Eğim/Eğim yönüne göre duraysızlık oluşma koşulları.

Eğim	Bakı	Duraysızlık Durumu
0	0	0 - Beklenmiyor
0	1	0 – Beklenmiyor
1	0	0 – Beklenmiyor
1	1	1 – Bekleniyor

Kinematik analizler sonucu belirlenmiş kaynak bölgelerinden kopacak olan kayaçların izleyecekleri yörüngeler, sıçrama yükseklikleri, akma hızları gibi mühendislik parametreleri üretilmiş olup bu veriler kullanılarak nihai kaya düşmesi duyarlılık haritaları elde edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez kapsamında çalışma alanı olan Ankara ili, Ballıkuyumcu Mahallesi, Kargabedir Tepesindeki kayalık alanda oluşabilecek duraysızlık türlerini incelemek için kinematik analiz yöntemi kullanılmıştır. Kinematik analiz yöntemi duraylılığın süreksizlikler tarafından kontrol edilen kaya şevlerinde kritik olabilecek şevlerin ayırt edilmesi amacıyla, detaylı analizlere başlamadan önce yararlanılan oldukça pratik yöntem olarak tanımlanmaktadır (Özdemir, 2009). Bu yöntem ile çalışma alanında; düzlemsel, kama ve devrilme türü duraysızlıklar incelenmiş olup şev ile duraysızlığa neden olabilecek süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri ve süreksizlik yüzeyinin içsel sürtünme açısı (Φ) analizlerde girdi parametre olarak kullanılmıştır.

Süreksizliklerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan veri toplama işlemlerinde istatistiksel anlamda en başarılı sonuçların elde edildiği, hat etüdü yöntemidir (Alemdağ vd., 2015). Jennings (1970) tarafından önerilen yöntem, daha sonra Piteau (1970) tarafından revize edilmiş, Fookes ve Denness (1969), Attewell ve Farmer (1976), Priest ve Hudson (1981) gibi araştırmacılar ile ISRM (1978) tarafından geliştirilmiştir ve sonraki yıllarda ISRM (2007) tarafından yapılan önerilerle bugünkü halini almıştır.

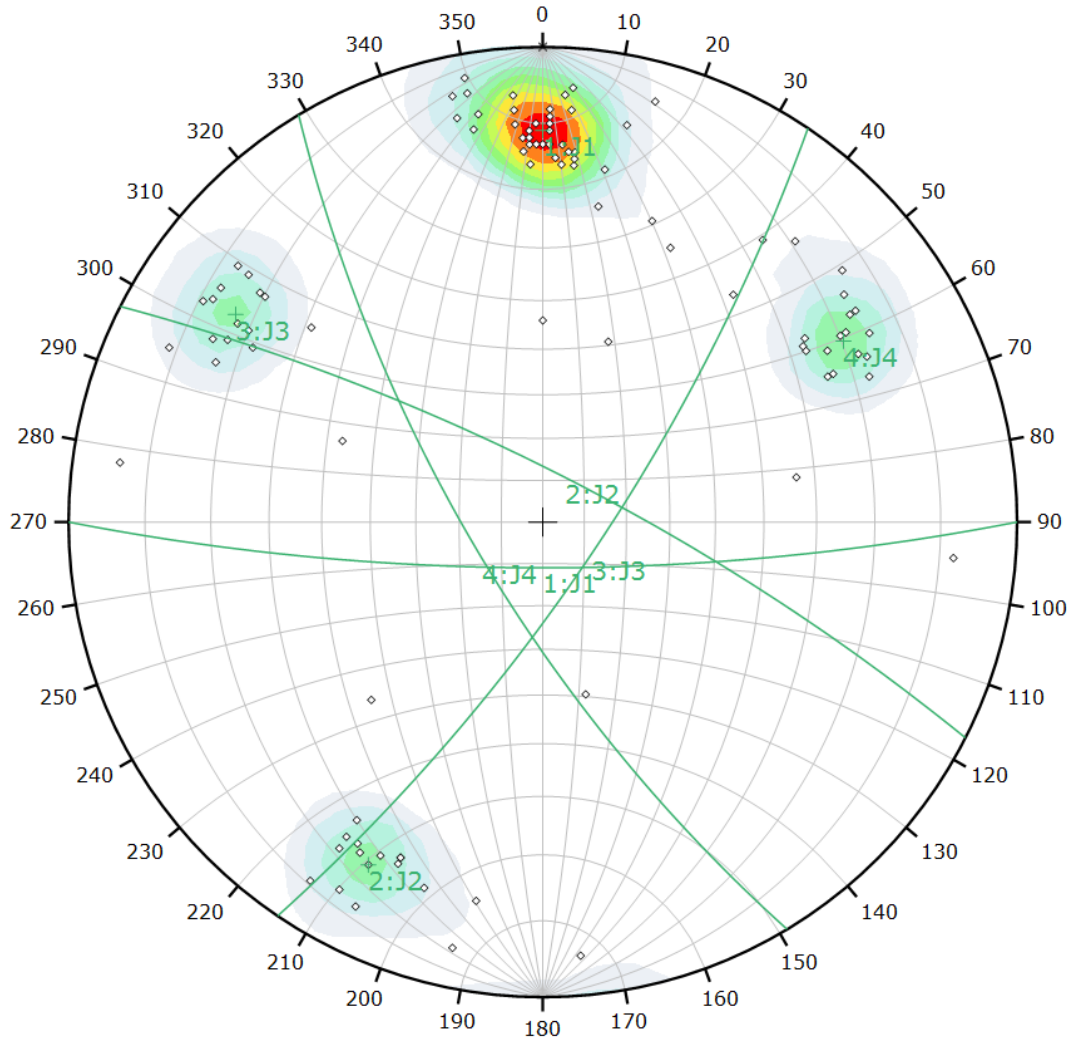
Kinematik analizlerde kullanılmak üzere gerekli olan girdi parametreleri yapılan arazi çalışması kapsamında bölgedeki kaya şevlerinde süreksizliklerin ölçülmesi ile elde edilmiştir. Ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri Rocscience Dips (Diedrichs ve Hoek, 1989) programı kullanılarak stereonetlere işlenmiş ve setlere ait Şekil 3.1’de gösterilen kutuplar ve büyük daireler elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Süreksizliklerin makaslama dayanımını ifade eden kohezyon ve içsel sürtünme açısı şev duraylılık analizlerinde kullanılan en önemli iki parametre olarak ifade edilmektedir (Alemdağ vd., 2015). Alemdağ vd. 2015 yılında “Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) Karayolundaki Kaya Şevlerinin Kinematik ve Limit Denge Yöntemleri İle Değerlendirilmesi” projelerini gerçekleştirirken süreksizliklere ait içsel sürtünme açılarının (ϕ) belirlenebilmesi için araziden alınan örnekleri kullanarak CANMET (1977) tarafından önerilen yönteme göre deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyleri

yapmış ve Barton (1976) görgül yenilme ölçütünü kullanılmışlardır. Bu çalışmada süreksizliklere ait içsel sürtünme açılarının (ϕ) belirlenebilmesi için arazi çalışmaları sırasında örnekler alınmadığından dolayı gerekli olan deneyler yapılamamış bu yüzden de literatüre dayanarak içsel sürtünme açısı 30° olarak tayin edilmiştir.

Bu çalışma alanında 4 süreksizlik seti belirlenmiş olup bu setlerin eğim ve eğim yönleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışma alanına ait süreksizlik setleri (Bakı için Kuzey 0 derecedir).

Süreksizlik Seti	Bakı	Eğim ($^\circ$)
1	180	79
2	027	78
3	124	76
4	239	73



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.60
	2.60 - 5.20
	5.20 - 7.80
	7.80 - 10.40
	10.40 - 13.00
	13.00 - 15.60
	15.60 - 18.20
	18.20 - 20.80
	20.80 - 23.40
	23.40 - 26.00
Maximum Density 25.15%	
Contour Data Pole Vectors	
Contour Distribution Fisher	
Counting Circle Size 1.0%	

	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1	■	79	180	J1
2	■	78	27	J2
3	■	76	124	J3
4	■	73	239	J4

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	98 (98 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Şekil 3.1. Çalışma alanına ait süreksizliklerin eşit açılı stereonet üzerindeki gösterimi.

