

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SARISU-KEMER (ANTALYA) ARASINDAKİ JEOLojİK YAPILARIN
OLASI MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Nuh ARSLAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

TEMMUZ 2020

ANTALYA

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

**SARISU-KEMER (ANTALYA) ARASINDAKİ JEOLojİK YAPILARIN
OLASI MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

**Nuh ARSLAN
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2020

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SARISU-KEMER (ANTALYA) ARASINDAKİ JEOLojİK YAPILARIN
OLASI MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Nuh ARSLAN
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 08/07/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

Prof. Dr. Cihat ALÇİÇEK

Dr. Öğr. Üyesi Özgür AKTÜRK

ÖZET

SARISU-KEMER (ANTALYA) ARASINDAKİ JEOLJİK YAPILARIN OLASI MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Nuh ARSLAN

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

Temmuz 2020, 79 sayfa

Antalya ili Sarısu- Kemer arasındaki jeolojik yapıların olası mühendislik problemleri üzerine etkilerini araştırmak için yapılan bu çalışmada, karayolları ve çevresinde bulunan şevler incelenmiştir. Bu şevlerin süreksizlik özellikleri incelenerek, duraylılıkları kinematik analizlerle belirlenmiştir.

Çalışma alanında yer alan birimler Prekambriyenden günümüze kadar oluşmuş olan kayaç birimlerinden meydana gelmektedir. Bu kayaç birimleri allohton yapı göstermekte olup bunlar Antalya Nap'ları veya Antalya Birlikleri olarak adlandırılmaktadır. Antalya Nap'ları alttan üste doğru; Çataltepe Nap'ı, Alakırçay Nap'ı, Tahtalıdağ Nap'ı, ve Tekirova Ofiyolit Nap'ından meydana gelmektedir. Bu birimlerin üstünü Tersiyer-Kuvaterner yaşlı çökeller örtmektedir. Süreksizliklerin ölçüldüğü şevler genellikle Tahtalıdağ Nap'ı ve Tekirova Ofiyolitleri içerisindeki Kırdirek formasyonunda yer almaktadır.

Çalışma alanında yer alan kaya kütlelerinde; süreksizlikler genellikle yakın, orta ve yer yer geniş aralıklı, genellikle dolgusuz ve yer yer kısmen dolgulu, orta geniş, orta dar, dar açıklığa sahip, 2, 3 ve 4 pürüzlü- dalgalı, orta- yüksek devamlılığa sahip kaya kütleleri olarak sınıflandırılmıştır.

İnceleme alanında yer alan kaya birimlerini oluşturan yamaçlarda, olası kinematik kontrollü şev duraysızlıklarının belirlenebilmesi için dört lokasyonda kinematik analizler yapılmıştır. Buna göre 1, 2 ve 3 nolu şevlerde süreksizlik denetimli herhangi bir duraysızlık beklenmemektedir. Diğer lokasyonlarda yer alan şevlerde ise; 4, 5 ve 7 nolu şevlerde düzlemsel kayma, 6, 8 ve 11 nolu şevlerde düzlemsel ve kama türü yenilme, 9 ve 10 nolu şevlerde sadece kama türü yenilmenin olabileceği belirlenmiştir. Dördüncü lokasyonda yer alan 12 nolu şev yüzeyinde ise 55/028 duruşlu fay düzlemi boyunca düzlemsel bir yenilmenin meydana geldiği belirlenmiş ve bu yenilmenin nedenleri ve sonuçları incelenmiştir. Bu çalışmada kinematik analizler sonucunda düzlemsel ve kama türü duraysızlıkların gelişebileceği olası şev yönelimleri ve lokasyonlar belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 11 şevlerin duraysız olduklarını göstermiştir. Şev eğim açılarının mevcut eğim yönü değiştirilmeden sırasıyla; 65°, 46°, 77°, 36°, 53°, 60°, 71°, 68° ye düşürülmesi ile süreksizliklere bağlı duraysızlık problemlerinin ortadan kalkacağı tespit edilmiştir. 12 nolu şev yüzeyinde görülen düzlemsel kayma türündeki

duraysızlığın ise KD yönünde kayma oluşturduğu, bu kaymanın şev yüzeyi ile aynı konuma sahip 58/028 duruşlu normal fay düzlemi olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Antalya, Heyelan, Kemer, Kinematik analiz, Şev Stabilitesi,

JÜRİ: Prof. Dr. Cihat ALÇİÇEK

Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

Dr. Öğr. Üyesi Özgür AKTÜRK



ABSTRACT

THE EFFECTS OF GEOLOGICAL STRUCTURES BETWEEN SARISU-KEMER (ANTALYA) ON POSSIBLE ENGINEERING PROBLEMS

Nuh ARSLAN

MSc Thesis in Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Volkan ÖZAKSOY

July 2020, 79 Pages

In this study, which was conducted to investigate the effects of geological structures between Sarısu and Kemer of Antalya on possible engineering problems, the slopes in and around the highways were examined. The discontinuity properties of these slopes were examined and their stability was determined by kinematic analysis.

The units in the study area consist of rock units that have been formed from Precambrian to the present day. These rock units show allochthonous structure and are called Antalya Nappes or Antalya Units. Antalya Nappes from bottom to top; It consists of Çataltepe Nap, Alakırçay Nap, Tahtalıdağ Nap, and Tekirova Ophiolite Nap. Tertiary-Quaternary sediments cover these units. The slopes where the discontinuities are measured are generally located in Tahtalıdağ Nap and Kırkdirek formation within Tekirova Ophiolites.

In the rock masses in the study area; the discontinuities are generally classified as: close, medium and partly wide spaced; generally unfilled and partially filled; medium wide, medium narrow, narrow span; 2nd, 3rd and 4th class of rough-wavy and medium-high continuity rock masses.

Kinematic analyzes were carried out at four locations on the slopes that form rock units in the study area to determine possible kinematic controlled slope instability. Accordingly, no instability with discontinuity control is expected in slopes 1, 2 and 3. In the slopes in other locations; It has been determined that there can be planar slip in slopes 4, 5 and 7, planar and wedge type defeat in slopes 6, 8 and 11, only wedge type defeat in slopes 9 and 10. On the slope 12 which is at forth location, it was determined that a flattened defect occurred along the fault plane with 55/028 stance, and the causes and results of this defeat were examined. In this study, possible slope orientations and locations where planar and wedge-type instabilities may develop were determined as a result of kinematic analysis. These evaluations showed that 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 slopes were unstable. Without changing the current slope direction, it has been determined that by reducing slope direction to 65°, 46°, 77°, 36°, 53°, 60°, 71°, 68° instability problems due to discontinuities will disappear. It has been determined that the instability in the planar slip type seen on the slope 12 is a slip in the northeast direction and this slip is the normal fault plane with 58/028 posture, which has the same position as the slope surface.

KEYWORDS: Antalya, Discontinuity, Kemer, Kinematic analysis, Slope Stability,

COMMITTEE: Prof. Dr. Cihat ALÇİÇEK

Assoc. Prof. Volkan ÖZAKSOY

Asst. Prof. Özgür AKTÜRK



ÖNSÖZ

Antalya ilinin yağış ve topografik özellikleri düşünüldüğünde, dağlarda doğal olarak bulunan veya kazılarak oluşturulan şevlerin kütle hareketlerine ve bu hareketler nedeniyle mühendislik problemlerine (aktif kullanılan karayolu, tüneller ve eski karayolu üzerindeki geçiş noktaları) neden olabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle kütle hareketlerine kaynak oluşturan söz konusu şevlerin kinematik açıdan değerlendirilmesi ve kaynak bölgelerin saptanması oldukça önemli görülmektedir. Yapılan literatür taramasında Antalya ili Sarısu-Kemer bölgesindeki süreksizlik yapılarının olası mühendislik problemleri üzerine etkisini değerlendiren herhangi bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Tüm bu bilgiler ışığında çalışmanın amacı, Antalya ili Sarısu-Kemer Bölgesi'ndeki jeolojik yapılarda yer alan süreksizliklerin olası mühendislik problemlerine etkisini incelenmekte ve tehlike arz eden bölgelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma boyunca bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren Danışmanım Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY'a ve arazi çalışmalarımda emeklerini esirgemeyen arkadaşım Jeoloji Mühendisi Sevil KARAKAŞ'a teşekkür ederim.

Her konuda olduğu gibi bu tezin yazılmasında da bana yardımcı olan ve kendisi de bir Araştırma Görevlisi olan değerli eşim Buket ŞİMŞEK ARSLAN'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanı Yeri ve Konumu	2
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
2.1. Önceki Çalışmalar	5
2.2. Bölgesel Jeoloji	7
2.2.1. Otokton kaya birimleri.....	7
2.2.2. Allohton kaya birimleri	8
2.2.2.1. Antalya Napları	8
2.3. Çalışma Alanının Jeoloji ve Stratigrafisi.....	9
2.3.1. Tahtalıdağ Napı	10
2.3.2. Tekirova Ofiyolit Napı	12
2.3.2.1.Kırkdirek Formasyonu	12
2.4. Yapısal Jeoloji	13
3. MATERYAL VE METOD	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1.Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri	15
3.1.2. Kaya kütlelerinin süreksizlik özellikleri.....	17
3.2. Metot	20
4. BULGULAR	22
4.1. Çalışma Alanının Yapısal Jeolojisi	22
4.2. Çalışma Alanındaki Kaya Kütlelerinin Süreksizlik Özellikleri	38
a. Süreksizlik Türleri	38
b. Yönelim ve Eklem Takımı Sayısı.....	38
c. Süreksizliklerin Devamlılığı	39

d. Süreksizlik Aralığı.....	39
e. Pürüzlülük ve Dalgalık.....	40
f. Süreksizlik Açıklığı.....	42
g. Dolgu Malzemesi.....	43
h. Süreksizlik Yüzeyi Dayanımı ve Bozunma.....	43
4.3. Kaya Şevlerinde Duraylılığın Kinematik Analizi	44
4.3.1. Düzlemsel kayma	45
4.3.2. Kama türü duraysızlık	45
4.3.3. Devrilme türü duraysızlık.....	45
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	72
7. KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sarısu-Kemer (Antalya) Arasındaki Jeolojik Yapıların Olası Mühendislik Problemleri Üzerindeki Etkileri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

08/07/2020

Nuh ARSLAN

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$<$	: Küçüktür
$>$	: Büyüktür
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
m ²	: Metrekare
Φ	: İçsel Sürtünme Açısı
c	: Kohezyon
α_p	: Süreksizliğin Eğim Yönü
Ψ_p	: Süreksizliğin Eğimi
α_f	: Şevin Eğim Yönü
Ψ_f	: Şevin Eğimi
Φ_p	: Süreksizliğin İçsel Sürtünme Açısı
N	: Schmidt Geri Tepme Sayısı

Kisaltmalar

I.S.R.M	: Uluslararası Kaya Mekaniği Birliği
S.M.R	: Şev Kütle Planlaması

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. (a) Çalışma alanının genel görünümü ve (b) Lokasyonların detay görünümünü gösteren yer bulduru haritası (Google Earth).....	4
Şekil.2.3. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Yalçın vd, 2015’den değiştirilerek alınmıştır.)	10
Şekil 2.3.1. İnceleme alanındaki Tahtalıdağ Napı’nın genelleştirilmiş kolon kesiti (Özgül 1976’dan değiştirilerek alınmıştır.).....	11
Şekil 2.4. Bölgenin ana tektonik yapılarını ve Antalya Fay Zonunu gösteren harita (Robertson vd. 1998 ve Yağmurlu vd. 2005’den değiştirilerek alınmıştır.).....	14
Şekil 3.1. (a) Kaya kütle türleri (Ulusay ve Sönmez 2007’den) ve (b) Kaya özellikleri (Hudson 1989).....	16
Şekil 3.1.2. Kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin özelliklerini tanımlayan parametreleri gösteren blok diyagram (Wyllie ve Mah. 1999)	17
Şekil 3.2. Karayolları üzerindeki çeşitli süreksizliklere ait fotoğraflar. a) 4 nolu lokasyonda heyelana ait bir görünüm; b) 1 nolu lokasyonda; bir nolu şeve ait çatlak görünümü; c) 4 nolu lokasyonda; fay düzlemi ölçümü; d) 4 nolu lokasyonda çatlak görünümü.....	21
Şekil 4.1. 1 nolu lokasyonda, karayolu kenarındaki 1 nolu şeve ait çatlak (a, c, d, e) ve tabaka duruşu görünümleri (b).....	21
Şekil.4.2. Çalışma alanındaki karbonatlı birimlerin kontur diyagramı ve tabakaların (1 ve 2) genel yönelimi.....	24
Şekil 4.3. a) 1 nolu lokasyonda 1 nolu şeve ait genel görünüm; b) ve c) de çatlakların detaylı görünümü	24
Şekil 4.4. a) 1 nolu lokasyonda 2 nolu şeve ait genel görünüm; b) ve c) de çatlakların detaylı görünümü.....	25
Şekil 4.5. a) 1 nolu lokasyonda 3 nolu şeve ait genel görünüm; b) ve c) de çatlakların detaylı görünümü.....	25
Şekil 4.6. a) 2 nolu lokasyonda 4 nolu şeve ait genel görünüm; b) Şev önünde meydana gelmiş kaya blokları; c) çatlakların detaylı görünümü.....	26
Şekil 4.7. a) ve b) 3 nolu lokasyonda 5 nolu şeve ait genel görünüm; c) çatlak yüzeyi ölçümünden bir görünüm.....	26

Şekil 4.8. a) 4 nolu lokasyonda 6 nolu şeve ait genel görünüm; b) Şev önünde meydana gelmiş kaya blokları; c) çatlakların detaylı görünümü.....	27
Şekil 4.9. a) 4 nolu lokasyonda, tünel üzerinde oluşturulan 7 nolu şeve ait genel ve; b) detay görünüm; c) de çatlak görünümü.....	27
Şekil 4.10. a) 4 nolu lokasyonda 8 nolu şeve ait genel görünüm; b) ve c) de çatlak görünimleri	28
Şekil 4.11. a) 4 nolu lokasyonda 9 nolu şeve ait genel görünüm; b) Kopan bloğun ve c) çatlak yüzeyi ölçümünün detaylı görünümü.....	28
Şekil 4.12. a) 4 nolu lokasyonda 10 nolu şeve ait genel görünüm; b) ve c) de çatlakların detaylı görünümü	29
Şekil 4.13. a) 4 nolu lokasyonda 11 nolu şeve ait genel görünüm; b) ve c) de çatlakların detaylı görünümü.....	29
Şekil 4.14. a) 4 nolu lokasyonda 12 nolu şeve ait genel görünüm; b) ve c) de fay düzlemi ve ölçümünün detaylı görünümü.....	30
Şekil 4.15. 1 nolu lokasyonda 1 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	32
Şekil 4.16. 1 nolu lokasyonda 2 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	32
Şekil 4.17. 1 nolu lokasyonda 3 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	33
Şekil 4.18. 2 nolu lokasyonda 4 nolu şeve eklemlerin ait kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	33
Şekil 4.19. 3 nolu lokasyonda 5 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	34
Şekil 4.20. 4 nolu lokasyonda 6 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	34
Şekil 4.21. 4 nolu lokasyonda 7 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	35
Şekil 4.22. 4 nolu lokasyonda 8 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	35
Şekil 4.23. 4 nolu lokasyonda 9 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	36

Şekil 4.24. 4 nolu lokasyonda 10 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	36
Şekil 2.25. 4 nolu lokasyonda 11 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	37
Şekil 2.26. 4 nolu lokasyonda 12 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b) çözümlemeleri.....	37
Şekil 4.2.1. a) Süreksizlik yüzeyinde pürüzlülük ve dalgalılığın ölçümü; b) Pürüzlülük sınıfları (Ulusay 2001' den alınmıştır).....	41
Şekil 4.2.2. Kapalı, açık ve dolgulu süreksizlikler (ISRM 1981'den).....	42
Şekil 4.3.1. Kaya şevlerinde düzlemsel kayma (a), kama türü (b) ve devrilme türü (c) duraysızlığın gelişebilmesi için gereken kinematik şartlar (Oktay 2014'den değiştirilerek alınmıştır).....	47
Şekil 4.3.2. Balıkçı Barınağı civarındaki 1 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	50
Şekil 4.3.3. Balıkçı Barınağı civarındaki 2 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	51
Şekil 4.3.4. Balıkçı Barınağı civarındaki 3 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	52
Şekil 4.3.5. Orhan Büyükalp Tüneli civarındaki 4 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	53
Şekil 4.3.6. Orhan Büyükalp Tüneli civarındaki 4 nolu şevde şev açısının 65 ⁰ olarak alınması durumunda kaymanın önlenmesi.....	54
Şekil 4.3.7. Adnan Sezgin Tüneli civarındaki 5 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	55
Şekil 4.3.8. Adnan Sezgin Tüneli civarındaki 5 nolu şevde şev açısının 46 ⁰ olarak alınması durumunda kaymaların önlenmesi.....	56
Şekil 4.3.9. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 6 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	57
Şekil 4.3.10. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 6 nolu şevde şev açısının 77 ⁰ olarak alınması durumunda kaymaların önlenmesi.....	58

Şekil 4.3.11. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 7 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	59
Şekil 4.3.12. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 7 nolu şevde şev açısının 36^0 olarak alınması durumunda kaymaların önlenmesi.....	60
Şekil 4.3.13. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 8 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	61
Şekil 4.3.14. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 8 nolu şevde şev açısının 53^0 olarak alınması durumunda kaymaların önlenmesi.....	62
Şekil 4.3.15. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 9 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	63
Şekil 4.3.16. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 9 nolu şevde şev açısının 60^0 olarak alınması durumunda kaymaların önlenmesi.....	64
Şekil 4.3.17. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 10 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	65
Şekil 4.3.18. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 10 nolu şevde şev açısının 71^0 olarak alınması durumunda kaymanın önlenmesi.....	66
Şekil 4.3.19. Eski Çam Dağ Tüneli ile heyelan arasındaki 11 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi.....	67
Şekil 4.3.20. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 11 nolu şevde şev açısının 68^0 olarak alınması durumunda kaymanın önlenmesi.....	68
Şekil 4.3.21. Heyelanın geliştiği 12 nolu şev yüzeyinde (normal fay düzlemi) düzlemsel kayma şeklinde gelişen duraysızlığa ait harita görünümü ve GB-KD yönünde alınmış kesit hattı.....	69
Şekil 4.3.22. Heyelanın geliştiği 12 nolu şev yüzeyinde (normal fay düzlemi) düzlemsel kayma şeklinde gelişen duraysızlığa ait jeolojik kesit.....	70
Şekil 4.3.23. 4 nolu lokasyonda 12 nolu şev yüzeyinde gelişmiş heyelandan bir görünüm.....	70
Şekil 4.3.24. 4 nolu lokasyonda 12 nolu şev yüzeyinde gelişmiş a) heyelan ve b) fay çiziklerinden bir görünüm.....	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Çalışma alanındaki süreksizliklerin şev yönelimleri, eklem yönelimleri ve sınıflandırılması	31
Çizelge 2. 1, 2, 3 ve 4 nolu lokasyonda bulunan şev yüzeylerinde tabakalanma ve çatlakların devamlılık sınıflaması (I.S.R.M 1981)..	39
Çizelge 3. Süreksizlik aralık sınıflaması (I.S.R.M 1981).....	40
Çizelge 4. Pürüzlülük ve dalgalılık sınıflaması (I.S.R.M 1981).....	41
Çizelge 5. Açıklık sınıflaması (I.S.R.M 1981).....	42
Çizelge 6. Schmidt çekici değerlerine göre kaya sertliğinin niteliksel tanımı (I.S.R.M 1981).....	43

1. GİRİŞ

Ülkemizde büyük tahribata can ve mal kayıplarına neden olan doğal afet olaylarına sıkça rastlanılmakta ve bunun nedenleri arasında coğrafi konum, meteorolojik koşullar, jeolojik ve topoğrafik yapı yer almaktadır. Afet İşleri Genel Müdürlüğünün hazırlamış olduğu “Türkiye’de Afetlerin Mekânsal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri”ne göre 1950-2008 yılları arasında ülkemizdeki 35471 yerleşim biriminin %44’ü en az bir kez afete maruz kalmıştır. Bu afetlerin %55’nin kaynağını depremler, %21’i heyelanlar, %7’si kaya düşmesi, geri kalan %17’lik kısmı da yangın ve diğer doğal afetlerden oluşturmaktadır.