Aynı stereonet üzerine şev ait büyük daire çizilmiş ve süreksizliklerin ortalama içsel sürtünme açılarının da stereonet üzerine çizilmesinden sonra duraysızlık koşulunun belirlenmesine yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Mevcut süreksizlik setleri için kinematik duraysızlık koşullarını oluşturan limit şev parametreleri 3 farklı duraysızlık türü (düzlemsel kayma, kama türü kayma ve devrilme) için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.1. DÜZLEMSEL KAYMA ANALİZİ

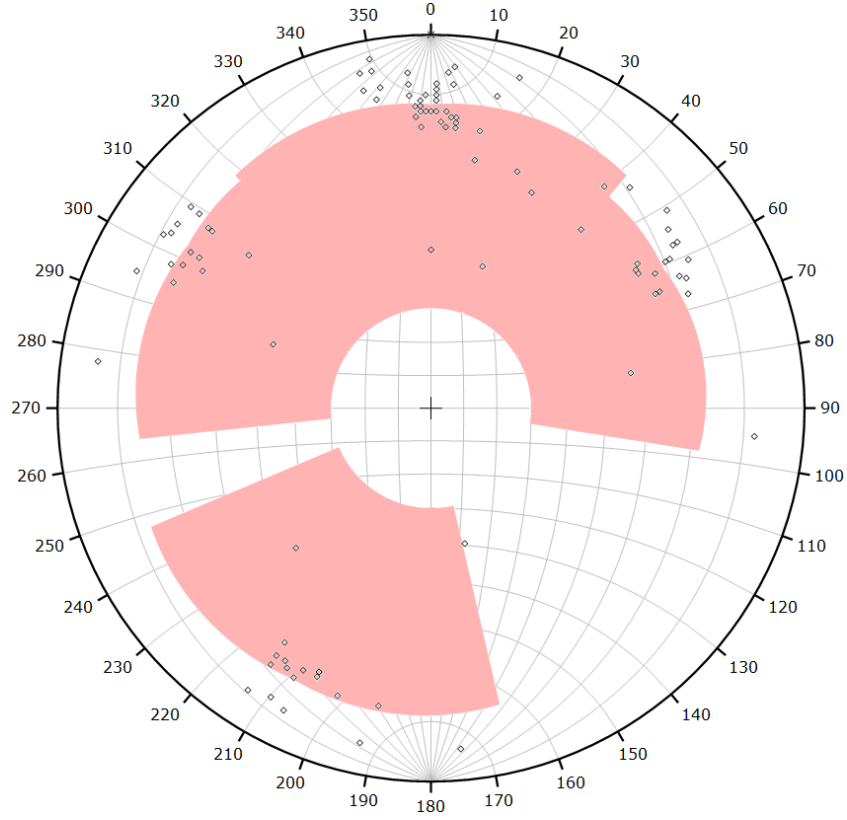
Ölçülen 4 süreksizlik setinin düzlemsel kaymaya neden olan şev parametreleri belirlenmiş olup bu parametreler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Düzlemsel kaymaya neden olan şev eğim ve eğim yönleri.

Durum	Şev Eğim Yönü	Şev Açısı (°)
1	160 – 200	79 – 90
2	007 – 047	78 – 90
3	104 – 144	77 – 90
4	219 – 259	73 – 90

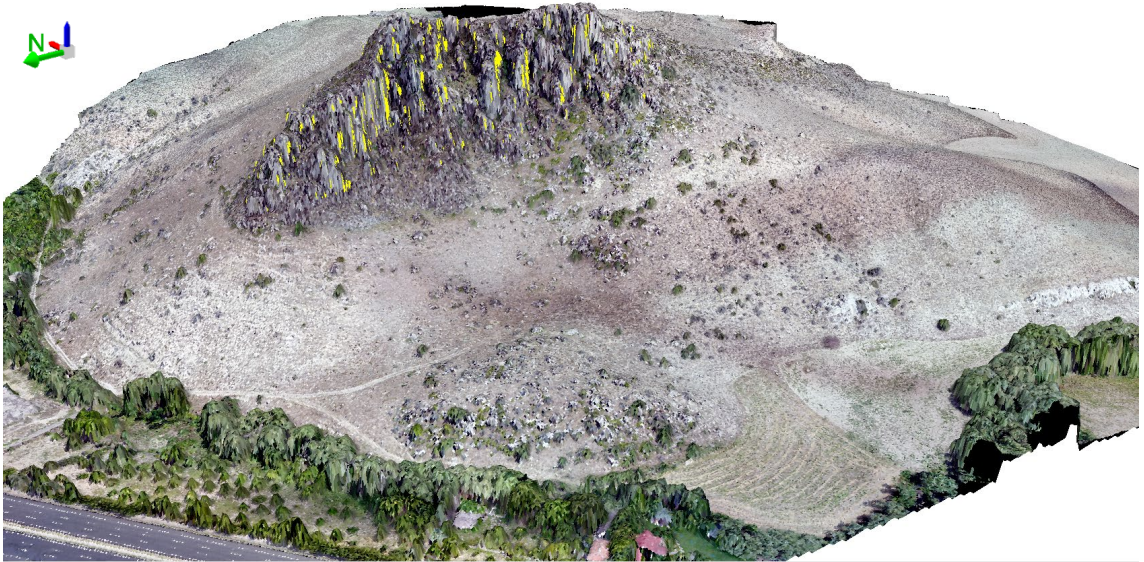
İlk olarak Hoek ve Bray (1981) tarafından tanımlanan, Goodman (1989) tarafından geliştirilen ve Wyllie ve Mah (2004) tarafından yeniden düzenlenen kinematik analiz yöntemine göre bir duraysızlık türünün oluşabilmesi için belirli kriterleri sağlaması gerekir. Düzlemsel kaymanın oluşabilmesi için gerekli olan şartlar kaya şevlerinde kinematik analizler başlığı altında sayfa 14’te detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Bu bilgilere dayanarak; yapılan analizler sonucunda şev eğim yönünün 160-200° arasında, şev eğiminin 79°’den büyük; şev eğim yönünün 7-47° arasında, şev eğiminin 78°’den büyük; şev eğim yönünün 104-144° arasında, şev eğiminin 77°’den büyük ve son olarak şev eğim yönünün 219-259° arasında ve şev eğiminin 73°’den büyük olması durumunda düzlemsel kayma türü yenilmenin meydana gelmesi beklenmektedir.

Düzlemsel kaymaya neden olan şev koşulları stereonet üzerinde Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