Doğal afetler içerisinde yer alan heyelan, kalın alüvyal sedimentler hariç diğer çözülme enkazı altındaki temele ait formasyonların, ya da temel arazinin belirli bir kısmının yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir. Kaya düşmesi ise, korniş biçimindeki kütlelerin farklı aşınımalar nedeniyle dengelerini kaybedip eğim boyunca yuvarlanması olayıdır. Sert ve yumuşak tabakaların üst üste geldiği eğimli yamaçlarda görülür (Biricik 2001). Heyelan ve kaya düşmesi gibi doğal afetler kütle hareketleri olarak da adlandırılmaktadır (Ulusay 2007). Kütle hareketlerinin ortak özelliği, eğimli yamaçlarda ve yağış ortalaması fazla olan bölgelerde sıklıkla görülmeleridir. Kütle hareketlerinin karayolu, demiryolu, liman gibi alanlara yakın olması zararın boyutunu artırabilir.

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde, dağların uzanışı ve yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi farklı özellikte yağış rejimleri görülmesine neden olmaktadır. Ülkemizde yağışların çoğu dağların denize bakan yamaçlarına düşmektedir. Akdeniz kıyı şeridinde yer alan ve etrafı dağlarla çevrili olan Antalya ili, yıllık yağış ortalaması bakımından en fazla yağış alan iller arasında yer almaktadır (Klimatoloji Şube Müdürlüğü, 2008). Bu durum Antalya ilini kütle hareketleri bakımından riskli duruma getirmektedir.

Antalya ilinin güneybatı kesiminde yer alan Sarısu-Kemer Bölgesi son yıllarda gelişmeye başlayan bölgelerdendir. 1960’lı yıllarda Antalya-Kemer arası ulaşımın sadece deniz yolu ile yapılması bu bölgenin gelişimini geciktirmiştir. 1980’li yıllarda açılan karayolu ve sonrasında Güney Antalya Turizm Projesi kapsamında yapılan diğer yol ve alt yapı projeleri ile bölge gelişmeye başlamıştır (Onur 2007). 2009 yılından itibaren bölgeye tüneller yapılarak mevcut bağlantılar tüneller aracılığı ile sağlanmıştır. Yol ve tünel çalışmaları sırasında mühendislik amaçlı açılan ve doğal olarak bulunan şevlerde zaman zaman kütle hareketleri görülmektedir. Bölgede jeolojik yapılar, yüksek eğim, litoloji, tektonik yapı ve suya doygunluk gibi faktörler kütle hareketinin ortaya çıkmasında önemli rol oynasa da heyelanlar yağışlı ve zeminin ıslak olduğu mevsimlerde çok daha fazla meydana gelmektedir. Bölgede heyelan ve sel olayları ilkbahar ortalarında, sonbahar da ve yoğunluk olarak kış aylarında artış göstermektedir. Bu nedenlerle eğimin yüksek olduğu ve yağışların artış gösterdiği dönemlerde yamaçlarda kütle hareketleri gözlemlenmektedir (Karşı 2009). 2014 yılında Antalya’dan geliş istikametinde 2010 yılında yapılan Altan ayağı tünelinin kuzey çıkışının doğu kısmında büyük ölçekli bir heyelan sonucunda karayolu ulaşımına kapanmış ve alanda büyük tahribat meydana gelmiştir. Bu kütle hareketinden sonra Sarısu-Kemer arası karayolunun riskli bölgelerinin belirlenmesi, riskli bölgeler için mühendislik jeolojisi çalışmalarının önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Doğal şevlerde veya mühendislik amacı ile açılan şevlerde duraylılığı etkileyen en önemli etmelerin başında süreksizlik yapıları gelmektedir (Keskin 2008). Araştırmacıları yaptığı arazi çalışmalarında bölgede gerek mühendislik amaçlı açılan şevlerde gerekse doğal şevlerde birçok kütle hareketi gözlenmiştir. Ayrıca bu alanda kütle hareketlerine potansiyel oluşturan duraysız birçok kütle de mevcuttur. Bu yapılar insanların yoğun olarak kullandığı karayolunu ve insanların denize girdiği sahil kısımlarını tehdit eder konumdadırlar. Antalya ilinin yağış özellikleri düşünüldüğünde, dağlarda doğal olarak bulunan veya kazılarak oluşturulan şevlerin kütle hareketlerine ve bu hareketler nedeniyle mühendislik problemlerine (aktif kullanılan karayolu, tüneller ve eski karayolu üzerindeki geçiş noktaları) neden olabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle kütle hareketlerine kaynak oluşturan söz konusu şevlerin kinematik açıdan değerlendirilmesi ve kaynak bölgelerin saptanması oldukça önemli görülmektedir. Yapılan literatür taramasında Antalya ili Sarısu-Kemer bölgesindeki jeolojik yapıların olası mühendislik problemleri üzerine etkisini değerlendiren herhangi bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Tüm bu bilgiler ışığında çalışmanın amacı, Antalya ili Sarısu-Kemer Bölgesi'ndeki jeolojik yapıların olası mühendislik problemlerine etkisini incelemektir.

Bu amaç çerçevesinde; Antalya ili GB bölgesinde bulunan Sarısu-Kemer arası karayolu ve çevresindeki yerleşim alanlarında belirlenmiş dört lokasyondan oluşan ve yaklaşık 150.000 m² lik alanı kapsayan bu çalışmada, kaya şevlerini oluşturan oldukça kırıklı ve çatlaklı olan kayaçların bazı mühendislik ve süreksizlik özellikleri belirlenmiş, şevlerin kinematik analizlerle duraylılıkları incelenmiştir. İlk olarak çalışma alanı ve çevresinde uydu görüntülerinden elde edilen veriler ışığında jeolojik yapılar, eski heyelanlar, doğal ve mühendislik amacı ile açılan kaya şevleri belirlenmiştir. Bu veriler saha çalışmaları ile desteklenmiştir. Daha sonra arazide kayaçların mostra verdiği yüzeylerde ve farklı lokasyonlarda süreksizlik ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler kinematik kontrollü şev duraylılıkları açısından analiz edilmiştir. Meydana gelebilecek şev duraysızlık modelleri belirlenerek elde edilen sonuçlar ilgili literatür doğrultusunda açıklanmıştır.

1.1. Çalışma Alanın Yeri ve Konumu

Çalışma alanı, Antalya Körfezi'nin güneybatısında bulunan Sarısu mahallesinden itibaren Kemer ilçesi Beldibi mahallesine kadar uzanan geniş bir alanı kapsamaktadır. İnceleme alanı 4 lokasyondan oluşmaktadır. Yine alan 1/25000 ölçekli Antalya O25a4 ve O25d1 paftalarının içerisinde yer alır. Güney Anadolu'da Antalya körfezinin GB' sın da Sarısu mahallesi- Kemer ilçesi arasında 36° 48' 18"- 36° 44' 06" kuzey enlemleri ve 30° 33' 37"- 30° 34' 12" doğu boylamları arasında bulunan dağlık sahadır (Şekil 1.1). Bölgenin doğusu Akdeniz ile sınırlanır, batı da Hisar çandır Köyü, Sarı çınar Dağı, Ala dağ. Kuzey de Çakırlar alüvyon sahası, Geyik bayırı köyü, Çatma dağ ve Tümek Tepe dağ. Güney de Çam dağ, Sarı çınar dağ ve Beldibi mahallesi sınırları ile tamamlanır.

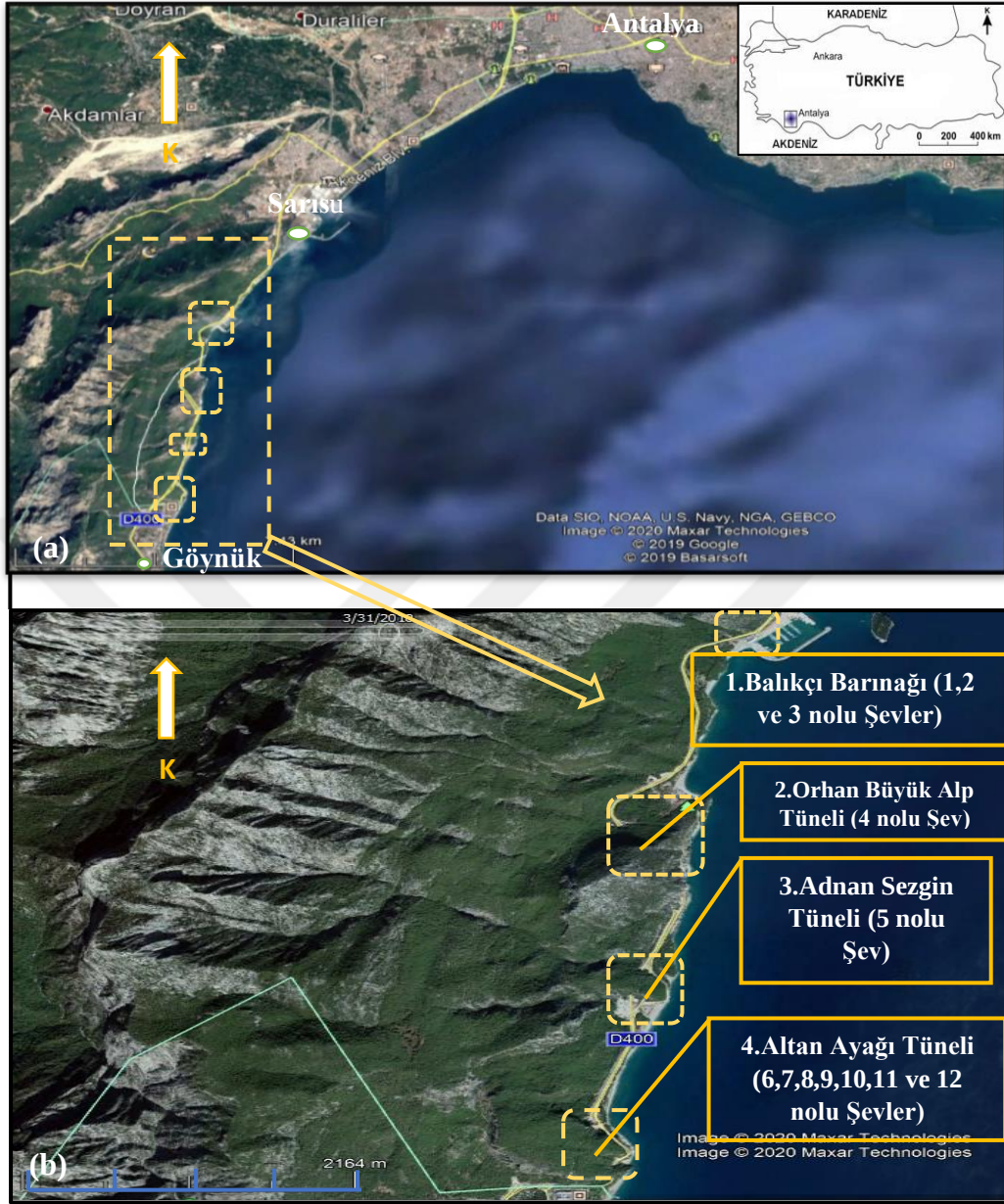
1/25000 ölçekli Antalya O25a4 ve O25d1 paftalarını kapsayan inceleme alanımız Antalya Körfezi GB' sın da deniz kıyısında aniden yükselen dağlık bir manzara görüntüsündedir. Bölgede Alp dağlarında benzeyen yüksek dağ uzanımları ve derin oluşmuş vadiler zor bir topoğrafya ve morfoloji sunmaktadır. Ayrıca bunlara ek olarak faylı, kıvrımlı ve bol çatlaklı süreksizlik yapıları ve doğal yolla veya kazılarak oluşturulan kalker şevleri bölgede aşılmaz ve nispeten heyecan verici bir manzara bizlere sunarlar.

İnceleme alanının önemli yükseltileri Batı'dan Doğu'ya doğru; Babadağ (1526m), Akdağlar (2513m), Eren Dağ(2553m), Dibek Dağ(1704m), Bakırlı Dağ(1388m), Bey Dağları (2883m), Tahtalı Dağ (2185m), Tümek Tepe (618m), Sivri Dağ (1609m) dır.

İnceleme alanı, dike yakın ve onlarca metre yüksekliğinde kalkerli dağlarla çevrili olup bu dağlar arasında meydana gelen derin vadilerde oluşmuş olan ayrı ayrı tepe yapıları meydana getirmiştir. Genellikle yüzlerce metre yüksekliğinde şevler, masif ve kalın tabakalı kalkerlerle kaplı tepelerdeki faylar tarafından meydana getirilmiştir. İnceleme alanının kuzeybatısındaki yüksek bölgeler de 1500-2000 metreye varan yaylalar görülmektedir. Bu yüksek duvarlarla çevrili düzlükler, kalkerler arasında daha çabuk aşınmaya maruz kalmış detritik fasiyesteki tabakalar üzerinde görülr. Kalkerler içerisinde oluşmuş karstik şekillere, mağaralara sıkça rastlanır. İnceleme alanı fazlaca kırıklı ve çatlaklı yapıdadır. Deniz kenarında ani olarak yükselen kalker kayalıkları ile belirgin topografik özellik meydana getirir.

Çalışma alanında Akdeniz bölgesine özgü kuru ormanlar alt seviyelerde sıcaklık isteği yüksek, yağış isteği az olarak görülen kızılçam ve çeşitli meşe türlerinden meydana gelen ormanlar görülmektedir. Çalışma alanından yüksek rakımlara çıkıldıkça sıcaklık isteği daha az olan karaçam, Lübnan sediri (*Cedrus libani*), Toros gök narı (*Abies cilicica*) ve ardıçlara (*Juniperus excelsa*, *J. foetidissima*) bırakır (Günel 2013).

Bölgede dağlık sahanın denize doğru sokulum yaptığı kısımlara yüz ölçümü küçük ancak yörenin tarımsal yaşamı açısından önem taşıyan kıyı ovaları (Beldibi, Göynük, Kemer, Tekirova) sıralanmıştır. Bu kıyı ovaları aynı zaman da bölgenin önemli turizm yöreleri arasında yer alır.



Şekil.1.1. (a) Çalışma alanının genel görünümü ve (b) Lokasyonların detay görünümünü gösteren yer bulduru haritası (Google Earth)

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Önceki Çalışmalar

Bölgede yapılan çalışmalar; fosil yakıtlar, sedimantolojik ve jeolojik konularda yapılan çalışmalar olup bunlardan birçoğu aşağıda verilmiştir;

Bölgede en eski çalışmalar 1847 yılında Spratt ve Forbes tarafından yapılmış olup sonrasında “Asie Mineure” adlı eserinde Tchihatcheff (1869) adlı araştırmacı, bölgenin genel jeolojisi hakkına bilgi vermiştir. 1885 yılına gelindiğinde ise Tietze, Likya bölgesinin (GB Anadolu) jeoloji haritasını yapmıştır. Daha sonraki yıllarda Phillipson (1912-1918), Penek (1913), Taşman (1930), Maxson (1937) ve Mankiewicz (1946) bölgeyi çalışmışlardır.

Bölgemizin kuzey ve batısında etüt ve çalışmalarda bulunan H. Holzer (1955), sahil boyunca uzanan resifal kalker serisinin masif bir görünüm sergilediğini, yer yer bazı kesimlerde rekristalizasyon gerçekleştiğini, bazı yerlerin de endojen ve sinjinetik breşten oluştuğunu bildirir. Resifal kalkerli serinin masif kalkerli seri ile yanal geçişli olduğunu ve bu nedenle aynı yaşta olabileceklerini dile getirmiştir.

Bölge de 1964 yılında, Fransız jeolog grubu: çalışma alanımızın batısında ve güneybatısında yer alan Kumluca, Finike ve Alakırçay-Bey dağları, Korkuteli bölgelerinde çeşitli zamanlarda araştırmalar yapmış olup bu araştırmalar sonucu bölgenin 1/ 25 000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamışlardır. Bunlardan Lefevre (1966), R. Marco ve Lefevre (1970), Üst Kretase yaşlı Bey dağları üzerine Nap şeklinde Trias ritmik oluşuklarının bulunduğunu (Alt Antalya Napı) belirlemişlerdir. Sahil boyunca uzanan kalkerli kayaçların, Trias oluşukları üstünde ikici bir nap yapısını meydana getirdiklerini tespit etmişlerdir.

Brunn ve Diğerleri (1971), Isparta Büklümünün Doğusu Otokton ve Allohton birimlerinin stratigrafisi (Batı Toroslar) adlı çalışmada; Batı ve Orta Toroslar’ da yerleşim yaşları farklı olan ve farklı ortam koşullarında oluşmuş kaya birimlerinin yüzeylendiğini ve bunların otokton kaya birimleri üzerine yerleşen allohton kaya kütleleri olduğunu ve geniş alanlarda yayılım gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu allohton kaya kütleleri yerleşim yaşlarına göre: Likya Napları (Orta Miyosen), Beyşehir-Hoyran-Hadim Napları (Eosen sonu) ve Antalya Napları (Paleosen-Eosen) olarak adlandırmışlardır.

Dumont (1974), Batı Toroslar üzerinde gelişen allohton ve para otokton birimler ile Isparta kıvrımının orta kısmındaki mevcut yapısal istiflenmeler arasındaki benzerlikler ve farklılıkları incelemiştir. Yazar bu değerlendirmeler sonucunda Isparta kıvrımı ve Antalya Naplarının birbiri ile bağlantılı olabileceğini saptamıştır.

Özgül (1976)’ da Toroslarda kaya birliklerinden bahsetmiştir. Bu birlikler Kambriyen-Tersiyer zaman alılığında çökelmiş, birbirinden farklı havza koşullarını yansıtan kaya birlikteliklerinden bahsetmiştir. Stratigrafik konumlarıyla, kapsadıkları kaya birimleri ve günümüzdeki yapısal konumlarıyla diğerlerinde ayrılan bu birimler yazar tarafından; Bolkar Dağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyik Dağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği olarak adlandırılmıştır. Yazar’a göre bu birliktelikler, Toros kuşağı boyunca yüzlerce km yanal devamlılık göstermekte, birlikler arasında

dokanak geçişleri anormallik sergilemekte ve çoğunlukla birbirleri üzerinde allokton örtüler şeklinde oluşmaktadırlar.

Poisson (1977), Otokton Bey dağlarını oluşturan karbonat kayaların stratigrafik yapısını belirlemeye çalışmış ve bunların Liyas'tan Senoniye'ye kadar olan kısmının resifal kireç taşlarından oluştuğunu, Senoniye'nin ise pelajik kireç taşlarından oluştuğunu belirlemiştir. Üst Paleosen- Alt Eosen yaşında bir olistostromun varlığından söz etmiş bunların üstüne Lütetiye kireç taşlarının uyumsuz olarak örttüğünü belirtmiştir. Akitaniye'de resifal kireç taşları, Burdigaliye'de filiş olarak devam ettiğini belirtir. Yazar bu çalışmasında Antalya Naplarının üç ana naptan oluştuğunu; alt naptın Çataltepe ve Tahtalıdağ ünitelerinden oluştuğunu ancak temelde Çataltepe ünitesinin Antalya Naplarının temelini oluşturduğunu belirtmiştir. Bu nedenle çalışmasında özellikle Çataltepe naptının özelliklerini ortaya koymaya çalışmıştır.

Akay ve diğ. (1979), yaptıkları arazi çalışmalarını "Batı Toros Platformları" adı altında rapor haline getirmişlerdir. Raporda Isparta bölgesindeki kaya ortamlarında farklı yapısal birimlerin oluştuğunu, bölgedeki kaya birimleri içerisinde otokton kaya birimlerinin doğu, batı ve merkez olmak üzere üç grupta incelendiğini belirtmişlerdir. Bunlara ek olarak beş tektonik fazın Kretase sonu ile Tersiyer aralığında geliştiğini tespit etmişlerdir.

Ricou (1980), Toros kuşağını oluşturan karbonat ekseninin otokton kaya istifi olduğunu ve bu istifin Toroslardan başlayarak Bey dağları ve Anamas dağlarını içine alarak Silifke'nin dağlık bölgesine kadar uzandığını belirtmiştir. Yine bölgede yazar, otokton birimler içerisinde Kretase sonundan itibaren Miosen'e kadar uzanan çeşitli aşamalar geçirerek yerleşmiş radyolarit ve ofiyolileri kapsayan Nap ünitelerinin olduğunu belirlemiştir. Diğer taraftan otokton karbonat birimlerinin güney bölümünde Antalya ofiyolitli ve radyolaritli napları ve allokton olarak yerleşmiş Alanya metamorfik masifi yer almaktadır.

Poisson ve diğ. (1984), Isparta Büklümü ile ilgili yaptığı çalışmalarda, büklümün batı kanadını oluşturan birimin Bey dağları karbonat platformu olduğunu, doğu kanadı oluşturan birimlerin Anamas-Akseki platformu olduğunu, merkez ya da orijini oluşturan birimlerin ise bu iki platform arasında yer alan pelajik basenden kaynaklanan Antalya Napları olduğunu belirtmiştir.

Yalçinkaya vd. (1986), genel olarak bölgedeki birimleri otokton ve allokton birimler olarak tanımlamış, Isparta Büklümünü de içine alan çalışma alanındaki kaya yüzeylenmelerinin yapısal ve stratigrafik özelliklerini araştırmışlardır. Bu araştırmalarda geniş alanlara yayılan allokton birimlerin çeşitli özelliklerini belirlemiş ve haritaya aktarmışlardır. Antalya Napları olarak bilinen allokton kaya kütlelerinin platformda oluştuğunu ve bunların yer yer rift çökelleri ve otokton olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda bunların platform çökelleri ile yanall ve düşey yönde geçişli olduğunu savunurlar. Allokton olarak kabul ettikleri birimleri, ofiyolitlerle birlikte Ankara zonundan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Şenel vd. (1992), Eğirdir – Yenişarbademli – Gediz – Geriş – Köprülü civarında yapmış oldukları çalışmalarda, farklı ortam koşullarında oluşmuş olan birimlerin Prekambriyen'den günümüze kadar oluşmuş olan kaya birimleri olduğunu belirlemiş,

konumlarının ise allokton, otokton veya göreceli otokton oldukları savunulmuştur. Allokton konumlu kaya kütleleri Antalya ve Alanya Napıları, Otokton konumlu kaya kütleleri ise Bey dağları- Karacahisar ve Anamas- Akseki otoktonu olarak tanımlamaktadırlar. Diğer önemli konu ise Bey dağları ve Karacahisar otoktonu ise birbirinden çok az stratigrafik farklılık göstermesine rağmen bu kaya kütleleri Bey dağları- Karacahisar otoktonu olarak beraber ele alınmış ve incelenmişlerdir.

Yazarlar, allokton konumlu Antalya Napılarını, yapısal ve stratigrafik özelliklerine göre Çataltepe Napı, Alakırçay Napı, Tahtalıdağ Napı ve Tekirova Ofiyolit Napı olmak üzere dört ana gruba ayırmışlar, Alanya Napında ise çalışmalarının oldukça eksik kalması nedeniyle böyle bir ayırımın yapılmadığını belirtirler.

Dilek ve Rowland (1993) Isparta Açısındaki çalışmalarında, Isparta açısını bölgesel bazda tektonik çığaya uygun olacak şekilde yeniden yorumlamış ve elde ettikleri sonuçlara göre; sadece Toros kuşağının evrimi ile ilgili değil, kıtasal rifleşme ve pasif kenar evrimi içinde oldukça önemli verilere ulaşmışlardır. Yazarlar, Isparta açısını meydana getiren doğu ve batı kanadı oluşturan pelajik özellikteki çökellerin içerisinde kıtasal bir rifleşmenin olduğunu ve bu rifleşme ile Antalya Napılarını oluşturan pelajik çökeller, yastık lavlar ve serpantinit kütlelerinin oluştuğunu belirtmişlerdir.

Poison ve diğ. (2003), yazarlar yaptıkları araştırmada Isparta açısının tektonik evrimi ile ilgili olarak tabandan en süte doğru: Bey dağları otoktonunun üstüne Geç Kretase- Paleosen’ de Antalya Napılarının (Isparta Çay Formasyonu) yerleştiğini Erken-Orta Miyosen’de bu iki birim üzerine denizel tortulaşmanın uyumsuz olarak geliştiğini belirtmişlerdir.

Son olarak yapılan çalışmalar: fosil yakıtları inceleme amaçlı olarak Demirel ve diğ. (2001, 2002), genel jeoloji amaçlı olarak Şenel (1985, 2004), Altunsoy (1999), Hoşgörmez (2007), Özçelik ve diğ. (2009), Güllüdağ (2012), sedimantolojik amaçlı olarak Varol ve diğ. (2011) ve mineralojik – petrografik amaçlı olarak da Bozkaya ve Yalçın (2010) tarafından çalışmalar yapılmıştır.

2.2. Bölgesel Jeoloji

Toros kuşağı, Alp orojenik kuşağının ana bileşenlerinden biridir. Türkiye'nin güneyindeki Akdeniz kıyılarına neredeyse paralel uzanır ve güneydoğu Anadolu bölgesinin kuzey kısmından devam eder. Toros kuşağının detaylı jeolojik çalışmaları, tektonik olarak ilişkili ve farklı çökeltme ortamları ve zamanlarını temsil eden kaya birimlerinin tanımlanmasına yol açmıştır. Bu allokton ve otokton birimlerin kökenleri ve paleocoğrafik konumları tartışmalıdır. Onlara çeşitli kriterlere göre farklı isimler verilmiştir. Brunn ve ark. (1971) ve Gutnic vd. (1979), allokton birimlerini “Nap” olarak tanımlamış, oysa Kill (1976); Oğuz (1984) tektono-stratigrafik birimler olarak adlandırmıştır (Yurtsever vd. 2002; Abubakar vd. 2016). Bu birimlerin jeolojik incelemesi aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Otokton Kaya Birimleri

Bölgede Mesozoyik yaşlı karbonat kayalar başta olmak üzere, bunlara eşlik eden Tersiyer yaşlı tortul ve volkanik kaya birimleri genellikle otokton birimleri meydana

getirir (Fuzuli 2016). Genelde platform tipi çökellerden oluşan, ancak birbirlerinden kısmen de olsa farklı stratigrafik ve yapısal özellikler sunan otokton konumlu kayalar, çalışma alanının batısında Bey dağları otoktonu olarak incelenmiştir (Şenel vd. 1996). Antalya Napları ise Bey dağları üzerine Alt Paleosen de yerleşmiştir.

2.2.2. Allohton Kaya Birimleri

Buna karşın allohton birimler, bölgede yer alan ofiyolitler kayalar ve bunlara eşlik eden pelajik kaya toplulukları olarak adlandırılır (Fuzuli 2016). Bey dağları otoktonu üstüne tektonik olarak yerleşen Antalya Napları ve bölgenin allohton birimlerini oluşturur (Yalçın vd. 2015). Çalışma alanı içerisinde yüzeylenen Antalya Napları ile ilgili detay bilgileri aşağıda verilmiştir.

2.2.2.1. Antalya Napları

Toros kuşağının bir parçası olarak Antalya Napları, Geç Kretase-Paleosen dönemi boyunca Bey Dağları Otokton Ünitesi'nin üzerine itilmiştir. İlk olarak Lefevre (1967) tarafından Antalya Napları olarak tanımlanmıştır (Yurtsever ve diğ. 2002). Özgül (1976) tarafından Antalya Birliği, Woodcock ve Robertson (1977) tarafından ise Antalya Kompleksi veya Antalya Karmaşığı olarak adlandırılmıştır (Yalçın vd. 2015; Waldron, 1983). Değişik zamanlarda farklı araştırmacılar (Baykal ve Kalafatçıoğlu, 1973; Dumont, 1976 *a, b*; Poisson, 1977; Monod, 1977; Marcoux, 1979; Woodcock and Robertson, 1977; Akbulut, 1979; Robertson and Woodcock, 1980, 1981 *a, b, c*; Yılmaz, 1981; Şenel, 1984, 1986; Şenel ve diğerleri 1981, Waldron, 1982; Ulu, 1983, 1989; Özgül, 1983, Demirtaşlı, 1987) tarafından yapılan çalışmalarda Brunn ve diğerlerinin (1971) ayrımı dışında birbirinden farklı pek çok formasyon ve yapısal birim ayrımı yapılmıştır (Şenel vd. 1996).

Brunn ve diğ. (1971), Napları üç birime ayırmış ve alttan üste doğru; Alt Nap (Çataltepe Ünitesi), Orta Nap (Alakırçay Ünitesi) ve Üst Nap (Tahtalıdağ Ünitesi) olarak adlandırılmıştır. Daha sonra, Şenel ve ark. (1992, 1996, 1998) bu napları yeniden tanımlamışlar ve tektonik konumlarına ve litolojik özelliklerine göre Çataltepe Napı, Alakırçay Napı, Tahtalıdağ Napı ve Tekirova Ofiyolitik Napı olmak üzere dört gruba ayırmışlardır (Yurtsever vd. 2002). Araştırmacılara göre; bu naplardan Çataltepe Napı; platform-yamaç-havza (Noriyen-Üst Maastrichtiyen), Alakırçay Napı; platform havza (Üst Permian-Üst Kretase) ve Tahtalıdağ Napı; platform (Kambriyen-Üst Kretase) tipi çökeller, Tekirova Ofiyolit Napı ise ultramafit ve gabrolardan oluşan ofiyolit ve ofiyolitli melanj ile temsil edilmektedir (Yalçın vd. 2015). Genel olarak bu naplar da birkaç erozyon döneminin oluşumuna rağmen, Çataltepe Napı'nda bulunan Üst Triyas'ın deniz çökeltileri, Alakırçay Napı'nda üst Permian'den Anisian'e kadar değişen şelf karbonatları ve Tahtalıdağ Napı'nda Orta Kambriyen'den Anisian'a kadar sığ denizel tortu birikintileri ve karbonatlar Antalya Napları'nın en eski kayalarını oluşturur. Alakırçay ve Tahtalıdağ Napları'nın bazaltik volkanik kayalar da dahil olmak üzere nispeten daha derin deniz çökeltileri, geç Anisian döneminden sonra meydana gelenleri yansıtmaktayken, radyolarit, çamurtaşı ve kara şeyl gibi daha derin deniz fasiyesinden oluşan Jurassic-Kretase tortuları, hem Çataltepe hem de Alakırçay Napları'nın da biriktirilmiştir. Tahtalıdağ Napı'nın sığ deniz karbonatları, Rhaetian-Cenomanya döneminde birikmiştir. Tekirova Ofiyolitik Napı, üst Senoniyen Ofiyolitik Melanj ve okyanus kabuğu malzemesinden oluşur (Şenel vd. 1981). Antalya Napları'nın tüm yapısal

birimleri, Antalya Napları'ndan köken alan değişik boyutlardaki üst Campanian-Maastrichtian kırıntılı ve karbonatlı kayalarla sona ermektedir. Miyosen ve daha genç sedimanlar Batı Toros kuşağının post-tektonik birimlerinde bulunur ve geçişli olarak eski birimlerin üzerine gelir. Antalya Napları hakkında ayrıntılı bilgi için, bkz. "Kalafatçıoğlu (1974); Poisson (1977); Şenel vd. (1981); Şenel (1986 a); Şenel (1986b); Tekin (1999); Demirel ve Günay (2000) ve Demirel (2002)"(Yurtsever vd. 2002).

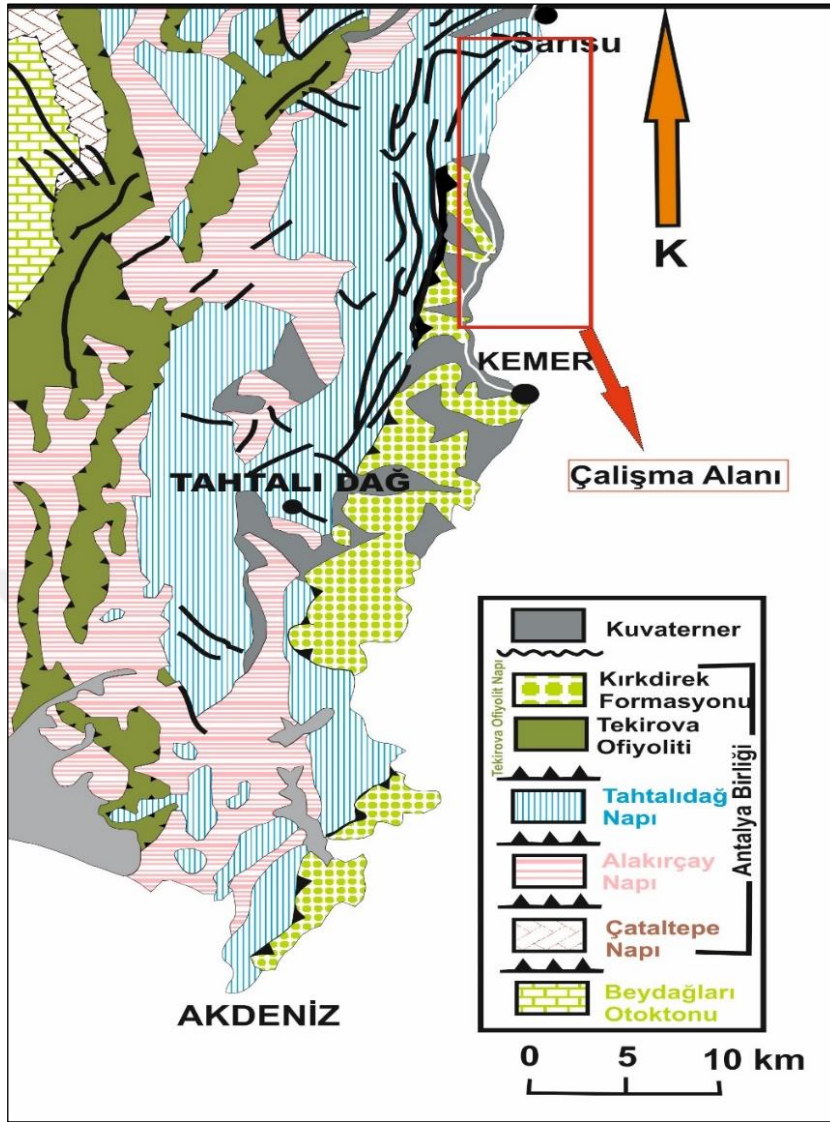
2.3. Çalışma Alanın Jeolojisi ve Stratigrafisi

İnceleme alanında Prekambriyenden günümüze kadar oluşmuş olan kaya birimleri yüzeylenmektedir. Çok farklı yapısal ve stratigrafik özellikler sunan bu kaya birimlerinin bir kısım otokton bir kısmı allokton yapı göstermektedir. Otokton birimler genellikle platform tipi çökellerden oluşur. Bu kayalar üzerinde naplar halinde bulunan kütleler; yamaç, okyanusal kabuk, havza, kıyı ötesi platform, rift ortamlarını temsil eder ve bunlar Antalya Napları (Lefevre 1967) veya Antalya Birlikleri (Özgül 1976), Antalya Kompleksi (Woodcock ve Robertson 1977) gibi adlarla tanımlanmıştır.

Bölgede şimdiye kadar birçok jeolojik konuda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bunlardan bazıları; genel jeoloji amaçlı olarak Şenel (1985, 2004), fosil yakıtlar olarak Demirel ve diğ. (2001, 2002), Altunsoy (1999), Hoşgörmez (2007), Güllüdağ (2012), Özçelik ve diğ. (2009), sedimantolojik amaçlı olarak Varol ve diğ. (2011) ve mineralojik–petrografik amaçlı olarak da Bozkaya ve Yalçın (2010) tarafından yapılan çalışmalardır (Koca ve diğ. 2015).

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi, bölgede en alttan üste doğru; Bey Dağları otoktonu bunun üzerine Antalya Napları'ı (alttan üste doğru Çataltepe Napı, Alakırçay Napı, Tahtalıdağ Napı, Tekirova ofiyolit Napı) gelmektedir. Bu allokton birimlerin üzerine ise geç Tersiyer- Kuvaterner yaşlı çökeller örtmektedir (Şenel vd. 1996).

Bölgenin arazi koşulları engebeli ve yoğun bitki örtüsü ile kaplandığından birimler genellikle karayolu için açılmış şevlerde ve bazı alanlarda doğal olarak oluşmuş yamaçlarda mostra vermektedir. Bu nedenle incelenen ve ölçüm alınan kaya birimleri Tahtalıdağ Napı ve Tekirova Ofiyolit Napına ait olan kaya birimleri yüzeylenmektedir.