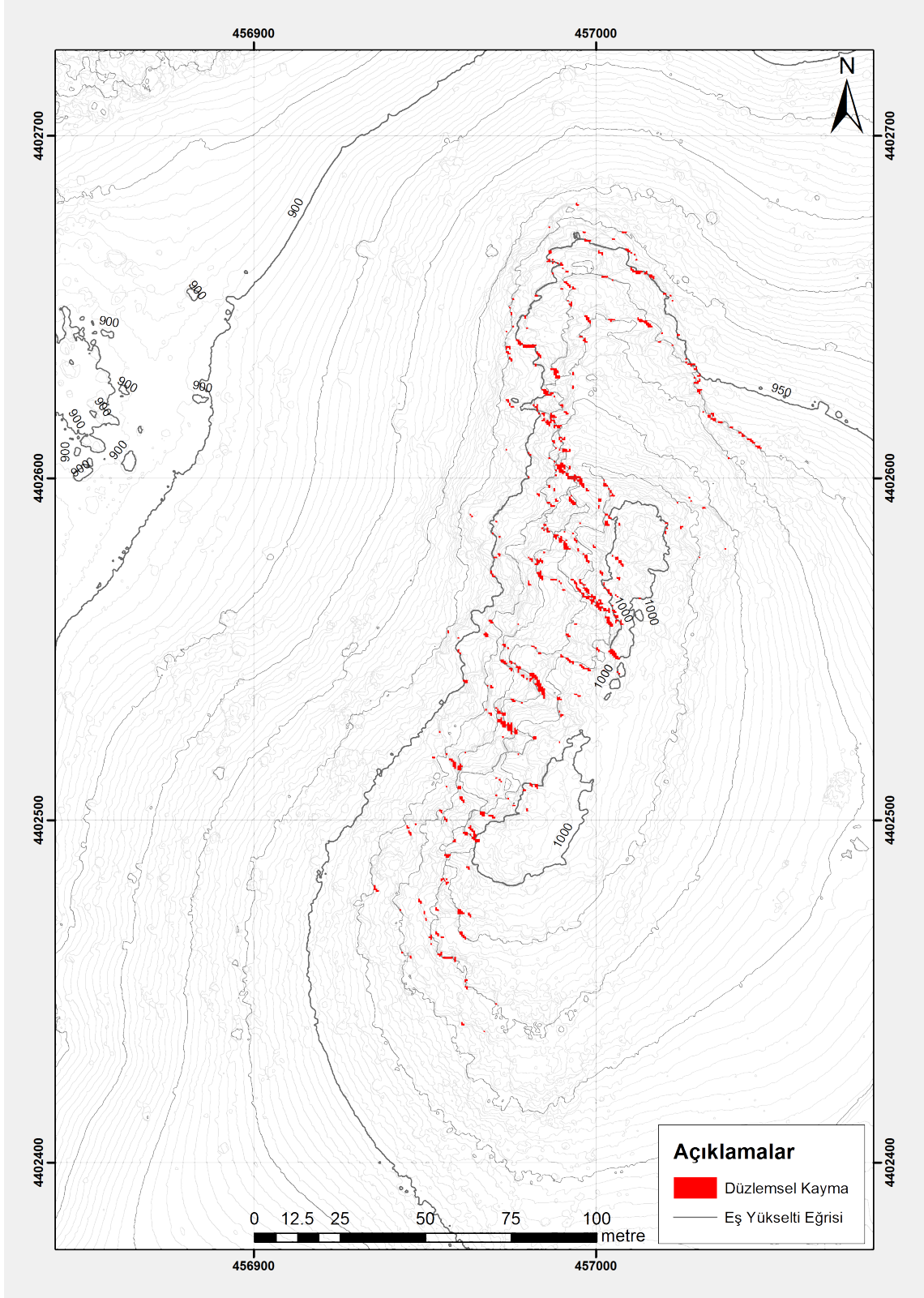


Şekil 3.2. Düzlemsel kaymanın oluştuğu durumların stereonet üzerindeki görünümü.

Çalışma alanı için üretilen yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli işlenerek eğim ve eğim yönleri haritaları üretilmiş olup bu haritalar düzlemsel kayma koşullarını sağlayan durumlar için sınıflandırılarak düzlemsel kayma için kaynak bölgeleri belirlenmiştir. Düzlemsel kaymanın beklendiği başlangıç bölgelerinin 3 boyutlu gösterimi Şekil 3.3'te ve haritası Şekil 3.4'te verilmektedir.



Şekil 3.3. Düzlemsel kaymanın beklendiği başlangıç bölgelerinin 3 boyutlu gösterimi.



Şekil 3.4. Düzlemsel kayma başlangıç bölgeleri haritası.

Genel olarak yapılan kinematik analizler neticesinde, bölgede düzlemsel kayma riski saptanmış ve tartışılmıştır. Çizelge 3.2’de değerlendirilen 4 duruma göre, şev eğim yönü 007-259 arasında ve eğim açısı 73-90 derece arasında olduğu durumlarda düzlemsel kayma duraysızlık tipinin oluşabileceği saptanmıştır.

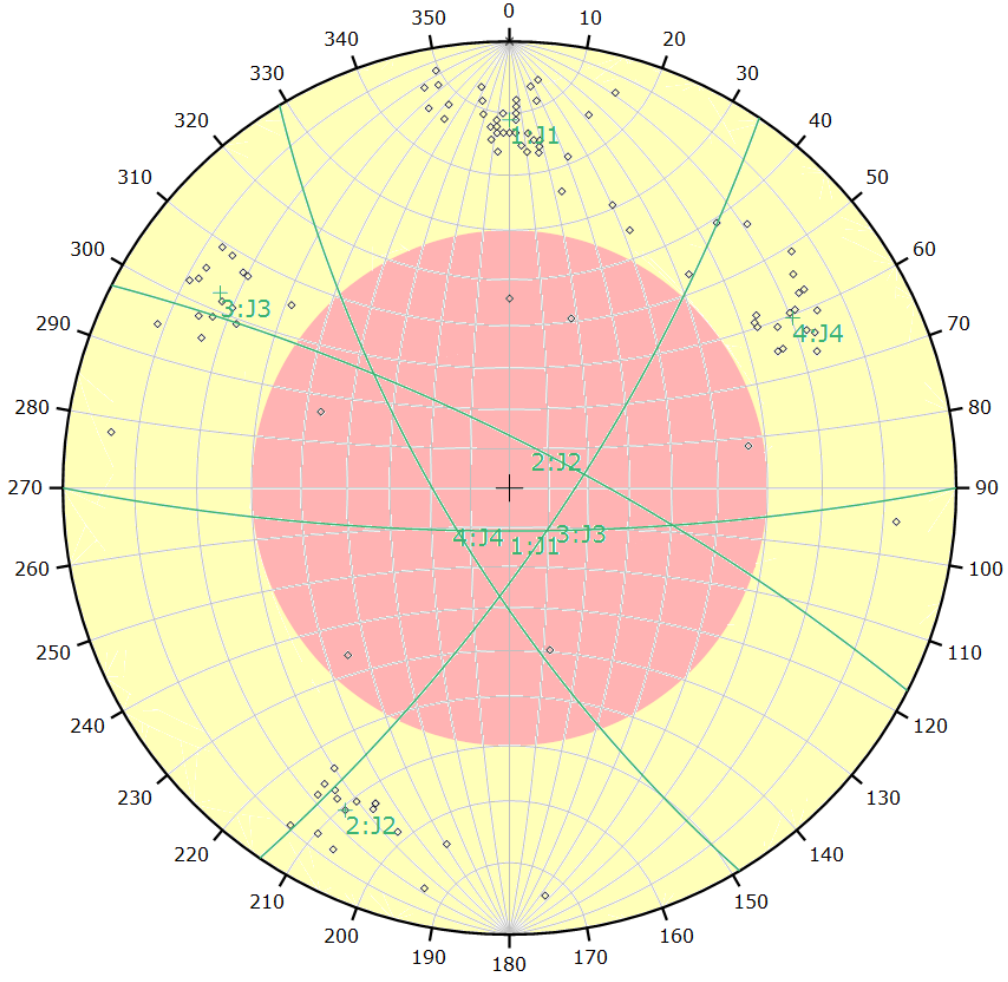
3.2. KAMA TİPİ KAYMA ANALİZİ

Sahada bulunan 4 süreksizlik setinin kama türü kaymaya neden olan şev parametreleri belirlenmiş olup bu parametrelere göre, şev eğiminin 0-46° arasında olduğu durumlarda herhangi bir kama türü yenilmenin olmadığı gözlenmiştir. Şev eğiminin 47-77° arasında olduğu durumlarda farklı şev eğim yönlerine bağlı olarak kama tipi kaymaların meydana geldiği belirlenmiştir. Şev eğiminin 78° ve üzerinde olduğu durumlarda ise şev eğim yönüne bağlı olmaksızın gerçekleşeceği tespit edilmiştir. Kama türü kaymaya neden olan şev eğim ve eğim yönleri Çizelge 3.3’te gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. Kama türü kaymaya neden olan şev eğim ve eğim yönleri.

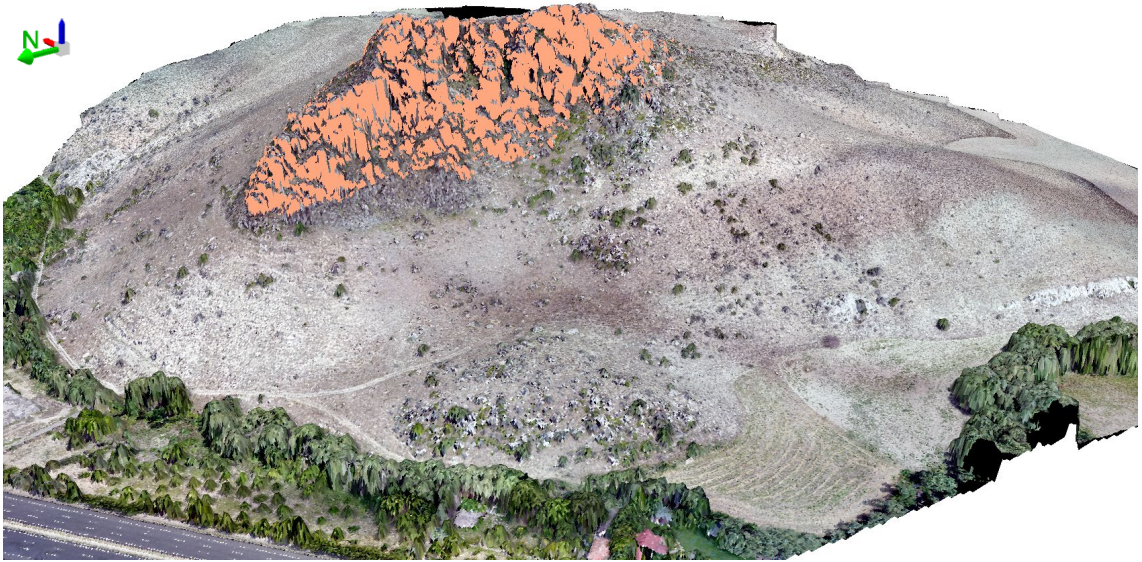
Durum (Şev Eğimi)	Koşullar		
	Şev Eğim Yönü 1	Şev Eğim Yönü 2	Şev Eğim Yönü 3
0-46	-	-	-
47	305-315		
48	295-325		
49	290-330	100-105	
50	090-115	285-335	
51	085-120	280-340	
52	080-125	280-340	
53	075-130	275-345	
54	070-135	275-345	
55	070-135	270-350	
56	065-140	270-350	
57	065-140	265-355	
58	060-145	265-355	
59	060-145	260-360	
60-61	055-150	260-360	
62	055-155	255-005	
63	055-155	255-005	180-195
64	055-155	255-005	170-200
65	045-210	250-010	
66	045-215	250-010	
67-68	045-220	250-010	
69	040-225	245-015	
70	040-230	245-015	
71	040-230	245-015	
72	035-235	245-015	
73-75	035-020		
76	030-020		
77	029-025		
78-90	000-360		

RocScience Dips yazılımı ile yapılan analizler neticesinde kama türü kaymanın oluşum koşulları belirlenmiş olup stereonet üzerindeki görünümü Şekil 3.5'te gösterilmektedir.

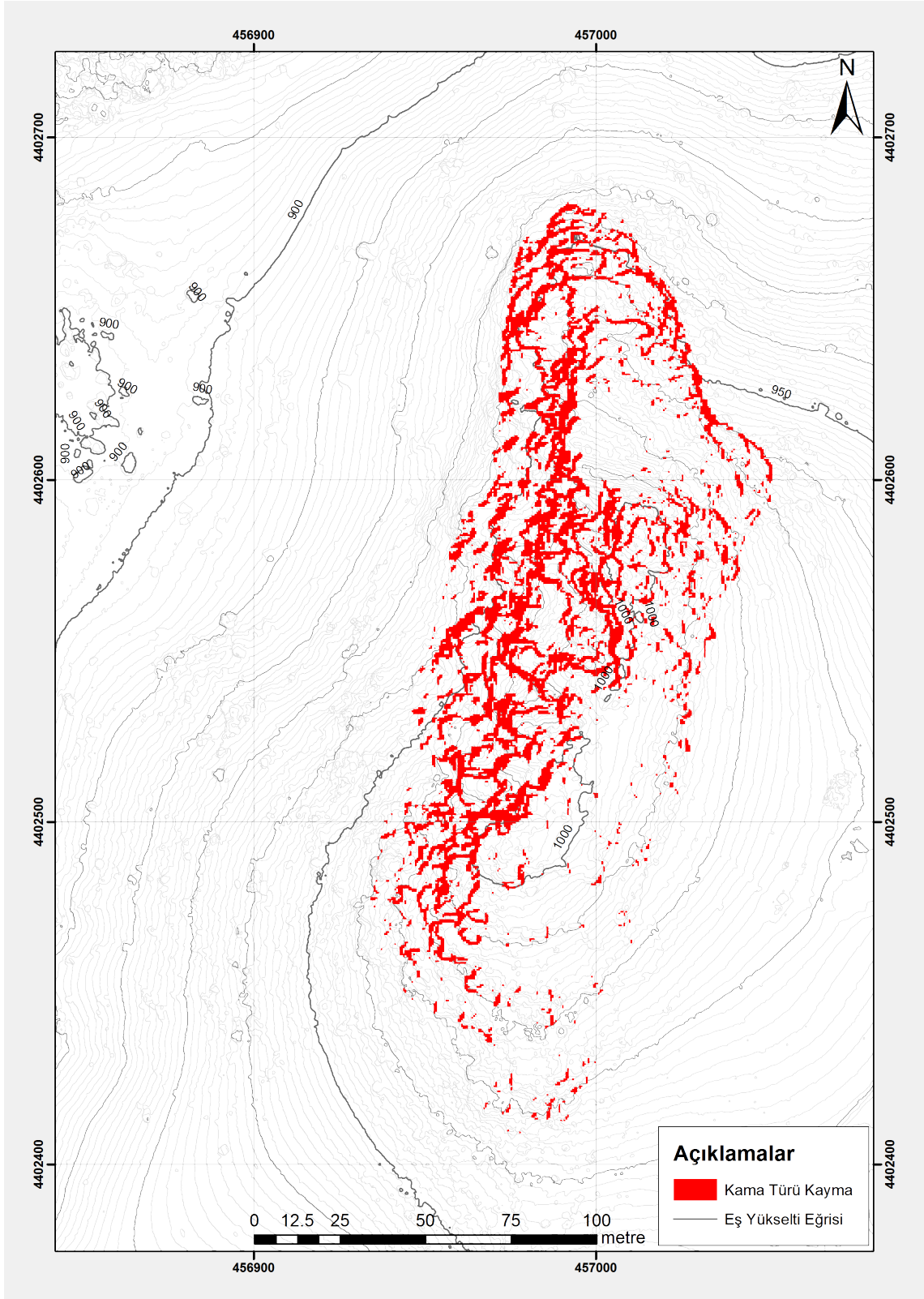


Şekil 3.5. Kama türü kaymanın oluştuğu durumların stereonet üzerindeki görünümü.

Kama tipi kaymanın beklendiği başlangıç bölgelerinin 3 boyutlu gösterimi Şekil 3.6'da ve haritası Şekil 3.7'de verilmektedir.



Şekil 3.6. Kama türü kaymanın beklendiği başlangıç bölgelerinin 3 boyutlu gösterimi.



Şekil 3.7. Kama türü kayma başlangıç bölgeleri haritası.

Kama tipi kaymanın da oluşabilmesi için yine belirli kriterleri sağması gerektiğine dair bilgiler detaylı bir şekilde kaya şevlerinde kinematik analizler başlığı altında sayfa 14’te bahsedilmektedir. Bu kriterlere dayanarak; Kinematik analizler sonucunda, bölgede kama türü kayma riskinin 46°’ye kadar olan şev eğim durumlarında meydana gelebileceği tartışılmıştır. Şev eğiminin 47-77° arasında ise şev eğim yönü 3 koşulda değerlendirilmiştir. Değerlendirilen koşullara göre şev eğim açısı arttıkça şev eğim yönünde meydana gelen farklı frekansların duraysızlık riskine sebebiyet vereceği göz önünde bulundurulmuştur.

3.3. DEVRİLME ANALİZİ

Çalışma sahasından alınan süreksizliklerle belirlenen 4 süreksizlik setinin devrilme türü yenilmeye neden olan şev parametreleri belirlenmiş olup bu parametreler Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