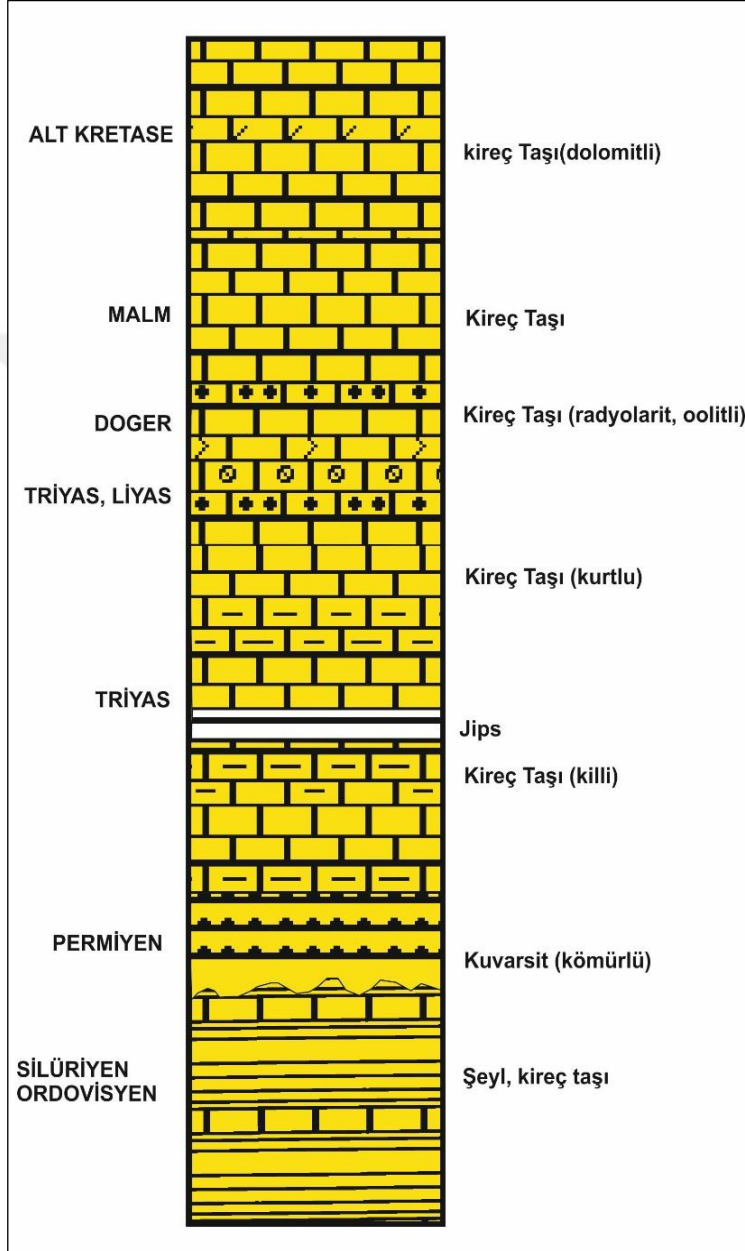
Şekil 2.3. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Yalçın vd, 2015’den değiştirilerek alınmıştır.)

2.3.1. Tahtalıdağ Napı

Şenel vd., 1996’nın aktardığına göre; “Antalya Napları içinde Tahtalıdağ ünitesi (Brunn ve diğerleri 1971), Dulup Birliği (Dumont ve Kerey 1975), Kemer Zonu (Woodcock and Robertson 1978), Katrandağı ünitesi (Monod 1977) gibi adlarla tanınan bu allokton kütle, Brunn ve diğerleri (1971) tarafından Antalya Napları’nın bir ünitesi olarak değerlendirilirken, Şenel ve diğerleri (1992) tarafından Antalya Napları için genelleştirilerek Tahtalıdağ Napı olarak yeniden tanımlanmıştır.”

Birimler genellikle Palezoik-Mezozoyik platform tipi çökellerle temsil edilmektedir. Fakat Ladinien- Norien evrelerinde meydana gelen yerel olarak oluşmuş bazik volkanit ara seviyeli, pelajik / yarı pelajik olarak karakteristik olan çökeller de içermektedir.

Tahtalıdağ Napı'nın en belirgin özelliği stratigrafik olarak Jura- Kretase yaşlı platform tipi karbonat kayalar içermesidir. Şekil 2.3.1'de görüldüğü gibi, çalışma alanı içerisinde alınan ölçümler genellikle Tahtalıdağ Nap'ı içerisinde mostra veren; kırıklı, kıvrımlı ve yer yer çok fazla deforme olmuş, Orta-kalın tabaklı, gri, açık gri, bej, krem, açık-koyu kahve, kirli beyaz renkli yer yer makro fosilli kireçtaşlarından alınmıştır.



Şekil 2.3.1. İnceleme alanındaki Tahtalıdağ Napı'nın genelleştirilmiş kolon kesiti (Özgül 1976'dan değiştirilerek alınmıştır.)

2.3.2. Tekirova Ofiyolit Napı

Güneybatı Antalya'daki Antalya kompleksi, okyanusal, kıtasal sınır ve kıtasal ortamlardan kaynaklanan bir dizi otokton ve allokton sedimanter, magmatik ve metamorfik kaya birimini içermektedir (Yılmaz 1984; Robertson and Woodcock 1981a, b, c, 1980; Delaune-Mayere ve diğerleri 1977; Marcoux 1976; Juteau 1975; Brunn vd. 1971, 1970).

Tekirova ofiyoliti, aşağıdan yukarıya manto tektonitleri, ultramafik mafik kümülatlar, izotropik gabrolar, yapraklı dayklar, plajiogranit, mafik volkanik kayalar ve ilgili çökeltileri içerir. Bu birimler arasındaki temaslar tektoniktir. Mafik kümülatlara ve izotropik gabrolara ultrabazik özellikte ki diyabaz daykaları yerleşmiştir. Tekirova ofiyolitinde ki metamorfik taban kayaları ayrı bloklar olarak gözlenir. Manto tektonitleri Adrasan, Çıralı ve Kemer'de olduğu gibi Kumluca ve Doyran bölgeleri arasında N-S eğilimli tektonik bölgede de gözlenmektedir (Parlak 2016).

Tekirova Ofiyolit Napı, yapısal olarak Tahtalıdağ Napı üzerine yer yer de altında, değişik boyutlar da olmak üzere dilimimler halinde bulunur. Tekirova Ofiyoliti, ofiyolitik melanaj ile temsil edilen Kırkdirek formasyonunu kapsamaktadır (Şenel vd. 1982). Tekirova Ofiyolit Napı; yapısal olarak Üst Kampaniyen- Maastrichtiyen'de kıtasal kabuğa bindirerek yerleşmiştir. Gerçek kalınlığı kesin olarak ölçülememekle birlikte; 0-6000 m arasında değiştiği belirtilmektedir. Üst manto kökenliği olduğu ve Neotetisin güney koluna ait olduğu ve Üst Kretase yaşlı olduğu bilinmektedir.

2.3.2.1. Kırkdirek Formasyonu

Antalya körfezi batısında Şenel ve diğerleri (1981) tarafından adlandırılan birim, Çeşitli bloklar içeren ofiyolitli melanajla temsil edilmektedir. Genelde Trias yaşlı holbial kireçtaşı, bitkili kum taşı, bazik volkanit, tabakalı çört ve kretase yaşlı neritik kireç taşları bloklarını kapsar. Bazı alanlarda gabro, dünit, harzburjit, diyabaz kökenli irili ufaklı bloklar görülmektedir. Yalçın ve diğerlerinin (2015) aktardığına göre; “Tekirova Ofiyoliti; Juteau (1975) ve Reuber (1982) tarafından ayrıntılı olarak incelenmiş olup, bu yazarlardan Reuber (1982) ofiyolitleri egemen kaya türlerine göre beş grupta (serpantinit, harzburjit, dünit, verlit ve gabro) haritalama eğiliminde olmuştur. Bunlardan serpantinit; genelde tektonik zonlarda belirgin olup, serpantinleşmiş harzburgit ve serpantinleşmiş dunitlerden oluşur. Az oranda harzburjit, dünit, gabro, diyabaz vb. kaya türleri kapsar. Harzburgit; genelde lerzolitik harzburgit, masif harzburgit ve bantlı harzburgitlerden oluşur. Az oranda serpantinit, serpantinleşmiş, harzburgit, dunit, diyabaz ve gabroyu da kapsar. Dünit; genelde harzburgit-dünit bantları ve serpantinleşmiş dunitler olarak görülür ve içlerinde izole diyabaz daykaları ve az oranda harzburgit, piroksenit ve verlit de bulunur. Verlit; sınırlı yüzeylemelere sahiptir ve dunit ve piroksenitlerde ardalama gösterirler. Gabro; kümülat dokulu tabakalı gabro ve izotropik gabrolar ile temsil edilir.” Yapısal olarak Çataltepe, Alakırçay, ve Tahtalıdağ Napılarının arasında veya üzerinde tektonik dilimler halinde bulunur (Şenel vd. 1996; Yalçın vd. 2015).

İnceleme alanın da kuzeyden güneye üçüncü lokasyonda ki Ofiyolitleri oluşturan ultramafik kayalar çoğunlukla; Neritik kireç taşları üzerinde bloklar halinde yer yer karayolu için açılan şev aynalarının önüne düşmüş bloklar halinde gözlemlenmektedir.

Bu bloklar genellikle serpantinleşmiş olup açık koyu-yeşil renkli oldukça sert ve masif görünümlü yapıdadır.

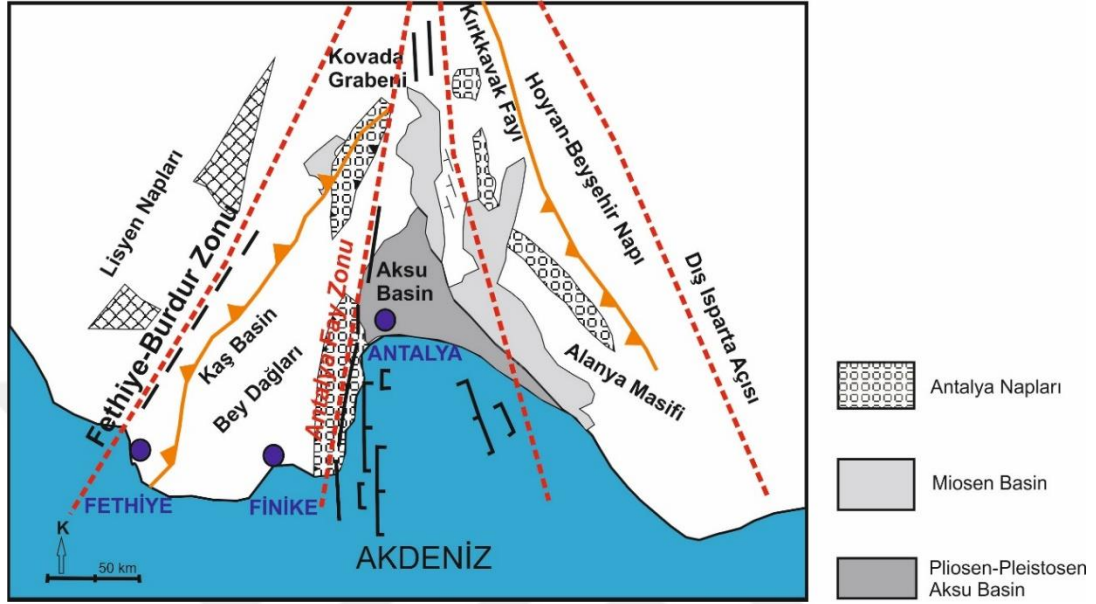
2.4. Bölgenin Yapısal Jeolojisi

Çalışma alanı, güneybatı Toroslarda bulunan ilginç bir jeolojik yapı sunan Isparta Açısının batı bölümünde yer alır. Bölgede denizel sedimanların tümü görüldüğünden yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından uzun süre incelenmiştir. Abubakar ve diğ. 2016'nın aktardığına göre; Bunlar: Poisson (1977), Gutnic (1977), Dumont (1976), Monod (1977), Özgül (1976), Marcoux (1970), Waldron (1982), Şenel (1984), Demirtaşlı (1979), Koçyiğit (1983), Yağmurlu vd. (1995), Robertson (1993), Bozcu ve Yağmurlu (2001) ile Sagular ve Görmüş (2009) dır. Bu araştırmacılar daha çok Isparta Açısının batı kanadı üzerinde bulunan otokton ve allokton kaya birimlerinin stratigrafi ve tektonik ilişkilerini ve bunların yapısal evrimini ortaya koymaya çalışmışlardır.

Çalışma alanı, Isparta Açısı'nın batı kanadı oluşturan allokton kaya birimleri içerisindeki Antalya Napı'nın da yer almaktadır. Allokton olarak bulunan Antalya Napı daha güneyde otokton oluşumlu Bey Dağları karbonatları üzerine itilmektedir (Yurtsever vd. 2002; Abubakar vd. 2016). Bey Dağları otoktonun üzerine tektonik örtü olarak itilen Antalya Napı'nın taban birimlerini Çataltepe Napı oluşturur. Farklı stratigrafik birimler sunan ve birbiriyle girintili çıkıntılı geçişler sunan Çataltepe Napı üzerine Alakırçay Napı, Alakırçay Napı üzerinde ise Tahtalıdağ Napı yer almaktadır. Tekirova Ofiyolit Napının konumu ise tartışmalıdır. Tekirova Ofiyolit Napı üzerinde hiçbir şekilde klip görünmemesi nedeniyle bu nap en üst yapısal birim olarak kabul edilmektedir. Kırkdirek formasyonu ise Tekirova ofiyolit napından türemiş ve ofiyolitik melenjden oluşmuştur. Bu formasyon Çatal tepe napı ile Alakırçay napı arasında, Alakırçay Napı ile Tahtalıdağ Napı arasında değişik boyutlu tektonik dilinimler halinde yer almaktadır (Şenel ve diğ. 1996). Dolayısıyla bu naplar arasındaki karşılıklı yapısal ilişki tektoniktir (Çelik 2003).

Moix ve diğ., 2009'un aktardığına göre; “Antalya Napı'nın bugünkü son halini alması en az dört büyük tektonik aşamanın gerçekleşmesi ile oluşur. Üst Kretase, Paleosen-Alt Eosen, Üst Eosen-Oligosen ve Miosen bu dört büyük tektonik hareketin meydana geldiği zamanları temsil eder (Ricou vd. 1979). Bu tektonik hareketler sonucu elde edilen kayma verileri, yukarıda belirtilen tektonik olaylara karşılık gelen güney/güneybatıya doğru bir yer değiştirme hareketini göstermektedir (marcoux vd. 1989). Bunlara ek olarak üst Antalya Napı'nın tabanında Alt trias evapolit tabanlarında yoğunlaşan deformasyon güneye doğru bir itilmenin olduğunu gösterir.” Bir kısım araştırmacılar ise Antalya Napı'nı bir araya getiren birimlerin zonal ilişkilerinin, dik ve dike yakın olan N-S düşey faylar olduğunu ve bu fayların genellikle keskin bir şekilde zıt litoloji, yaş ve yapı dizilerini yan yana getirdiğini belirtmiştir. Örneğin Geç Kretase ofiyolit kayaçlarından oluşan Tekirova bölgesi, Kemer bölgesi batısındaki Mesozoik yaşlı tortul kayaçlarına karşı doğrudan faylıdır (Woodcock 1982). Bu tektonik aşamalar sonucu, Antalya'nın güneybatısındaki çalışma alanı ve yakın çevresin bulunan ve deprem üretme potansiyeli bulunan faylarda; (1) Fethiye-Burdur Fay Zonu (2) Kemer-Isparta ve Kemer-Korkuteli uzanımlı deprem aktivitelerinin birleşiminden oluşan Antalya Zonu'dur. Yağmur ve diğerleri 2007 yılında bu zonun “Antalya Fay Zonu” olarak adlandırmıştır. Yine Antalya Fay Zonu, Glover ve Robertson (1998) tarafından ise “Kemer Çizgiselliği” olarak tanımlanmıştır. Bu faylar normal fay sistemlerinden

oluşmaktadır (Şekil 2.4). Antalya zonu içerisinde de yer alan blok faylanmalar Isparta Büklümünün çekme rejimine bağlı olarak oluşmaktadır (Özhan 2004). Bu nedenle çalışma alanı yukarıda belirtilen sıkışma ve çekme kuvvetlerinin etkisi altında kalan çeşitli süreksizliklerden oluşmaktadır.



Şekil 2.4. Bölgenin ana tektonik yapılarını ve Antalya Fay Zonunu gösteren harita (Robertson vd. 1998 ve Yağmurlu vd. 2005’den değiştirilerek alınmıştır.)

3. MATERYAL VE METOT

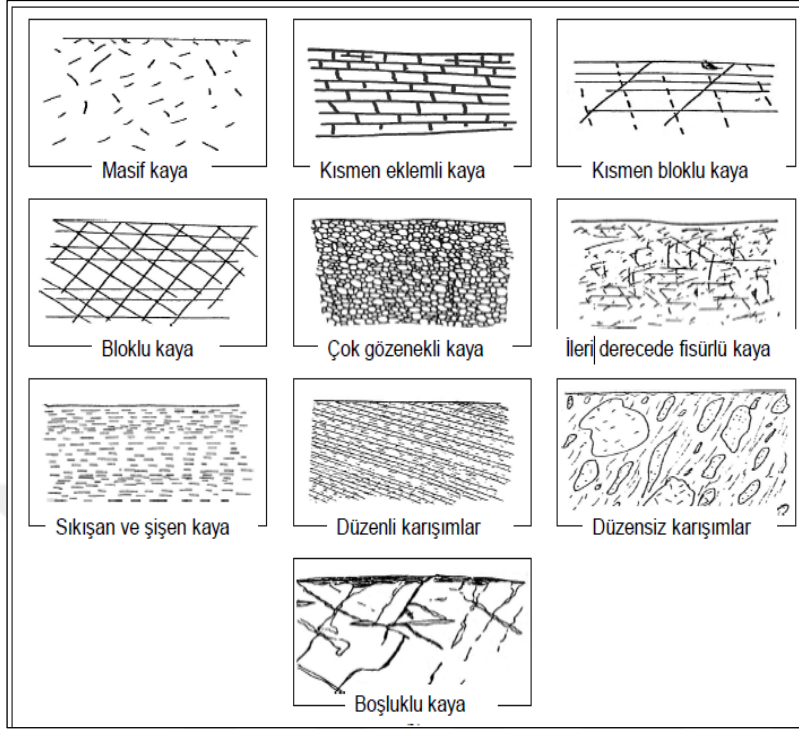
3.1. Materyal

Doğada mühendislik amacı ile oluşturulan veya doğal olarak oluşmuş eğimli yüzeyleri ifade etmek için Şev ya da Yamaç terimi kullanılır. Şevlerin uzun zaman içerisinde bulundukları konumları muhafaza etmeleri ise duraylılık ya da stabilite olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanı Antalya ilinin güney batısında yer almaktadır. Sarısu-Kemer arasındaki bu bölgede yol ve tünel çalışmaları sırasında oluşturulan ve doğal olarak bulunan şevlerde, zaman zaman kütle hareketleri gözlemlenmiş ve bunun sonucunda kopan parçalar; kara yollarında ve insanların denize girdiği sahil kısımlarında büyük tahribatlara neden olmuştur. Bu nedenle Sarısu- Kemer arasındaki riskli bölgelerde kütle hareketlerinin belirlenebilmesi için mühendislik amacı ile açılan şevler ve doğal şevlerdeki süreksizlikler (çatlaklar, tabakalar, faylar) ölçülerek kinematik kontrollü şev duraylılıkları araştırılmıştır. Burada jeolojik yapılar içerisindeki süreksizliklerin eğim açısı/ eğim yönü açısına göre duruşları pusula ile ölçülmüş ve elde edilen veriler materyal olarak kullanılarak ve şev duraylılıkları araştırılmıştır. Bu araştırmanın yapılabilmesi için aşağıda verilen kaya kütlelerinin mühendislik ve süreksizlik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

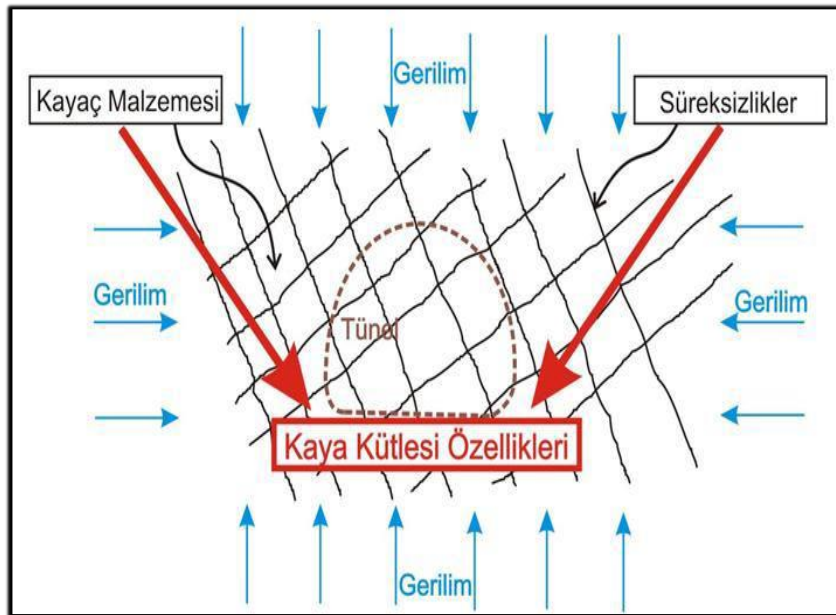
3.1.1. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri

Kayaların mühendislik özellikleri, kayaların üzerine ve çevrelerine mühendislik yapıları inşa etmeye başladığımız andan itibaren önem kazanmaktadır. Kayaların birçoğunun kökensel oluşumu ve jeolojik özellikleri bunlara bağlı olarak oluşan yapı ve dokuların da farklılıklar göstermesinde neden olur. Şayet yeraltında ve yer üstünde kaya ortamında herhangi bir kazı yapılması durumunda karşımıza çıkan madde kaya kütesidir. Bu nedenle kayaların değişik yükler altındaki davranışı belirlenirken kaya maddesi ve kaya kütesi arasındaki fark açıkça bilinmelidir (Karpuz ve Hindistan 2006).

Kaya malzemesi, süreksizlikler arasında kalan sağlam ve bütün olarak bulunan, ayrışmamış kayayı tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Kaya kütesi ise bloklar halinde bulunan kaya malzemesi ile bunları birbirinden kısmen ve tamamen ayıran ve tabakalanma düzlemleri, faylar, kıvrımlar, eklem takımları, çatlaklar ve benzeri yapısal elemanlar gibi süreksizliklerden oluşan arazideki kaya ortamlarıdır (Şekil 3.1.1 (a-b)). Kaya kütleleri devamlılığı olmayan çoğu zaman homejen ve izotrop olmayan özellik gösterirler. Kaya kütesi ve kaya malzemesinin tanımlanması için belirli parametreler vardır. Süreksizlik, Kaya kütleleri içerisinde çekilme dayanımına sahip olmayan veya çok düşük çekilme dayanımına sahip olan tabaka düzlemi, fay, eklem, dilinim, makasalama zonu, şistozite vb gibi jeolojik anlamda zayıflık düzlemlerinin tümünü içeren genel bir kavramdır (Ulusay ve Sönmez 2007'den).



Şekil 3.1.1. (a) Kaya kütle türleri (Ulusay ve Sönmez 2007'den)

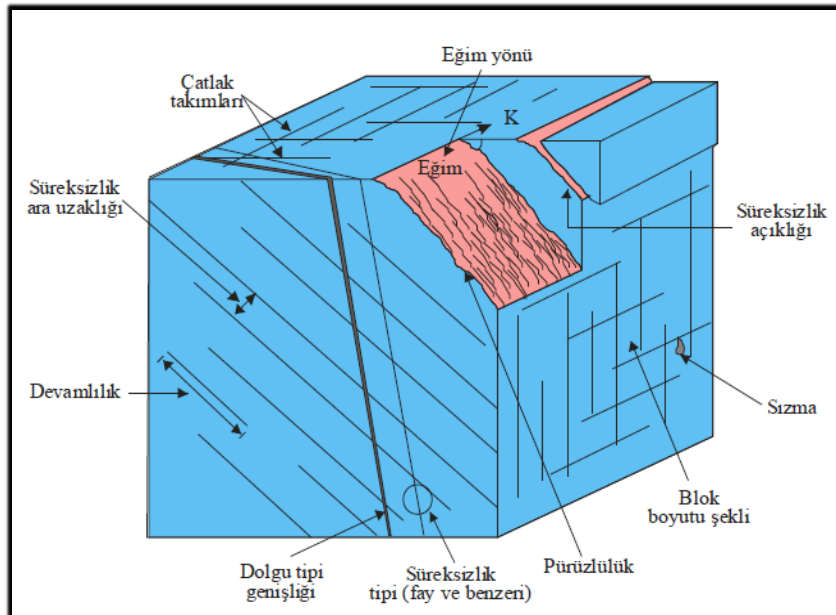


Şekil 3.1.1. (b) Kaya Özellikleri (Hudson 1989)

3.1.2. Kaya Kütlelerinin Süreksizlik Özellikleri

Kayaların içerdiği katman düzlemi, fay, eklem, çatlak, çizgisellik, yapraklanma ince katmanlanma gibi kaya kütlesi içinde bulunan yapısal unsurlar mühendislik jeolojisinde “süreksizlik” olarak tanımlanmaktadır. Süreksizliklerin doğrultu ve eğimleri, ara uzaklıkları, açıklıkları, yüzeylerin pürüzlülük ve dalgalılık dereceleri, yönelim ve devamlılığı, dolgu ya da dolgusuz oluşu, dolguların türü gibi özellikler kaya kütlelerinin dengesi üzerinde etkilidir. Süreksizliklerin su ile dolması kayalarda çatlak suyu basınçlarının oluşmasına, dolgu maddesinin özelliklerinin ve çatlak yüzeylerindeki sürtünme direncinin değişmesine neden olmaktadır. Eğimlerin yamaç yönünde olması durumunda kayaların dengesi olumsuz yönde etkilenmekte ve kaya türüne bağlı olarak değişik tipte kitle hareketleri gerçekleşmektedir. Süreksizlikler kaya kütlelerinde gerilmenin artışına ve dayanımın azalmasına neden olmaktadır (Tarhan 1989). Süreksizlik özellikleri, kaya kütlelerinin mühendislik davranışlarını etkileyen önemli parametrelerin başında gelir (Karaman 2011). Kaya kütlesi içerisindeki süreksizlik yüzeyleri, kaya ortamında kurulan mühendislik yapılarının stabilitesini kontrol ettiği bilinmektedir. Bu nedenle bu tür ortamlarda stabilite analizi için elde edilecek veriler süreksizlik yüzeylerinin konumları ve mekanik özellikleri olmaktadır (Zanbak 1974).

Çalışma alanındaki süreksizlikler ve özellikleri, kaya sınıflamalarının belirlenmesinde kullanılan kayaların temel parametrelerini etkileyen yapısal özellikler içerisinde yer alır. Çalışma alanı içerisindeki tüm kaya birimlerini içine alacak şekilde süreksizlik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Kaya kütle sınıflamasında kullanılacak olan jeoteknik özelliklerin belirlenmesinde kayaç kütlelerindeki süreksizliklerin; aralıkları, açıklıkları, eklem sayısı, dolgu malzemeleri, ayrışma, pürüzlülük ve dalgalılık gibi özellikleri belirlenmiştir (Şekil 3.1.2).



Şekil 3.1.2. Kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin özelliklerini tanımlayan parametreleri gösteren blok diyagramı (Wyllie ve Mah. 1999).

Kaya kütleleri sürekli, homojen, izotrop malzemeler olmayıp çeşitli süreksizlikler tarafından kesilirler. Bununla birlikte bozunmaya uğramış çeşitli kaya türlerini de içerirler. Bu nedenle kaya kütlelerinin davranışının belirlenmesinde kayaya etki eden dış yükler etkilidir. Bu etki altında kaya kütlelerinin davranışı, içerdikleri süreksizlik özellikleri dikkate alınmadan doğru bir şekilde analiz edilmez ve önceden tahmin edilemez. Bu nedenle kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerinin doğru ve sağlıklı bir şekilde tanımlanması ve kaya mühendisliği uygulamalarında önem kazanmasına bu durum neden olmaktadır. Kara yolları üzerinde oluşturulacak olan mühendislik yapılarının duraylılığını denetleyecek jeolojik unsurların ve bunların fiziksel özelliklerinin tanımlanmasıyla ilgili verilerin toplanması, analiz edilmesi ve kaya kütlelerini temsil eden bir modelin oluşturulması işlemi kaya kütlelerinin tanımlanması olarak adlandırılır. Kaya kütleleri tanımlanırken en önemli kısım süreksizlik özelliklerinin belirlenmesi ve buna göre değerlendirmelerin yapılmasıdır.

Süreksizlik türleri ise;

Süreksizliğin türünün belirlenmesi süreksizliklerin özellikleri belirlenirken öncelikli sırada yer alır. Ulusay ve Sönmez (2007) başlıca yapısal süreksizlik (zayıflık düzlemi) türlerinin tanımları aşağıdaki şekilde vermiştir.

Dokanak; iki farklı litolojik birim arasındaki sınır olup, bu sınır uyumlu, ya da uyumsuz veya geçişli olabilen bir süreksizlik yüzeyidir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Tabaka düzlemi; sedimanter kayaların oluşumu sırasında tane boyu ve yönelimi, mineralojik bileşim, renk ve sertlik gibi faktörlerdeki değişime bağlı olarak gelişen bir yüzeydir. Tabakalanma, her zaman ayrık bir süreksizlik yüzeyi olmayabilir ve bazı durumlarda kaya malzemesi içinde hafif bir renk değişimi şeklinde de gözlenebilir. Tabaka düzlemleri arasındaki uzaklık, birkaç milimetreden (laminasyon) metre (çok kalın tabaka) boyutuna değişebilir. Sedimanların mineralojisindeki değişimler, tabakalanma yüzeyleri arasında ince kil seviyelerinin oluşumuna veya sıvama şeklindeki yüzey kaplamalarına neden olabilir. Bu durum, kil dolgulu fay ve eklem yüzeylerindeki benzer mühendislik sorunlarının gelişmesine yol açabilir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Fay ve makaslama zonu; yüzeyi boyunca birkaç santimetreden kilometrelerce uzunluğa kadar göreceli bir yerdeğiştirmenin meydana geldiği makaslama yenilmesine maruz kalmış yüzeylerdir. Fay, tektonik hareketler sırasında gelişen makaslama gerilmesinin kaya kütlelerindeki bir düzlemin makaslama dayanımını aşması sonucu meydana gelen bir kırık şeklinde de tanımlanmaktadır (Kersten, 1990). Fay kırığının yüzeyleri arasında; parçalanmış kaya parçalarının oluşturduğu fay breşi, çok ince taneli malzemeye temsil edilen fay dolgusu, kil vb. zayıf malzemeler de yer alabilir. Faylar, çoğu kez tek bir düzlem olmaktan çok, birbirine paralel veya yarı paralel konumlu gruplar halinde gelişebilirler ve bunlar fay zonu veya makaslama zonu şeklinde adlandırılırlar. (Ulusay ve Sönmez 2007).

Eklemler; yüzeyi boyunca herhangi bir yer değiştirmenin meydana gelmediği doğal kırıktır. Kırık yüzeyleri, örtü yükünün kalkması (gerilmenin boşalması), patlatma vd. nedenlerle birbirlerinden bir miktar uzaklaşmış (açılmış) olmakla birlikte, aralarında gözle görülür göreceli bir hareket söz konusu değildir. Yer kabuğunda 1 km derinliğe kadar kaya kütlelerinde gözlenebilen eklemler; birkaç milimetreden metrelerce uzunlukta, açık, dolgu veya kapalı (sıkı) olabilirler. Eklemler, genellikle düzlemsel yüzeyli, yan paralel gruplar veya takımlar halinde gelişirler ve bu eklemlere sistematik eklemler adı verilir. Düzensiz bir geometriye sahip ve birbirine paralel olmayan eklemler ise, sistematik olmayan eklemler şeklinde tanımlanırlar (Ulusay ve Sönmez 2007).

Dilininim (Klivalaj); ince taneli kayalarda, sıkıştırıcı kuvvete dik yönde oluşmuş, sık aralıklı ve birbirine paralel yönde gelişmiş zayıflık düzlemleridir. Mekanik anlamda, makaslama yüzeylerini oluşturan bu yüzeyler boyunca kayma söz konusu olabilir. Spencer (1969) ile Whitten ve Brooks (1972), başlıca iki tür dilininim tanımlamışlardır. Bunlardan kırık dilinimi, minerallerin birbirine paralel yönde bir dizilim göstermedikleri, çimentolanmış veya kaynaşmış paralel süreksizlikler şeklinde tanımlanır. Spencer (1969), bu tür dilininim oluşum mekanizmasında litolojinin ve gerilme koşullarının makaslama, açılma ve sıkıştırma süreçlerine neden olduğunu ve bunların da sağlam kayada ince dilimler halinde çok yakın aralıklı süreksizliklerin gelişmesine yol açtığını belirtmiştir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Diğer bir dilininim türü ise, **akma dilinimi** olup, yeniden kristallenme ve mika gibi yapraklı minerallerin birbirlerine paralel şekilde yönelmelerine bağlı olarak, bir foliasyon yapısının oluşumuyla gelişmektedir. Bu tür dilininim, genel olarak, ince taneli kayaların yüksek sıcaklık ve/veya yüksek basınç altında başkalaşıma (metamorfizmaya) uğramış olmalarıyla yakından ilgilidir. Dilininim; özellikle sleyt, fillit ve şist gibi kayalarda gözlenmekle birlikte, dilininim düzlemlerinin çoğu önemli derecede çekilme dayanımına sahip oldukları için süreksizlik ağı kapsamında değerlendirilmezler. Bununla birlikte dilininim, bu tür kayaların deformabilite ve dayanım özelliklerinde önemli düzeyde bir yansıma neden olmaktadır (Ulusay ve Sönmez 2007).

Fisür; Fookes ve Denness (1969) tarafından "sürekli bir malzemeyi ufak birimlere ayırmadan bölen süreksizlik" olarak tanımlarken, Priest (1993) tarafından ise, "iki yönde gözlenebilen, ancak üçüncü yönde sınırlanan düzlemsel süreksizlik" şeklinde tanımlanmaktadır. Dolayısıyla bir ölçüde farklı anlamlara gelebilen fisür kavramının, herhangi bir özel süreksizlik türünün tanımlanması amacıyla kullanılmasına ve diğer kavramlarla karıştırılmamasına dikkat edilmelidir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Foliasyon (Yapraklanma); yüksek basınç ve/veya yüksek sıcaklık altında farklılaşma veya minerallerin tercihi yönelimi nedeniyle ortaya çıkan metamorfik kökenli zayıflık yüzeyleridir. Şistozite bir tür foliasyon olup, yassı ve elipsoidal tanelerin birbirlerine en büyük gerilmeye dik yönde dizilmesiyle oluşur. Şistozite yüzeyleri genellikle kaygandır (Ulusay ve Sönmez 2007).

Damar; çevre kayasından farklı özellikteki bir malzeme tarafından doldurulmuş kırıktır. Damar kavramı, genel olarak, ince dolgulu düzlemler için kullanılır ve yüzeyleri ayırık olmadığı için zayıf bir süreksizlik olarak değerlendirilmez (Ulusay ve Sönmez 2007). Şeklinde tanımlanmaktadır.

İlk aşamada, çalışma alanında yüzeylenen kayalardaki kırık ve çatlakların takımlar oluşturup oluşturmadıklarını belirlemek için tarama hatları boyunca kırık ve çatlak düzlemlerinin tümünün eğim miktarları ve eğim yönleri pusula yardımı ile ölçülmüştür. Daha sonra mostralardan alınan çatlak ve kırık ölçümleri, eş alanlı stereonet yardımıyla irdelenmiştir. Çalışma alanındaki kırık, çatlak takım ve sistemlerini daha ayrıntılı bir şekilde ortaya koyabilmek için bilgisayar programında kontur ve gül diyagramları ayrıntılı olarak çizilmiştir.

Sonraki aşamada kayaların mekanik davranışlarını etkilemesi nedeniyle birimlerin kırık ve çatlakların yönelim, çatlak aralığı, devamlılık, açıklık, dolgu malzemesi, pürüzlülük ve dalgalılık gibi özellikler genel olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2. Metot

Yapılan çalışmalar büro ve arazi çalışmaları olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Büro çalışmalarında; Çalışma alanı ve çevresinde hava fotoğrafları üzerinde belirlenebilen Jeolojik yapılar, süreksizlik yapıları, eski heyelanlar gibi unsurlar belirlenmiştir. Sarısı- Kemer karayolu üzerinde ve tüneller de tehlike arz eden mühendislik amacı ile oluşturulan şevler de ve doğal şevler de dört lokasyon belirlenmiş ve bu lokasyonlarda ki tüm birimler içerisinde süreksizlikler incelenerek kinematik kontrollü şev duraylılıkları araştırılmıştır.

Arazi çalışmalarında ise; Toros kuşağının bir bölümü olan Batı Toroslarda yer alması nedeniyle sıkışma ve genişleme rejimlerinin hüküm sürdüğü, faylanmaların ve bindirmelerin olduğu çalışma alanı ve çevresinde kayaçlar; yer yer tabakalı, kırıklı, çatlaklı, ezilmiş ve aşınmış süreksizlikler içermektedir. Bu nedenle Sarısı- Kemer arası karayolu, tüneller ve çevresindeki dört lokasyondan elde edilen toplam da 1743 adet eğim açısı /eğim yönü açısı süreksizlik verisi Dips 6.0 programı ile yorumlanmış ve tehlike arz eden kaya şevleri kinematik analiz yöntemi ile belirlenmiştir.