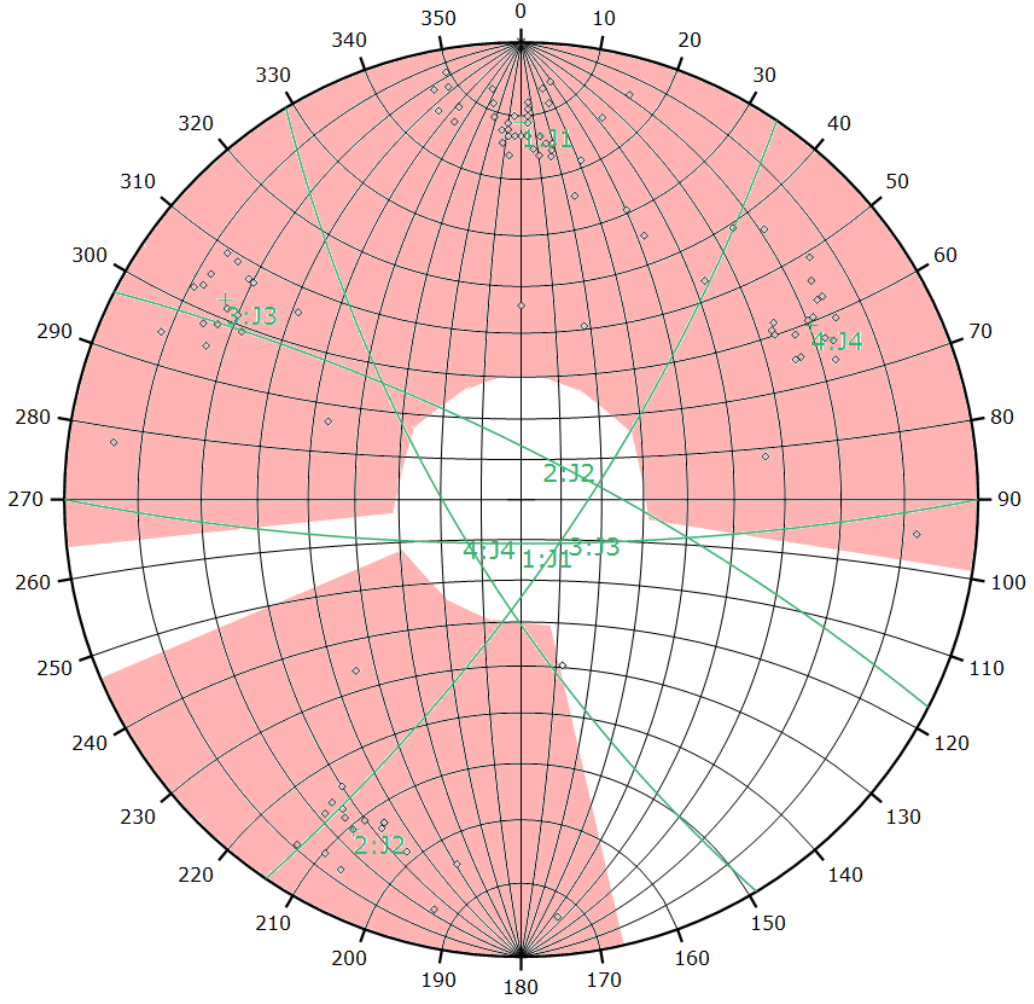
Çizelge 3.3. Devrilme türü yenilmeye neden olan şev eğim ve eğim yönleri.

Durum	Şev Eğim Yönü	Şev Açısı
1	340 – 020	41 - 90
2	187 – 227	42 – 90
3	284 – 324	44 – 90
4	039 – 079	47 – 90

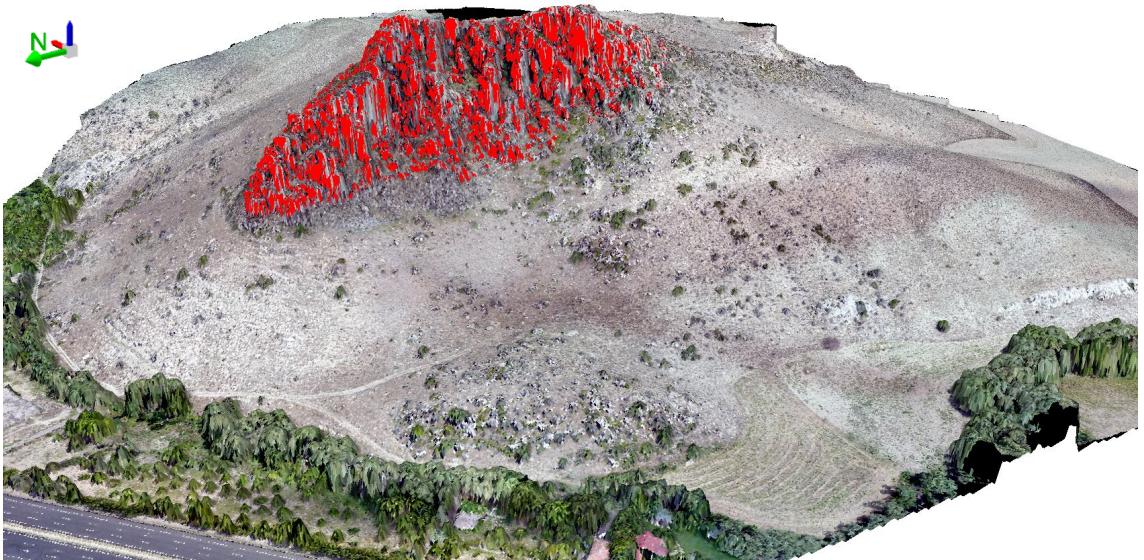
Yapılan analizler sonucunda şev eğim yönünün 340-020° arasında, şev eğiminin 41°’den büyük; şev eğim yönünün 187-227° arasında, şev eğiminin 42°’den büyük; şev eğim yönünün 284-324° arasında, şev eğiminin 44°’den büyük ve son olarak şev eğim yönünün 039-079° arasında ve şev eğiminin 47°’den büyük olması durumunda devrilme türü yenilmenin meydana gelmesi beklenmektedir.

Devrilme türü yenilmeye neden olan şev koşullarının stereonet üzerindeki görünümü Şekil 3.8’de verilmektedir.

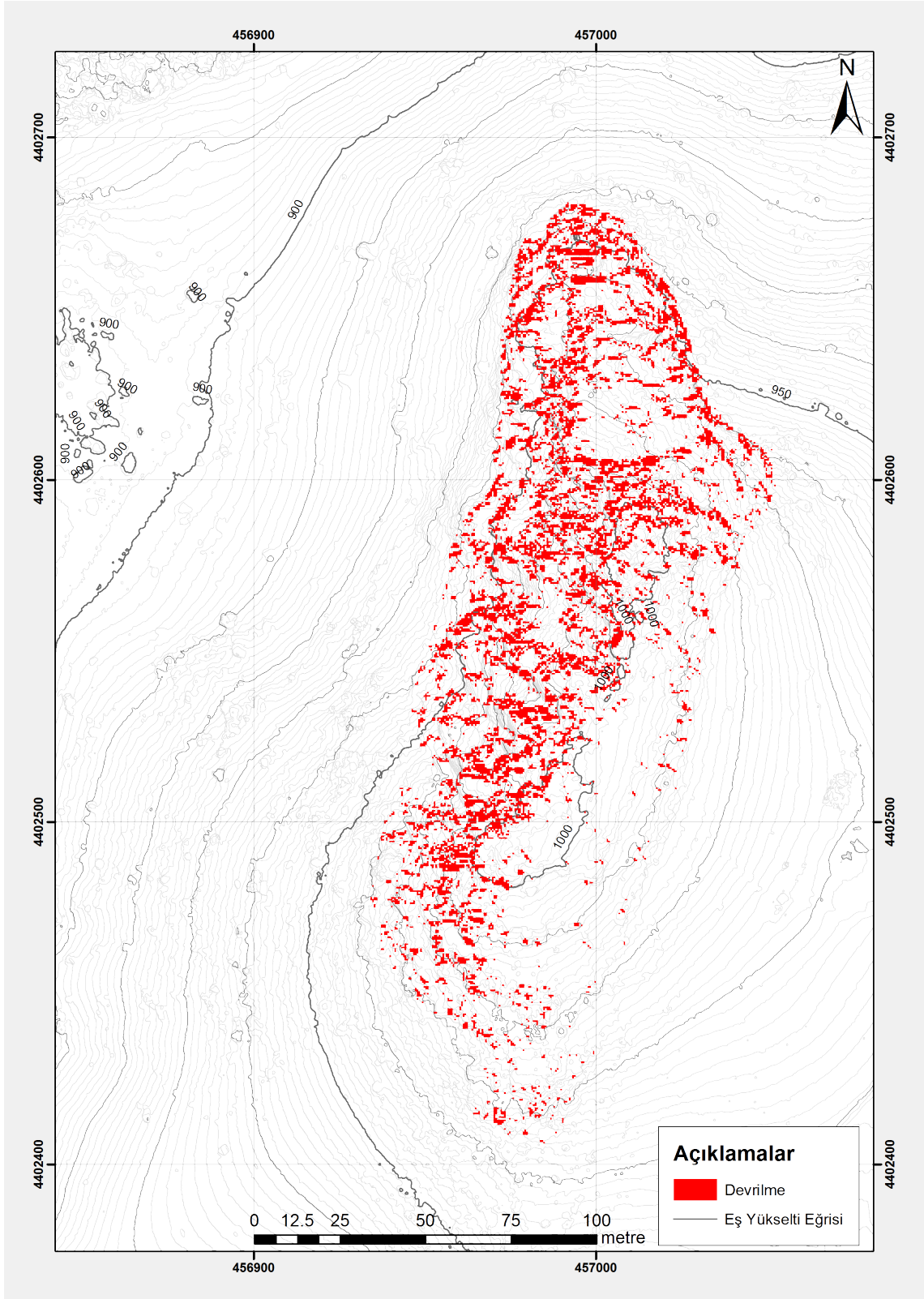
İnsansız hava aracı kullanılarak üretilen yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli işlenerek devrilme türü yenilme koşullarını sağlayan durumlar için kaynak bölgeleri belirlenmiştir. Devrilme türü yenilmelerin beklendiği başlangıç bölgelerinin 3 boyutlu gösterimi Şekil 3.9’da ve haritası Şekil 3.10’da verilmektedir.