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi, yapılan arazi çalışmalarında ve büro çalışmalarında; çalışma alanı ve çevresinde yüksek eğimli topoğrafya ve yağışlara bağlı olarak oluşan heyelanlar gözlemlenmiş ve arazi ölçümleri ile bu yapılar değerlendirilmiştir. Heyelanlardan bazıları karayolları, tüneller gibi mühendislik yapılarına zarar vermektedir. Özellikle süreksizlik kontrollü şevlerde meydana gelen kütle hareketleri can ve mal kayıplarına sebep olacağından önem arz etmektedir.



Şekil 3.2. Karayolları üzerindeki çeşitli süreksizliklere ait fotoğraflar. **a)** 4 nolu lokasyonda heyelana ait bir görünüm; **b)** 1 nolu lokasyonda; bir nolu şeve ait çatlak görünümleri; **c)** 4 nolu lokasyonda; fay düzlemi ölçümü; **d)** 4 nolu lokasyonda çatlak görünümü

4. BULGULAR

4.1. Çalışma Alanının Yapısal Jeoloji

Bölge de yer alan tektonik aktivitelerden dolayı yani sıkışma ve genişleme rejimine bağlı olarak Tahtalıdağ Napı içerisinde bulunan Platform Tipi karbonatlı kayaçlar; Genellikle kırıklı, kıvrımlı ve yer yer çok fazla deforme olmuş, ezilmiş kayaçlardan oluşmaktadır (Şekil.4.1). İnceleme alanındaki yapısal unsurlar ise tabakalanmalar, faylar, kırıklar ve çatlaklardır.

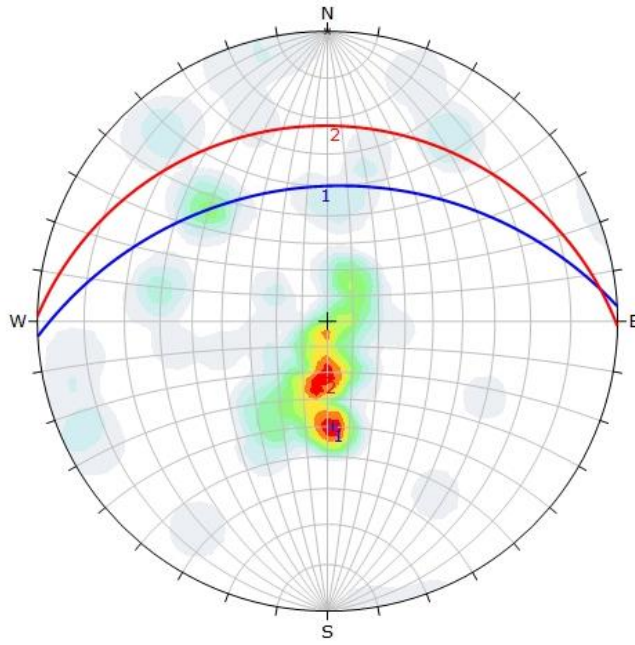
Şekil 4.2’de görüldüğü gibi, inceleme alanı içerisinde yer alan lokasyonlarda yapılan 81 adet süreksizlik ölçümünden (tabaka) elde edilen veriler kontur ve gül diyagramlarında yorumlandığında, bölgedeki tabaka yöneliminin genellikle kuzey yönde geliştiği görülmektedir. Çalışma alanındaki dört lokasyon ayrı ayrı değerlendirildiğinde; Bir nolu lokasyon da kayaçlar belirli bir tabakalanma göstermekte ve bunlara ek olarak çatlaklar da iyi gelişmiştir. Bu lokasyonda ki kireç taşlarının tabaka kalınlıkları 20-25 cm ile 1-1,5 m arasında değişen kalınlıklarda ölçülmektedir. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi, bir nolu şev yüzeyinde yer alan bu tabakaların konumları ise eğim açısı / eğim yönü açısına göre 26-42 / 352-008 değerleri arasında yönelim göstermektedir. Bu lokasyon da yer alan aynı birim içerisindeki farklı duruşlu iki nolu şev yüzeyinde ise Şekil 4.4’de görüldüğü gibi tabaka konumları 10-30/010-030 değerleri arasında yönelim göstermektedir. Yine aynı lokasyon da üç nolu şev yüzeyinde yapılan ölçümlerde Şekil 4.5’de görüldüğü gibi tabaka konumları genellikle 52/140 olarak ölçülmüştür. Şekil 4.6’da görüldüğü gibi iki nolu lokasyon olan Orhan Büyük Alp Tüneli’nin doğu kısmında mostra veren kireç taşlarında ise tam bir tabakalanma gözlemlenmemekte ve bununla beraber kırıklı, çatlaklı ve ezilmiş zonlar birlikte yoğun bozuşma yaygın olarak gözlemlenmiştir. İki nolu lokasyondaki dört nolu şev yüzeyinde eklem takımları için çatlak ölçümleri alınmıştır. Üç nolu lokasyon olan Adnan Sezgin Tüneli’nin güney giriş-çıkışındaki beş nolu şevde ise; Şekil 4.7’de görüldüğü gibi Kırıklı ve çatlaklı yapılar ve bununla beraber ezilmeler fazla olduğundan tam olarak bir tabakalanma yönelimi ölçülememiştir. Ancak belirlenen kısımlardan çatlak ölçümleri alınmıştır. Dört nolu lokasyon olan Altan Ayağı Tüneli’nin Doğu kısmında yapılan incelemelerde, eski yol olarak bilinen Çam Dağ Tüneli’nin doğu kısmındaki altı nolu şevde; Şekil 4.8’de görüldüğü gibi kayaçlardan bloklar halinde kopmalar gözlemlenmekte ve bu kısımlarda belirgin bir tabakalanma, ezilme ve yoğun tektonizma sonucu gözlemlenmemiştir. Ancak eklem sistemleri için çatlak ölçümleri alınmıştır. Çam Dağ Tüneli’nin hemen üzerinde yine altı nolu şevin devamı olan yedi nolu şevde Şekil 4.9’de görüldüğü gibi tabakalanma belirgin olmamakla beraber kırık ve çatlak yönelimleri belirlenmiştir.

Çam Dağ Tüneli’nin batı kısmında ise eski patika yolda, sekiz ve dokuz nolu şevlerde çeşitli çatlak ölçümleri alınmıştır. Gözlemlerde Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de görüldüğü gibi kısım kısım kütle hareketlerinin, blok kopmaların ve kama oluşturacak türde kaymaların olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.12’de görüldüğü gibi, Çam Dağ Tüneli’nin üst kısmı olarak gözlemlenen ve eski patika yolun devamında olan on nolu şevde tabaka kalınlıkları 1 m ile 1, 5 m arasında değişen kireç taşları 20-80/132-190 arasında yönelim göstermektedir. Çam dağ tüneli kuzey çıkışından eski heyvanlı bölgeye kadar yapılan incelemelerde; Karbonatlı kayalar içerisinde, Şekil 4.13’de görüldüğü gibi, on bir nolu şev yüzeyinde; tabakalı yapılar net olarak gözlemlenmekte ve sıkışma tektoniği sonucunda bazı kısımlarda bindirmeler ve antiklinal ve senklinal gibi

jeolojik yapılar, mağara oluşukları gözlemlenmiştir. Tabaklar kalınlıkları genellikle 15-30 cm ile 1 m – 1,5 m arasında değişmektedir. Tabakaların konumları ise 22-40/46-100 arasında değişen yönelimler sergilemektedir. Jeolojik yapılardan kıvrımlı yapıların yol kenarındaki konumları ise; sağ kanat 20/342, sol kanat ise 42/360 olarak ölçülmüştür. Son olarak Şekil 4.14’de görülen Altan Ayağı Tüneli Antalya istikameti kuzey çıkışının doğu kısmında yer alan heyelanın ise ne zaman oluştuğu tam olarak bilinmemektedir. Yapılan araştırmalarda 2015 yılında bir vatandaş tarafından çekilen heyelanın görüntüsüne ulaşılmıştır. Bu çalışmada daha önce herhangi bir verisi bulunmayan heyelanın incelemesi yapılmıştır. Bu heyelanın kayma yüzeyinden alınan 25 adet çatlak yüzeyi ölçümlerinde, kayma yönü hareketinin 58/028 yönelimine sahip olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 4. 1 nolu lokasyonda, karayolu kenarındaki 1 nolu şeve ait çatlak (a, c, d, e) ve tabaka duruşu görünümleri (b)



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki karbonatlı birimlerin kontur diyagramı ve tabakaların (1 ve 2) genel yönelimi



Şekil 4.3. a) 1 nolu lokasyonda 1 nolu şeve ait genel görünüm; b) ve c) de çatlakların detaylı görünümü



Şekil 4.4. a) 1 nolu lokasyonda 2 nolu şeve ait genel görünüm; **b)** ve **c)** de çatlakların detaylı görünümü



Şekil 4.5. a) 1 nolu lokasyonda 3 nolu şeve ait genel görünüm; **b)** ve **c)** de çatlakların detaylı görünümü



Şekil 4.6. a) 2 nolu lokasyonda 4 nolu şeve ait genel görünüm; **b)** Şev önünde meydana gelmiş kaya blokları; **c)** çatlakların detaylı görünümü



Şekil 4.7. a) ve b) 3 nolu lokasyonda 5 nolu şeve ait genel görünüm; **c)** çatlak yüzeyi ölçümünden bir görünüm



Şekil 4.8. a) 4 nolu lokasyonda 6 nolu şeve ait genel görünüm; **b)** Şev önünde meydana gelmiş kaya blokları; **c)** çatlakların detaylı görünümü



Şekil 4.9. a) 4 nolu lokasyonda, tünel üzerinde oluşturulan 7 nolu şeve ait genel ve; **b)** detay görünüm; **c)** de çatlak görünümü



Şekil 4.10. a) 4 nolu lokasyonda 8 nolu şeve ait genel görünüm; **b)** ve **c)** de çatlak görünümleri



Şekil 4.11. a) 4 nolu lokasyonda 9 nolu şeve ait genel görünüm; **b)** kopan bloğun ve **c)** çatlak yüzeyi ölçümünün detaylı görünümü



Şekil 4.12. a) 4 nolu lokasyonda 10 nolu şeve ait genel görünüm; **b)** ve **c)** de çatlakların detaylı görünümü



Şekil 4.13. a) 4 nolu lokasyonda 11 nolu şeve ait genel görünüm; **b)** ve **c)** de çatlakların detaylı görünümü



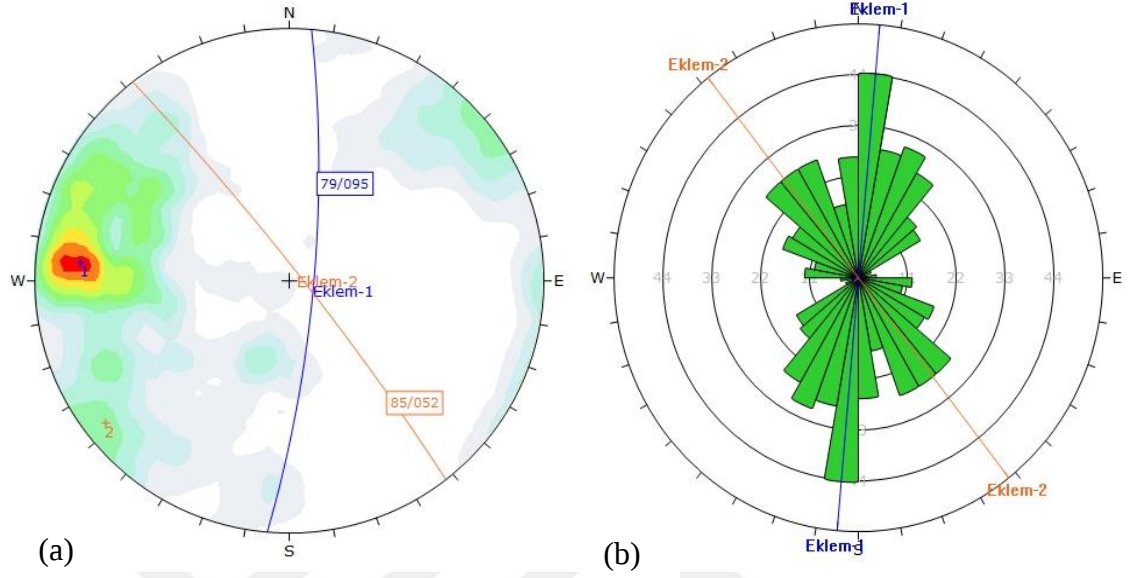
Şekil 4.14. a) 4 nolu lokasyonda 12 nolu şeve ait genel görünüm; **b)** ve **c)** de fay düzlemi ve ölçümünün detaylı görünümü

Çalışma alanı içerisindeki lokasyonlar da Karbonatlı birimler içerisinde süreksizlik yapıları mevcut olup bunlar; tabakalar, faylar, çatlaklardır. Çalışma alanındaki dört lokasyon içerisindeki birimlerden genel özellikleri temsil edecek şekilde eğim açısı/ eğim yönü açısına göre toplamda 1743 süreksizlik ölçümü verisi alınmış olup bu ölçümler DİPS 6.0 programı ile değerlendirilerek eklem takımlarına ait kontur ve gül diyagramları hazırlanmıştır. Kontur ve gül diyagramları incelendiğinde çalışma alanının da yer alan lokasyonlarda hakim eklem takımları ve yönelimleri aşağıda verilmektedir (Çizelge.1).

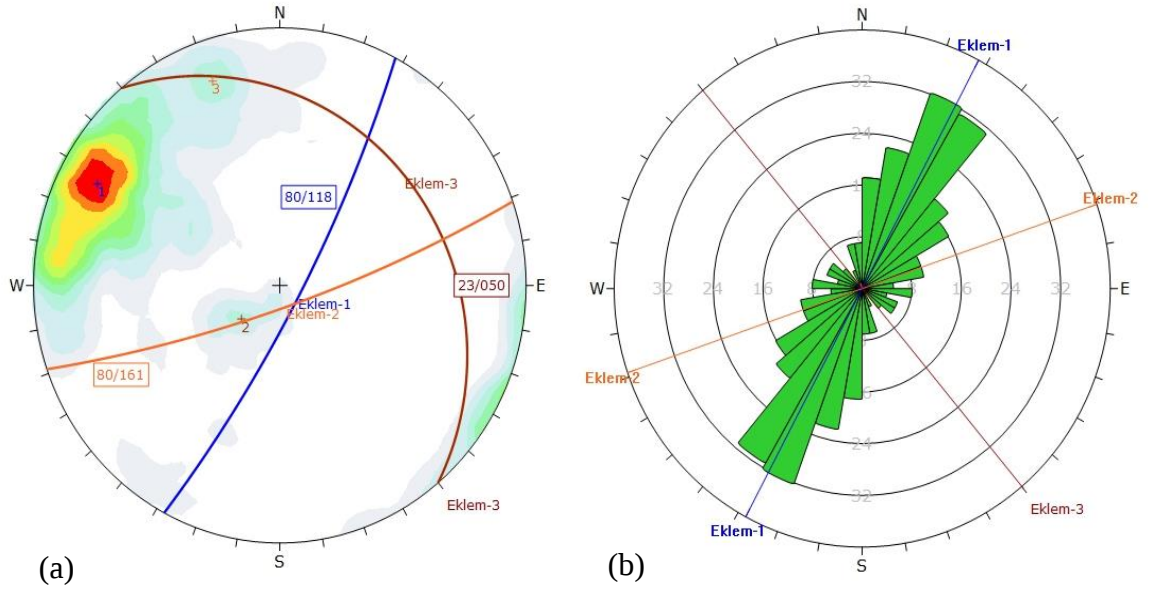
Çalışma alanındaki çeşitli lokasyonlardan alınan süreksizlik verileri yorumlanarak elde edilen eklem takımlarının yönelimleri kontur ve gül diyagramları oluşturularak çözümlenmiştir. Burada kullanılan eklem yönelimleri ayrıca kinematik analizler içinde kullanılmıştır. Her bir lokasyon için yapılan kontur ve gül diyagramları aşağıda (Şekil 4.15, 4. 16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.12, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26) verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışma alanındaki süreksizliklerin şev yönelimleri, eklem yönelimleri ve sınıflandırılması

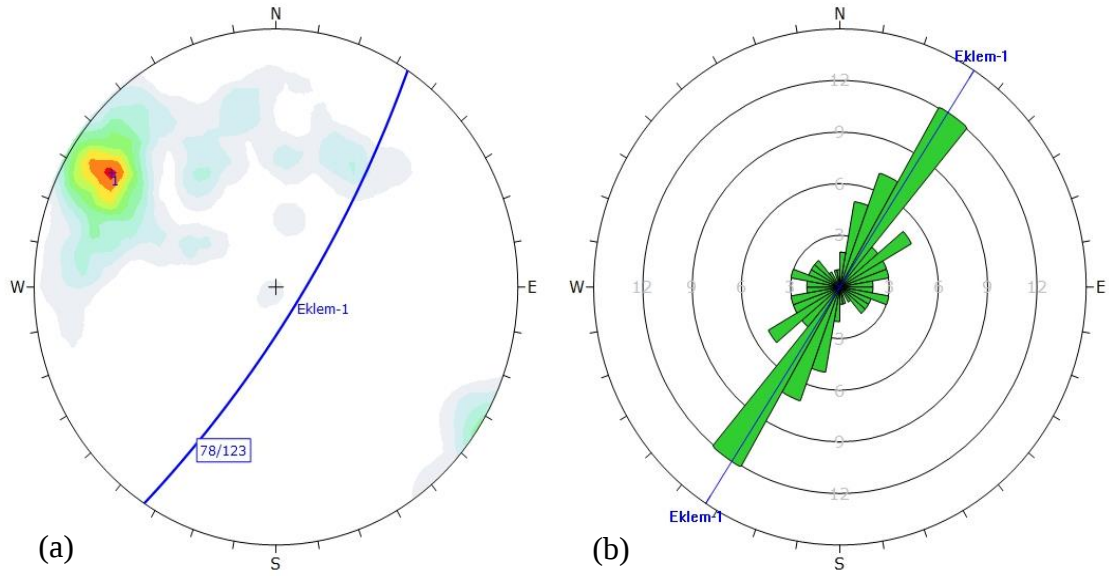
Lokasyon Adı	Şev No	Şev Yönelimi	Eklem No	Eklem Takımlarının Yönelim
1. Balıkçı Barınak Karşısı	1 nolu Şev	73/108	I	79/095
			II	85/052
	2 nolu Şev	76/122	I	80/118
			II	80/161
			III	23/050
	3 nolu Şev	73/122	I	78/123
2. Orhan Büyük Alp Tüneli	4 nolu Şev	80/090	I	65/115
			II	77/298
3. Adnan Sezgin Tüneli	5 nolu Şev	70/120	I	65/139
			II	47/135
4. Altan Ayağı Tüneli	6 nolu Şev	83/128	I	80/128
			II	78/147
	7 nolu Şev	64/133	I	75/120
			II	68/161
			III	37/129
	8 nolu Şev	75/164	I	71/178
			II	53/145
	9 nolu Şev	75/164	I	84/209
			II	83/139
			III	57/129
	10 nolu Şev	75/164	I	03/262
			II	84/209
			III	70/131
	11 nolu Şev	74/048	I	77/106
			II	70/068
	12 nolu Şev	58/028	-	-