Şekil 3.8. Devrilme türü yenilmenin olduğu durumların stereonet üzerindeki görünümü.



Şekil 3.9. Devrilme türü yenilmenin beklendiği başlangıç bölgelerinin 3 boyutlu gösterimi.



Şekil 3.10. Devrilme türü yenilme başlangıç bölgeleri haritası.

Devrilme türü hareketin oluşabilmesi için gerekli olan şartlar (bkn. sf 14-15) göz önünde bulundurulduğunda devrilme hareketinin farklı şev eğim yönü değerlerine bağlı olarak şev açısının 41° 'den büyük olduğu yerlerde meydana gelebileceği tespit edilmiştir. Devrilme türü yenilmeye neden olan şev eğim ve eğim yönleri Çizelge 3.4'te gösterilmektedir.



4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizin topoğrafyasının sarp olması, geniş sahalar içinde yer alan dağların çıplak veya bunlar üzerinde mevcut bitki örtüsünün yetersiz olması, bol yağışlı iklim özellikleri ve ayrışma nedeniyle her yıl ülkemizde birçok yerde zaman zaman can ve mal kayıplarıyla sonuçlanabilen kaya düşmesi olayları meydana gelmektedir. Kaya düşmesi olayları özellikle dağlık bölgelerde sıkça yaşanmaktadır. Bu çalışma kapsamında Ankara ili, Ballıkuyumcu Mahallesi, Kargabedir Tepesinde bulunan yüksek eğimli kayalık kütlelerinin düşme karakteristikleri, kinematik analiz yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve potansiyel kaya düşmesi meydana gelebilecek bölge haritaları hazırlanmıştır.

Çalışma alanı içerisinde bulunan kaya şevlerinden kinematik analiz yapılmak üzere mevcut süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri ölçülmüştür. Yapılan ölçümler neticesinde dört adet süreksizlik seti belirlenmiş olup bu süreksizlik setlerinin hangi şev parametreleri aralığında yenileceği Rocscience Dips yazılımı kullanılarak yapılan kinematik analizler neticesinde ortaya konulmuştur.

Yapılan analizler neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Bölgede düzlemsel kayma yenilmesinin ortalama 73° 'den büyük şev eğimi ve 4 farklı şev eğim yönü aralığında olduğu belirlenmiştir.
2. Devrilme türü yenilmenin şev eğim yönünün Kuzey, Kuzeydoğu, Güneybatı ve Batı olduğu 4 farklı durumda ve ortalama şev eğiminin 41° 'den büyük olduğu durumlarda meydana geldiği saptanmıştır.
3. Bölgede belirlenen 4 farklı süreksizlik setinin kesişimleri göz önünde bulundurulduğunda, kama tipi kayma türü yenilmenin eğimin 47° ve üstünde olduğu her durumda, şev eğim yönünden bağımsız olarak meydana geldiği tespit edilmiştir.
4. Her üç yenilme türü için düşen kaya bloklarının kaynak bölgesinin kuzeybatısında bulunan tarım yolunu tehdit ettiği ancak konutların etkilenmediği belirlenmiştir.
5. Düşen kaya bloklarının, arazinin çıplak olduğu yerlerde daha uzun mesafelere kadar ulaşabilirken aynı eğime sahip ancak bitki örtüsü olan yerlerde daha kısa mesafelere

erişebildiği görülmektedir. Bu durum kaya düşmesi sahalarında, ağaç varlığının akma bölgesindeki katkısını ortaya koymaktadır.

6. Taş ve kaya yuvarlanmaları özellikle dağlık bölgelerde yerleşim yerlerini, insan hayatını, yol vb. alt yapı tesislerini ve orman ekosistemini tehdit eden doğal olayların başında yer almaktadır.

Yüksek dağ ormanlarının en önemli faydalarından biri insan yaşamının ve alt yapı tesislerinin güvenliğini doğal afetlere karşı korumasıdır. Zira ormanlar; çığ, taş ve kaya yuvarlanmaları, sel vb. doğal afetlere karşı özellikle eğimli dağlık yamaçlarda belirgin bir şekilde koruma vazifesi yapmaktadırlar. Bu nedenle bu nevi ormanlar gün geçtikçe daha büyük önem kazanmaktadır.

Yurdumuzdaki dağlık bölgelerde çığ, taş ve kaya yuvarlanmaları, erozyon ve sel gibi doğal afetlere karşı koruyucu fonksiyonu olan dağ ormanlarının tespit edilmesi, sahip olması gereken özellikler, işletilme esasları vb. konular bilimsel araştırmalara konu olmaya başlamıştır.

Bu çalışma, ormanların planlanmasında taş-kaya yuvarlanması olasılığının yüksek olduğu kaynak bölgelerin tespit edilmesi ve haritalanması suretiyle hangi alanların koruyucu orman kuşağı olarak ayrılması gerektiği ve bu ormanların işletilme esaslarının belirlenmesinde planlayıcılara destek sağlayacaktır.

7. Alt yapı ve üst yapı çalışmalarının planlanmasında taş ve kaya yuvarlanmasından kaynaklanan zararların azaltılmasında kinematik analizlerle oluşturulmuş altlık haritaların planlayıcı ve karar vericiler tarafından kullanılması, planlanan alt ve üst yapı çalışmalarının daha güvenli yerlerde yapılmasını sağlayacağından, faydalı olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Aksoy, H., & Ercanoğlu, M. (2006). Determination of the rockfall source in an urban settlement area by using a rule-based fuzzy evaluation. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6(6), 941-954.
- Acosta, E., Agliardi, F., Crosta, G. B., & Rios Aragues, S. (2007). Regional rockfall hazard assessment in the Benasque Valley (Central Pyrenees) using a 3D numerical approach. İçinde *4th EGS Plinius Conference–Mediterranean Storms*.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dager, Z., Soysal, Y., & Sunu, O. (1980). *Eldivan-Şabanözü (Çankırı) ve Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi*. MTA rapor no. 6741, Ankara.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepsen, N., Pehlivan, S., Sunu, O., Soysal, Y., Dager, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H., & Hakyemez, Y. (1982). *Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisi*, MTA Enstitü., Derleme rapor no. 7298, Ankara.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepsen, N., Pehlivan, S., Sunu, O., Soysal, Y., Dager, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H., & Hakyemez, Y. (1984). Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri, *Jeoloji Mühendisliği*, 20(1), 31-46.
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., & Yasar, T. (1996). *Ankara İlinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklar projesi*, Derleme no. 9961, Ankara.
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S., & Yaşar, T. 1997. *Ankara, Türkiye 1:100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 55, Ankara-F15 Paftası Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi*, Ankara.
- Alemdag, S., Akgun, A., Kaya, A., & Gokceoglu, C. (2014). A large and rapid planar failure: causes, mechanism, and consequences (Mordut, Gumushane, Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 7(3), 1205-1221.
- Alemdağ, S., Gürocak, Z., & Özkirişçi Oktay, C. (2015). Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) karayolundaki kaya şevlerinin kinematik ve limit denge yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1(1-2), 1-10.
- André, M. (2003). Do periglacial landscapes evolve under periglacial conditions?. *Geomorphology*, 52(1-2), 149-164.
- Chandler, R. (1978). Principles of engineering geology. *Earth Surface Processes*, 3(1), 102-102.
- Attewell, P. B., & Farmer, I. W. (1976). *Principles of engineering geology*. Chapman and Hall, London.
- Aydın A. (2007). Ormanlık alanlarda taş ve kaya yuvarlanmaları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 57(2), 127-144.