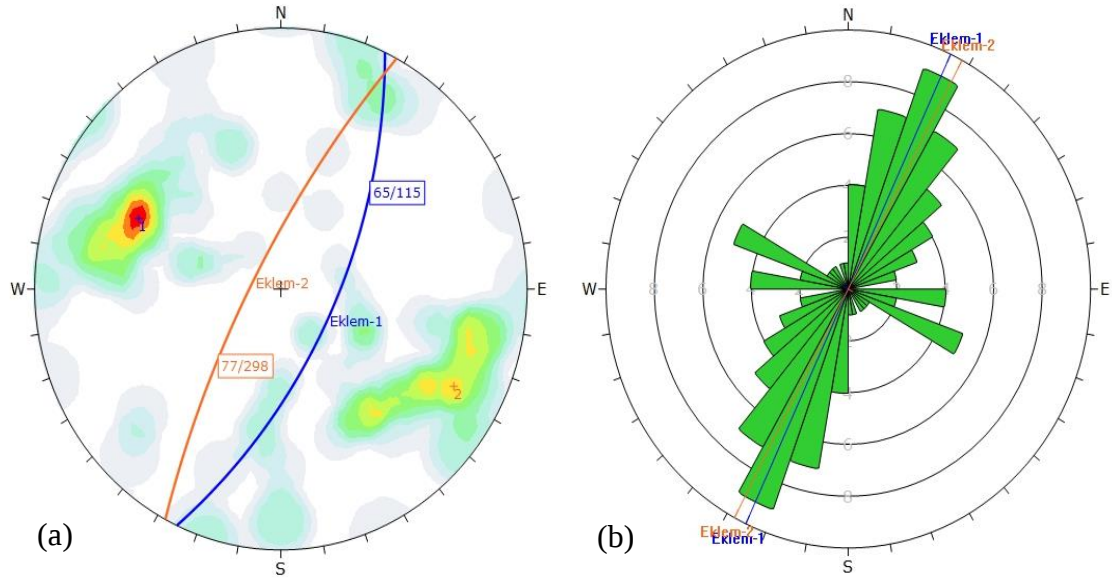
Şekil 4.15. 1 nolu lokasyonda 1 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



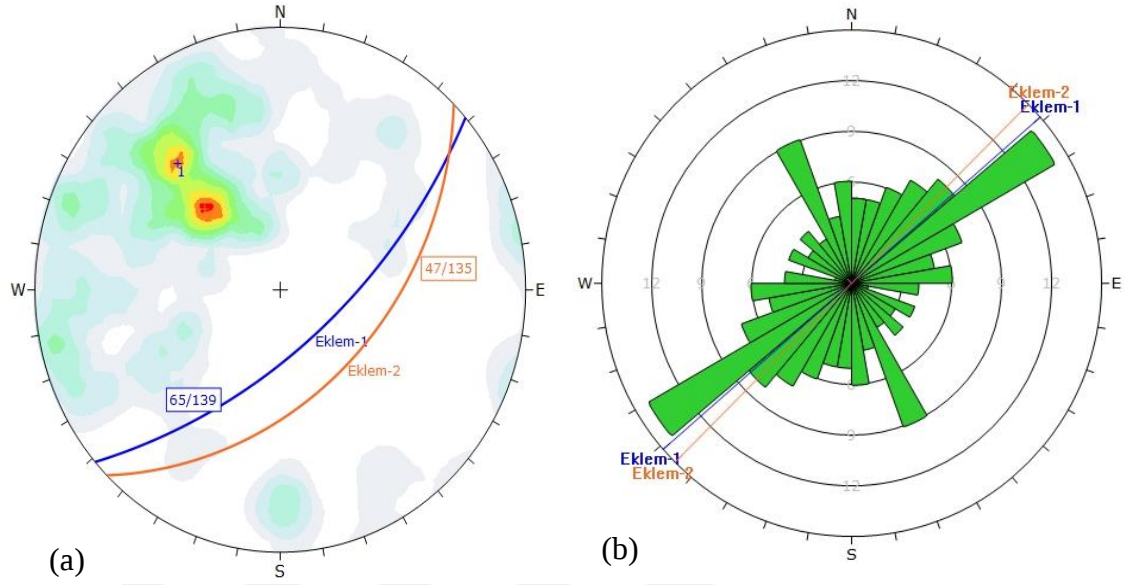
Şekil 4.16. 1 nolu lokasyonda 2 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



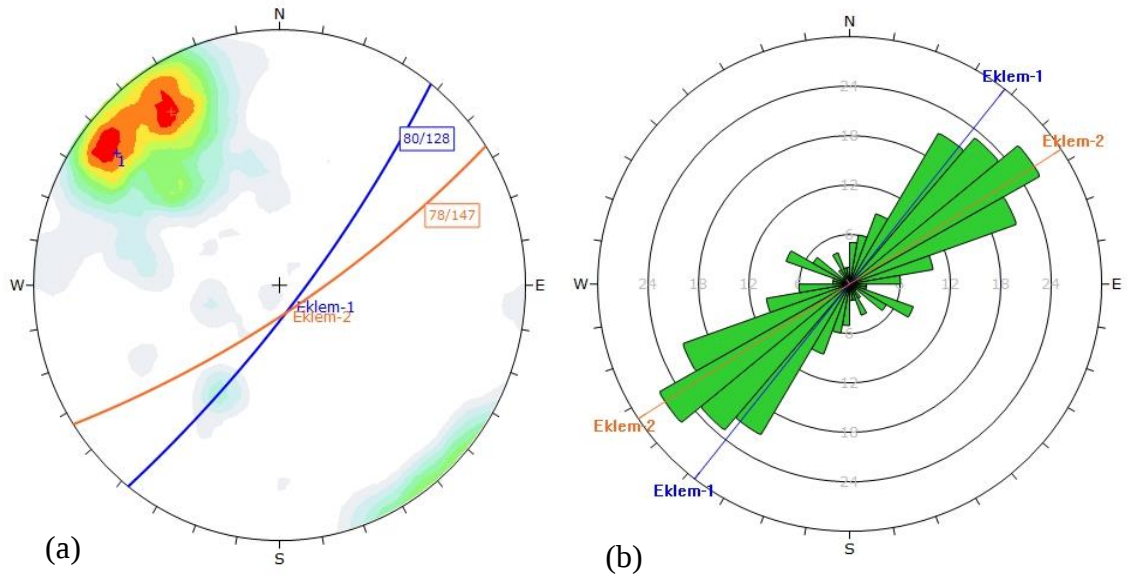
Şekil 4.17. 1 nolu lokasyonda 3 nolu şeve ait eklemelerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



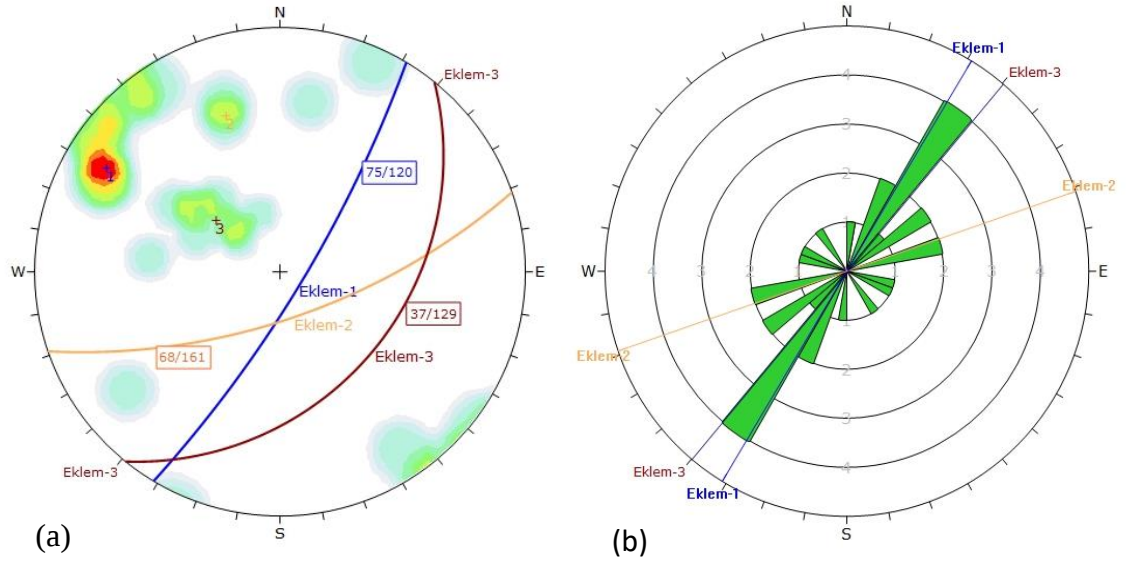
Şekil 4.18. 2 nolu lokasyonda 4 nolu şeve eklemelerin ait kontur (a) ve gül diyagramları (b)



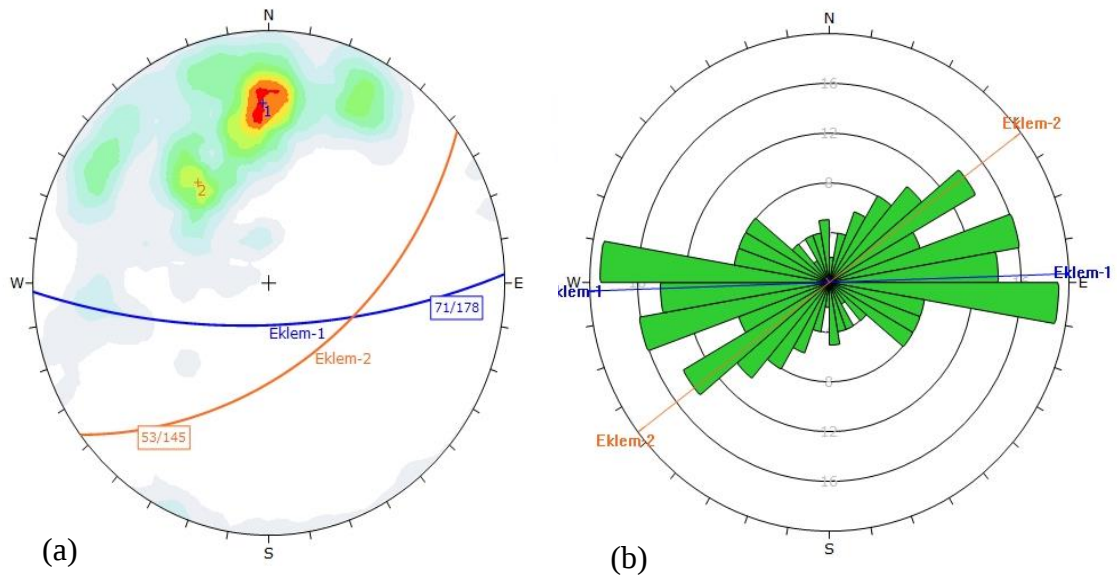
Şekil 4.19. 3 nolu lokasyonda 5 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



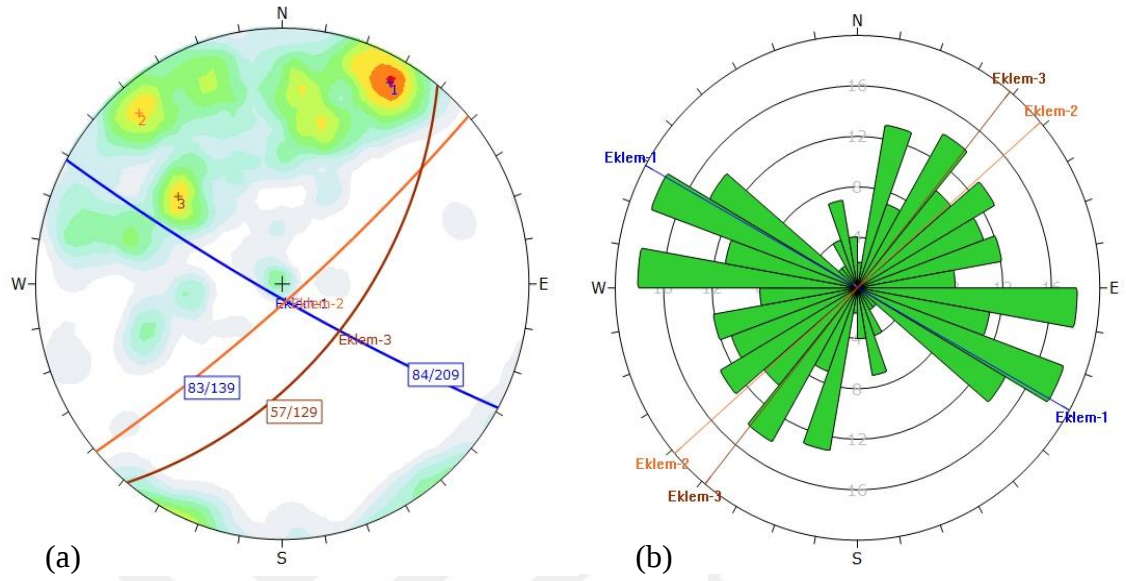
Şekil 4.20. 4 nolu lokasyonda 6 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



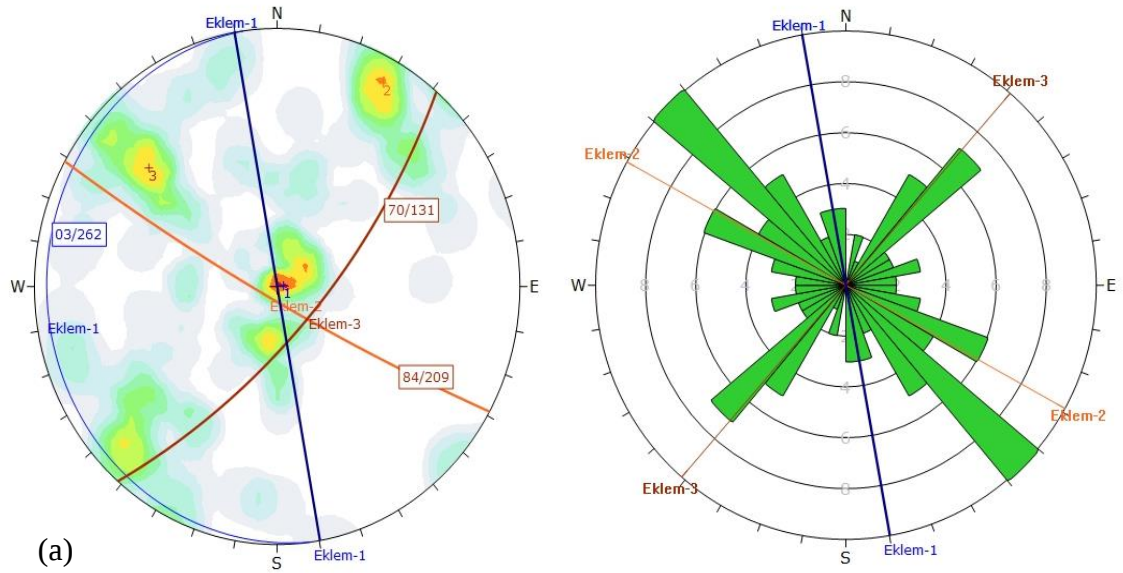
Şekil 4.21. 4 nolu lokasyonda 7 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



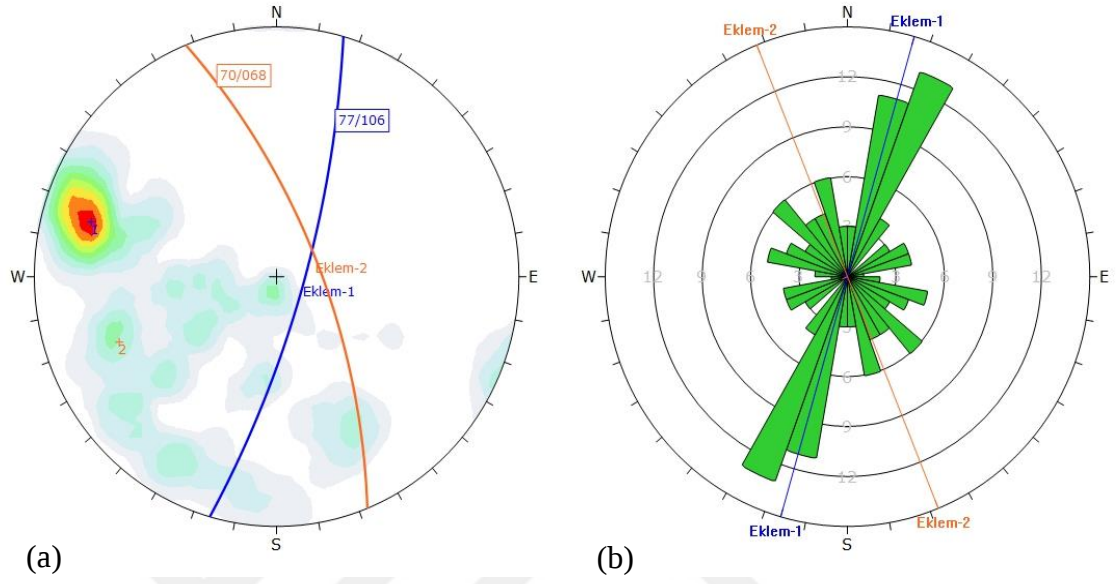
Şekil 4.22. 4 nolu lokasyonda 8 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



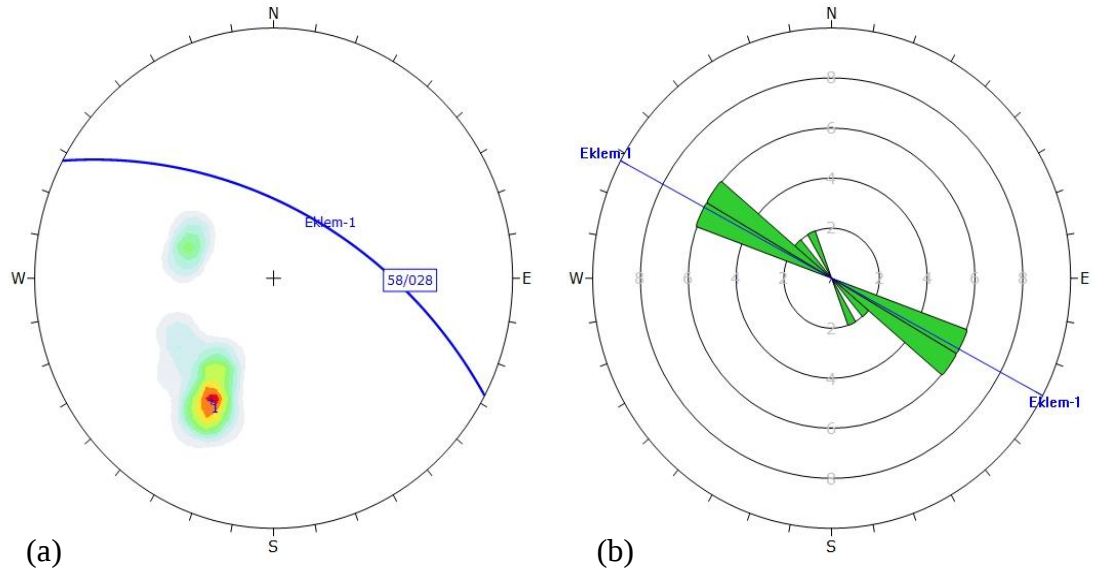
Şekil 4.23. 4 nolu lokasyonda 9 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



Şekil 4.24. 4 nolu lokasyonda 10 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



Şekil 4.25. 4 nolu lokasyonda 11 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)



Şekil 4.26. 4 nolu lokasyonda 12 nolu şeve ait eklemlerin kontur (a) ve gül diyagramları (b)

4.2. Çalışma Alanındaki Kaya Kütlelerinin Süreksizlik Özellikleri:

a. Süreksizlik Türleri

Çalışma alanındaki süreksizlikler; kırıklar, tabakalanmalar, çatlaklar, kıvrım eksenleri, faylar şeklindedir.

b. Yönelim ve Eklem Takımları Sayısı

Kaya mühendisliğinde ve jeoteknik etütlerde bir süreksizlik yönelimi eğim ve eğim yönü değerleri ile tanımlanır. Çatlak takım sayısı ise kaya kütleleri içerisinde birbirine yaklaşık paralel olarak gelişen kırık ve çatlak topluluklarının sayısı olarak tanımlanır. Yönelim ve eklem takımı sayısı kullanılan temel parametreler olup kaya kütlelerinin blok boyutlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Çalışma alanındaki dört lokasyon içerisindeki birimlerden genel özellikleri temsil edecek şekilde alınan toplamda 1743 süreksizlik ölçümü yapılmış olup bu ölçümler DİPS 6.0 programı ile değerlendirilerek kontur ve gül diyagramları hazırlanmıştır. Kontur ve gül diyagramları incelendiğinde çalışma alanının da yer alan lokasyonlar da;

1 nolu lokasyondaki (Balıkçı Barınağı Karşısı) hakim eklem takımları;

1 nolu Şev yüzeyinde 79/095 ve 85/052 yöneliminde (Şekil 4.15)

2 nolu Şev Yüzeyinde 80/118, 80/161 ve 23/050 yöneliminde (Şekil 4.16)

3 nolu Şev yüzeyinde 78/123 yöneliminde (Şekil 4.17) görülmektedir.