- Aydin, A., Köse, N., Akkemik, Ü., & Yurtseven, H. (2012). Assessment and analysis of rockfall-caused tree injuries in a Turkish fir stand: A case study from Kastamonu-Turkey. *Journal of Mountain Science*, 9(2), 137-146.
- Aydın A., & Eker, R. (2017). Forest mapping against rockfalls on a regional scale in Inebolu of Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2), 136-149.
- Barton, N. (1976). The shear strength of rock and rock joints. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 13(9), 255-279.
- Baillifard, F., Jaboyedov, M., Rouiller, D., Robichaud, G. R., Locat, P., Locat, J., & Hamel, G. (2004). Towards a GIS-based rockfall hazard assessment along the Quebec City Promontory, Quebec, Canada. İçinde *Landslides: evaluation and stabilization*. (ss. 207-214). London: Balkema, Taylor & Francis Group.
- Bisci, C., Dramis, F., & Sarriso-Valvo, M. (1996). Rock flow. İçinde *Landslide recognition: identification, movement and causes* (ss 172-184). U.S.A.: Chichester New York.
- Blais-Stevens, A., & Hungr, O. (2008). Landslide Hazards and their mitigation along the sea to sky corridor, British Columbia. İçinde *4th Canadian Conference on Geohazards: from causes to management* (ss. 220–225).
- Birgili, S., Yoldaş, R., & Ünalın, G. 1975, *Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları*, rapor no 5621, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Berger, F., Quétel, C., & Dorren, L. K. (2002). Forest: a natural protection mean against rockfalls, but with which efficiency. İçinde *International congress INTERPRAEVENT* (ss. 815-826).
- Bloetzer, W., & Stoffel, M. (1998). Klimawandel als Herausforderung für die Raumplanung der Vispertäler. *Klimaänderungen und Naturgefahren in der Raumplanung—Methodische Ansätze und Fallbeispiele*. (ss. 127-200) Zürich: Vdf Hochschulverlag AG.
- Bull, W., King, J., Kong, F., Moutoux, T., & Phillips, W. (1994). Lichen dating of coseismic landslide hazards in alpine mountains. *Geomorphology*, 10(1-4), 253-264.
- Bull, W., & Brandon, M. (1998). Lichen dating of earthquake-generated regional rockfall events, Southern Alps, New Zealand. *Geological Society of America Bulletin*, 110(1), 60-84.
- Canmet 1977, Laboratory tests for design parametres. In Pit Slope Manual of Canmet, Supplement 3-2, Report no 77-26, Canada Centre for Mineral and Energy Technology, Canada.
- Canmet (1977). Pit slope manual, supplement 3-2. Laboratory tests for design parameters. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 14(4), 68-72.
- Canmet 1981, *Pit Slope Manual: Chapter 2, Structural Geology*, Canmet Report no 77-41, Canada Centre for Mineral and Energy Technology, Canada.
- Chiessi, V., D'Orefice, M., Scarascia Mugnozza, G., Vitale, V., & Cannese, C. (2010). Geological, geomechanical and geostatistical assessment of rockfall hazard in San Quirico Village (Abruzzo, Italy). *Geomorphology*, 119(3-4), 147-161.

- Corominas J., Remondo J., Farias p., Estevão M., Zézere J., Diaz de Terán J., Dikau R., Schrott L., Moya J., & González A. (1996) – Debris flows. İçinde *Landslide Recognition: Identification, Movement and Causes*. U.S.A.: Chichester New York.
- Cruden, D. (1991). A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43(1), 27-29.
- Cruden, D.M., & Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, *Special Report - National Research Council, Transportation Research Board*, 247(1), 36-75.
- De Blasio, F. V. (2011). *Introduction to the physics of landslides: lecture notes on the dynamics of mass wasting*. Springer Science and Business Media.
- Diedrich, M.S., & Hoek, E., (1989). *DIPS: A computer program for stereographic net (ver. 2.2, Advanced Version)*.U.S.A: Rock Engineering Group, Department of Civil Engineering, University of Toronto, Canada.
- Dikau, R., Brunsden, D., Schrott, L., & Ibsen, M. L. (1996). *Landslide recognition: identification, movement and causes, International Association of Geomorphologists*. U.S.A.: John Wiley and Sons, Chichester.
- Dorren, L. (2003). A review of rockfall mechanics and modelling approaches. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 27(1), 69-87.
- Dorren, L., & Seijmonsbergen, A. (2003). Comparison of three GIS-based models for predicting rockfall runout zones at a regional scale. *Geomorphology*, 56(1-2), 49-64.
- Eker, R., Aydın, A. and Hübl, J. (2017). Unmanned aerial vehicle (UAV)-based monitoring of a landslide: Gallenzerkogel landslide (Ybbs-Lower Austria) case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(1), 36-45.
- Eker, R., (2018). Unmanned aerial vehicle (UAV)-based monitoring of a landslide: Gallenzerkogel landslide (Ybbs-Lower Austria) case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(1), 12-18.
- Ergünay, O. (2007). Türkiye'nin Afet Profili. Türkiye: *TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İMO Kongre ve Kültür Merkezi, Ankara.
- Erismann, T. and Abele, G. (2001). *Dynamics of rockslides and rockfalls*. Berlin: Springer.
- Fell, R., Ho, K., Lacasse, S., & Leroi, E. (2005). A framework for landslide risk assessment and management, İçinde *Landslide risk management*. London: Taylor and Francis Group.
- Ferrari, F., Giacomini, A. and Thoeni, K. (2016). Qualitative Rockfall Hazard Assessment: A Comprehensive Review of Current Practices. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 49(7), 2865-2922.
- Fookes, P. G., & Denness, B. (1969). Observational studies on fissure patterns in Cretaceous sediments of south-east England. *Geotechnique*, 19(4), 453-477.
- Gardner, J. (1970). Rockfall: a geomorphic process in high mountain terrain. *Albertan Geographer*, 6(4), 15-20.
- Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A. (2008). *Türkiye'de Afetlerin Mekânsal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri*. Türkiye: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.

- Gokceoglu, C., Sonmez, H. and Ercanoglu, M. (2000). Discontinuity controlled probabilistic slope failure risk maps of the Altindag (settlement) region in Turkey. *Engineering Geology*, 55(4), 277-296.
- Gokceoglu C., Sonmez H., Ercanoglu M., (2000). Discontinuity controlled probabilistic slope failure risk maps of the Altındağ (settlement) region in Turkey, *Engineering Geology*, 55, 277-296.
- Goodman, R. (1989). *Introduction to rock mechanics*. New York: John Wiley.
- Gurocak, Z. ve Alemdağ, S. (2002). Kapıkaya (Malatya) Baraj Yerindeki Kaya Şevlerinin Kinematik Açından Değerlendirilmesi, *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 19(2), 151-164.
- Gurocak, Z., Alemdag, S., & Zaman, M. (2008). Rock slope stability and excavatability assessment of rocks at the Kapıkaya dam site, Turkey. *Engineering Geology*, 96(1-2), 17-27.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., & Wieczorek, G. (2003). Rockfall hazard and risk assessment in the Yosemite Valley, California, USA. *Natural Hazards and Earth System Science*, 3(6), 491-503.
- Guzzetti, F., & Reichenbach, P. (2010). Rockfalls and their hazard. İçinde *Tree Rings and Natural Hazards: A Stare-of-the-Art. Advances in Global Change Research* (ss. 129–137). Dordrecht: Springer.
- Gsteiger, P. (1993). Rockfall protection forest: A Contribution to the definition, assessment and management. *Swiss Journal of Forestry* 144, 115–132.
- He, Y., & Beighley, R. (2008). GIS-based regional landslide susceptibility mapping: a case study in southern California. *Earth Surface Processes and Landforms*, 33(3), 380-393.
- Heidenrich, B. (2004). ‘Small and Half Scale Experimental Studies of rockfall impacts on sandy slopes’, Doktora Tezi, EPFL, Lausanne, Switzerland.
- Hinchliffe, S., & Ballantyne, C. K. (1999). Talus accumulation and Rockwall retreat, Trotternish, isle of Skye, Scotland. *Scottish Geographical Journal*, 115(1), 53-70.
- Hoek, E., & Bray, J. (1977). *Rock slope engineering*. London: The Institution of Mining and Metallurgy.
- Hoek, E., & Bray J. W. (1981). *Rock slope engineering*. London: The Institution of Mining and Metallurgy.
- Hungr, O., Fell, R., Couture, R., & Eberhardt, E. (2005). *Landslide Risk Management*. Philadelphia: Taylor & Francis Group.
- ISRM, (1978). Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 16(2), 22-25.
- ISRM, (2007). The complete isrm suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006. İçinde *Suggested Methods prepared by the Commission on Testing Methods*, Türkiye: Kozan Ofset, Ankara.
- Jenning, J.E. (1970). A mathematical theory for the calculation of the stability of open cast mines. İçinde: *Protection Symposium* (ss. 87-112).

- Kaba, E. (2017). 'Heyelanlarda Stabilité Yöntemleri ve Geogrid Donatılı Duvar Kullanılarak Bir Heyelanın Stabilizasyonu', Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.
- Kentli, B., & Topal, T. (2004). Assessment of rock slope stability for a segment of the Ankara–Pozantı motorway, Turkey. *Engineering Geology*, 74(1-2), 73-90.
- Kjekstad, O., & Highland, L. (2009). Economic and social impacts of landslides. İçinde *Landslides–disaster risk reduction* (ss. 573-587). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Košťák, B., Dobrev, N., Zika, P., & Ivanov, P. (1998). Joint monitoring on a rock face bearing an historical bas-relief. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 31(1), 37-45.
- Lambert, S., & Nicot, F. (2011). *Rockfall Engineering*. John Wiley & Sons, Hoboken.
- Larcher, V., Simoni, S., Pasquazzo, R., Strada, C., Zampedri, G., & Berger, F. 2012. *Rockfall and Forecast Systems*, media realese, 29 Mayıs, WP6 guidelines, PARAMount Project, 30 Mayıs 2019, <http://paramount-project.eu/downloads/33_WP6_Act6.1_rockfall_guidlines_PP3_PP4_PP10.pdf>.
- Soeters, R., & Van Westen, C. J. (1996). Slope instability recognition, analysis and zonation. *Landslides: investigation and mitigation*, 247, 129-177.
- Luckman B.H. (2013). Processes, Transport, Deposition, and Landforms: Rockfall. İçinde *Treatise on Geomorphology* (ss. 174-182). San Diego: Academic Press.
- Matsuoka, N., & Sakai, H. (1999). Rockfall activity from an alpine cliff during thawing periods. *Geomorphology*, 28(3-4), 309-328.
- McMahon, B. K., (1971). A statistical method for the design of rock slopes. İçinde *Proceedings of 1st Australia - New Zealand Geomechanics Conference*, Melbourne, (ss. 314-321).
- Michoud, C., Derron, M., Horton, P., Jaboyedoff, M., Baillifard, F., Loyer, A., Nicolet, P., Pedrazzini, A., & Queyrel, A. (2012). Rockfall hazard and risk assessments along roads at a regional scale: example in Swiss Alps. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(3), 615-629.
- Mills, H. (1991). Temporal Variation of Mass-Wasting Activity in Mount St. Helens Crater, Washington, U.S.A. Indicated by Seismic Activity. *Arctic and Alpine Research*, 23(4), 417.
- Multilingual landslide glossary , The Canadian Geotechnical Society 1993, görüntülenme tarihi 27 mayıs 2019, <<http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/>>.
- Norrish, N.I., & Wyllie, D.C. (1996). Rock slope stability analysis. İçinde *Landslides: Investigation and Mitigation*, National Academy Press, (s. 397).
- Nugraha, M. G., Kirana, K. H., Srigutomo, W., & Saepuzaman. D. (2017). The prediction of rockfall run-out using CRSP 3D: A case study at Gunung Batu, Pertanika, *Journal of Science and Technology*. 25, 47-56.
- Önalp, A., & Arel, E. (2004). *Geoteknik Bilgisi II Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği*, Türkiye: Birsen Yayınevi, İstanbul.

- Özvan, A., Dinçer, İ., Gökoğlu, A., & Sevimi, U.İ. (2010). “Kaya Kütle Özelliklerinin Şev Tasarımına Etkisi (Kahramanmaraş-Gaziantep Devlet Yolu)” *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 23(1), 1-8.
- Paronuzzi P (2009). Field evidence and Kinematical back-analysis of block rebounds: The Lavone Rockfall, Northern Italy. *Rock Mechanics and Rock Engineering* 42 (5), 783–813.
- Perret, S., Dolf, F., & Kienholz, H. (2004). Rockfalls into forests: Analysis and simulation of rockfall trajectories - considerations with respect to mountainous forests in Switzerland. *Landslides*, 1(2), 123-130.
- Processing steps 2019. Görüntülenme tarihi 27 Mayıs 2019 <<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/115002472186-Processing-steps>>.
- Raetzo, H., Lateltin, O., Bollinger, D., & Tripet, J. (2002). Hazard assessment in Switzerland - Codes of Practice for mass movements. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 61(3), 263-268.
- Rapp, A. (1960). Recent Development of Mountain Slopes in Kärkevagge and Surroundings, Northern Scandinavia. *Geografiska Annaler*, 42(2-3), 65-200.
- Ritchie, A.M. (1963). Evaluation of rockfall and its control. Highway Research Record 17. U.S.A.: Highway Research Board, National Research Council, Washington, DC, (ss. 13–28).
- Porter, S.C., & Orombelli, G. (1981). Alpine rockfall hazards. *American Scientist* 69, (ss. 67–75).
- Priest, S., & Hudson, J. (1981). Estimation of discontinuity spacing and trace length using scanline surveys. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 18(3), 183-197.
- Schrott, L., Dikau, R., & Brunsden, D. (1996). Soil Flow, in *Landslide recognition: identification, movement and causes*. U.S.A.: John Wiley & Sons.
- Topal, T., Akin, M., & Ozden, U. (2007). Assessment of rockfall hazard around Afyon Castle, Turkey. *Environmental Geology*, 53(1), 191-200.
- Tudes, S., Ceryan, S., & Bulut, F. (2012). Geoenvironmental evaluation for planning: an example from Gumushane City, close to the North Anatolia Fault Zone, NE Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 71(4), 679-690.
- Tuncay, E., & Ulusay, R. Süreksizlik denetimli şev duraysızlıklarının değerlendirilmesinde olasılığa dayalı kinematik analiz yaklaşımı ve bir uygulama. *Yerbilimleri Dergisi*, 21(22), 205-222.
- Uyuklu, Y. (2011). ‘Ayrışmış Granodiyoritlerde Şev Duraylılığının İncelenmesi, Köprübaşı Barajı’, Yüksek lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Varnes, D.J. (1978). Slope movement types and processes. İçinde *Landslides-Analysis and control*. National Research Council (ss. 11–33). U.S.A.: Washington, D.C., Transportation Research Board.
- Yılmaz, I., Marschalko, M., Yildirim, M., Dereli, E., & Bednarik, M. (2012). GIS-based kinematic slope instability and slope mass rating (SMR) maps: application to a railway route in Sivas (Turkey). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 71(2), 351-357.

- Yoon, W., Jeong, U., & Kim, J. (2002). Kinematic analysis for sliding failure of multi-faced rock slopes. *Engineering Geology*, 67(1-2), 51-61.
- Walter, M., Arnhardt, C., & Joswig, M. (2012). Seismic monitoring of rockfalls, slide quakes, and fissure development at the Super-Sauze mudslide, French Alps. *Engineering Geology*, 128, 12-22.
- Wieczorek, G., & Jäger, S. (1996). Triggering mechanisms and depositional rates of postglacial slope-movement processes in the Yosemite Valley, California. *Geomorphology*, 15(1), 17-31.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. (2004). *Rock Slope Engineering. Civil and Mining*. U.S.A.: Spon Press. New York.
- Zanbak, C. (1977). Statistical interpretation of discontinuity contour diagrams. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 14(3), 111-120.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Beytullah FİDAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 20.09.1974 Diyarbakır
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : bfidan99@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Orman Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2019
Ön Lisans	Adalet	Anadolu Üniversitesi	2017
Lisans	Kamu Yönetimi	Anadolu Üniversitesi	2009
Lisans	Orman Mühendisliği	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi	1998
Lise		Diyarbakır Fatih Lisesi	1993