2 nolu lokasyondaki (Orhan Büyük Alp Tüneli) hakim eklem takımları;

4 nolu Şev yüzeyinde 65/115 ve 77/298 yönelimindedir (Şekil 4.18).

3 nolu lokasyondaki (Adnan Sezgin Tüneli) hakim eklem takımları;

5 nolu Şev yüzeyinde, hakim eklem takımları: 65/139 ve 47/135 yönelimindedir (Şekil 4.19).

4 nolu lokasyondaki (Altan Ayağı Tüneli) hakim eklem takımları;

6 nolu Şev yüzeyinde, Eski Çam Dağ Tüneli doğu kısmı; 80/128 ve 78/147 yönelimindedir (Şekil 4.20).

7 nolu Şev yüzeyinde, Eski Çam Dağ Tüneli üstü; 75/120, 68/161 ve 37/129 yönelimindedir (Şekil 4.21).

8 nolu Şev yüzeyinde Eski Çam Dağ Tüneli batı 1.kısmı; 71/178 ve 53/145 yönelimindedir (Şekil 4.22).

9 nolu Şev yüzeyinde, Eski Çam Dağ Tüneli batı 2.kısmı; 84/209, 83/139 ve 57/129 yönelimindedir (Şekil 4.23).

10 nolu Şev yüzeyinde, Eski Çam Dağ Tüneli batı 3.kısmı; 03/262, 84/209 ve 70/131 yönelimindedir (Şekil 4.24).

11 nolu Şev yüzeyinde, Eski Çam Dağ Tüneli kuzey çıkışı ve eski heyelan arası; 77/106, 70/068 yönelimindedir (Şekil 4.25).

12 nolu Şev yüzeyinde, Altan Ayağı Tüneli kuzey çıkışı doğu kısmındaki heyelan; 58/028 yöneliminde (Şekil 4.26) olduğu tespit edilmiştir.

c. Süreksizliklerin Devamlılığı

Devamlılık, bir kaya mostrasında süreksizlik izinin gözlenen uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Devamlılık bir tabaka düzlemi içerisinde süreksizliğin boyutunun veya alansal dağılımının kaba bir ölçüsüdür. Devamlılığı azaltan faktörler içerisinde süreksizliğin sağlam kayada son bulması veya başka süreksizlikler tarafından kesilmesi yer almaktadır. Süreksizliklerin devamlılığı kayaların parçalanabilme özelliğini, makaslama dayanımını, göçebilirlik ve geçirgenlik özelliklerini etkilemektedir.

Çalışma alanındaki devamlılık, çatlak ve tabaka düzlemlerinin eğim yönündeki uzunluklarının şerit metre ile ölçülmesi ile yaklaşık olarak belirlenmiştir. Çalışma alanındaki 1 nolu lokasyonda bulunan 1,2 ve 3 nolu şev ile 4 nolu lokasyonda bulunan eski Çam Dağ Tüneli kuzey çıkışı ve heyelan arasındaki şev yüzeylerinde ölçülen kireç taşı tabakalarının ve çatlakların devamlılıklarının tanımlanmasında I.S.R.M (1981) devamlılık sınıflaması kullanılmış olup; bu belirtilen lokasyonlarda ki kireç taşları tabakaları genellikle yüksek derecede devamlı olarak değerlendirilirken aynı lokasyondaaki çatlak devamlılıkları orta derecede devamlı olarak değerlendirilmiştir.(Çizelge 2.). Diğer lokasyonlarda ki devamlılık ise genellikle çatlaklar üzerinden belirlenmekte ve genellikle bunlarında orta derecede devamlı oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 2. 1, 2, 3 ve 4 nolu lokasyonda bulunan şev yüzeylerinde tabakalanma ve çatlakların devamlılık sınıflaması (I.S.R.M 1981)

Tanımlama	Devamlılık(m)
Çok düşük devamlılık	<1
Düşük derecede devamlı	1-3
Orta derecede devamlı	3-10
Yüksek devamlı	10-20
Çok yüksek devamlı	>20

d. Süreksizliklerin Aralığı

Aralık, bir takımda birbirine komşu süreksizlikler arasındaki düşey uzaklık olarak tanımlanır (I.S.R.M. 1981). Aralık, diğer özellikler ile birlikte kaya kütlelerinin blok boyutlarını, çatlak yoğunluğunu belirleyen parametreler arasında yer almaktadır. Söz konusu parametre mostralarda hat etüt yöntemi yapılarak doğrudan ölçülebileceği gibi sondaj karotlarından da tayin edilebilirler. Ulusay ve Sönmez (2007)'e göre "süreksizlik veya bunun tersi olan süreksizlik sıklığı, ya da eklem sıklığı parametresi; süreksizlik yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra, kaya kütlelerinin

geçirgenliğini ve kaya malzemesinin oluşturduğu blokların boyutlarını denetleyen bir parametre olması nedeniyle de kaya kütlelerinin en önemli özelliklerinden biridir. Bu parametre, kaya kütlelerinin dayanımı ve davranışı üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğundan dolayı yerüstü kazılarının ve açıklıklarının duraylılıklarını da doğrudan etkilemektedir.” denmektedir.

Bu çalışmada birimlere ait her bir kırık ve çatlak takımında yer alan aralıklar şerit metre ve cetvel kullanılarak ölçülmüştür. Saha çalışmaları sırasında ölçülen aralıklar I.S.R.M (1981) süreksizlik aralık sınıflaması dikkate alınarak her bir kaya kütlelerinde bulunan ortalama aralık değeri göz önünde bulunarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.).

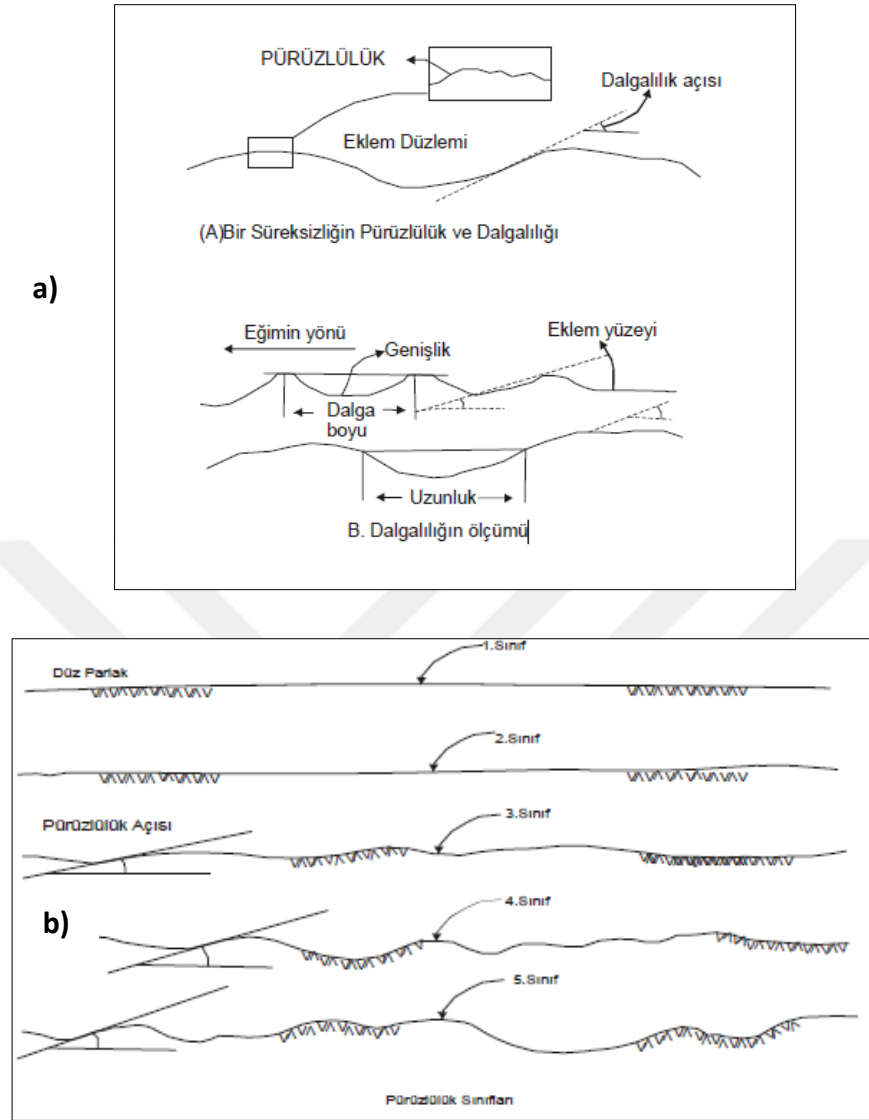
Çizelge 3. Süreksizlik aralık sınıflaması (I.S.R.M 1981)

Tanımlama	Aralık(mm)
Aşırı yakın aralık	<20
Çok yakın aralık	20-60
Yakın aralık	60-200
Orta aralık	200-600
Geniş aralık	600-2000
Çok geniş aralık	2000-6000
Aşırı geniş aralık	>6000

e. Pürüzlülük ve Dalgallık

Pürüzlülük, bir süreksizlik yüzeyinin küçük ölçekte, dalgallık ise büyük ölçekte düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsü olarak tanımlanır (Ulusay ve Sönmez 2002). Her iki özellikte süreksizlik yüzeylerindeki makaslama dayanımının önemli bir bileşenidir.

İnceleme alanındaki süreksizlikler genellikle düz, pürüzlü ve çıkıntılı yüzey özellikleri saptanmış olup, süreksizliklerdeki pürüzlülük ve dalgallık özellikleri I.S.R.M (1981)’e göre pürüzlülük ve dalgallık (Çizelge 4.) deki verilen terimler ve (Şekil 4.2.1.(a ve b)) kullanılarak tanımlanmış olup inceleme alanındaki süreksizliklerin bu sınıflamaya göre 2, 3, 4. sınıfta (az dalgallı – dalgallı – kavisli) yer aldığına karar verilmiştir.



Şekil 4.2.1. a) Süreksizlik yüzeyinde pürüzlülük ve dalgallığın ölçümü; **b)** Pürüzlülük sınıfları (Ulusay 2001’ den alınmıştır.)

Çizelge 4. Pürüzlülük ve dalgallık sınıflaması (I.S.R.M 1981)

Pürüzlülük		Dalgallık	
Tanım	Sınıf	Tanım	Sınıf
Kaygan parlak	1	Düzlemsel	1
Düz	2	Az dalgallı	2
Pürüzlü	3	Dalgallı	3
Çıkıntılı	4	Kavisli	4
Basamaklı	5	Kıvrımlı	5

f. Süreksizlik Açıklığı

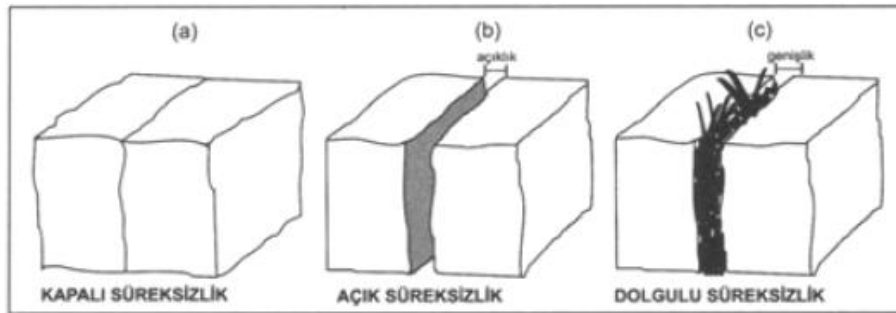
Açıklık bir süreksizliğin bitişik kaya duvarları arasındaki dik uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Açıklık bazen dolgu malzemesinin genişliği ölçülerek de değerlendirilebilir. Süreksizlik açıklığı şev stabilite sorunları açısından oldukça önemlidir. Eklemlerin açıklığı süreksizliklerin makaslama dayanımını ve hidrolik iletkenliğini etkiler. Geniş aralıklar pürüzlülük ve dalgalılığı yüksek olan süreksizliklerin makaslama hareketine uğramaları sonucunda oluşurlar. Dik süreksizlikler, erozyon nedeniyle çekilme mekanizması ile açılmış olup, açıklıkları fazladır.

İnceleme alanında süreksizlik açıklığı ölçümü kayaç mostralarının yüzeyi döküntülerden temizlenerek belirlenen etüt hattını kesen tüm süreksizliklerin açıklıkları cetvel yardımı ile ölçülerek yapılmıştır. İnceleme alanındaki süreksizliklerin sınıflandırılması her bir kayaç kütesinde I.S.R.M (1981)'in eklem açıklığı sınıflaması kullanılarak tanımlanmıştır (şekil.4.2.2). Bölgedeki kayaçlar “orta geniş- orta dar- dar” açıklıklara sahip kayaçlar olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 5.).

Çizelge 5. Açıklık sınıflaması (I.S.R.M., 1981)

Tanımlama	Açıklık (mm)
Geniş	200 >
Orta Geniş	60-200
Orta Dar	20-60
Dar	60-20
Çok Dar	2-6
Aşırı Dar	< 2
Sıkışık	-

Çalışma alanındaki süreksizlik açıklıkları farklı farklı özellikler göstermektedir ve bazı yerlerde geniş mağara boşlukları süreksizlik açıklıklarını etkilemektedir. Çalışma alanındaki lokasyonlarda çatlak açıklıkları boşluk iken bazı alanlarda ise kalsit dolgu ile süreksizlikler kapanmaktadır.



Şekil 4.2.2. Kapalı, açık ve dolgulu süreksizlikler (ISRM 1981'den)

g. Dolgu Malzemesi

Genel olarak ana kayaçtan daha zayıf özellikte olup bir süreksizliğin iki yüzeyi arasında yer alan malzeme dolgu malzemesidir. Tipik dolgu malzemesi türleri kum, silt, kil, breş, milonit bunlara ek olarak kuvars, kalsit ve benzeri minerallerden oluşan dolgular da vardır. Bu malzemeler ya süreksizliğin oluşumu esnasında oluşur ya da kayaç süreksizlikleri içerisinde suyun hareketi sonucu oluşurlar. Kalınlıları cm ölçeğinden metre ölçeğine kadar değişebilir. Dolgu malzemesinin kalınlığı ise süreksizliğin iki yüzeyi arasındaki kalınlık olarak ifade edilir (Ulusay ve Sönmez 2007).

Dolgu malzemesi ve türü süreksizlik yüzeyi boyunca kayma gerilmesini ve buna bağlı olarak şev duraylılığını etkilemektedir. Goodman (1970) yaptığı çalışmalarda dolgu malzemesinin kalınlığının arttıkça kayma gerilmesi dolayısıyla da kayma mukavemetinin düşük değerler verdiğini ortaya koymuştur. Kayma hareketleri bu dolgu süreksizlik yüzeyleri boyunca meydana gelmektedir. Çalışma alanı içerisindeki lokasyonlarda kırıklı ve çatlaklı yapılarda dolgu malzemesi genellikle gelişmemiştir. Ancak bazı lokasyonlardaki süreksizlik yüzeylerinde en fazla 10 cm kalınlığında kalsit dolgu malzemesi oluşumu gözlemlenmiştir.

h. Süreksizlik Yüzeyi Dayanımı ve Bozunma

Yer bilimlerinin değişik disiplinlerindeki mühendislik projelerinde, İsviçreli mühendis E. Schmidt tarafından 1948 yılında beton yüzey sertliğini ölçmek amacıyla geliştirdiği çekiç çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Birçok araştırmacı tarafından kullanılan bu çekiç laboratuvarında blok ve silindirik örneklerde kolaylıkla kullanılması nedeniyle tercih edilmektedir. Schmidt çekici sertlik ölçümü tam esnek olmayan iki cismin çarpışması ve çarpışma anında oluşan deformasyonun tekrar eski durumuna gelmesi ile oluşan tepki prensibine dayanır. Schmidt çekici ile yapılan deneylerde I.S.R.M (1981) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır. Schmidt çekici geri tepme sayısına bağlı olarak süreksizlik yüzeyleri Çizelge 6.' da görüldüğü gibi tanımlanmış olup süreksizlik yüzeyleri sert- çok sert olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6. Schmidt çekici değerlerine göre kaya sertliğinin niteliksel tanımı (I.S.R.M 1981)

Schmidt çekici değeri	Tanımlama
0-10	Yumuşak
10-20	Az yumuşak
20-40	Az sert
40-50	Sert
50-60	Çok Sert
>60	Aşırı sert

4.3. Kaya Şevlerinde Duraylılığın Kinematik Analizi

Duraylılık doğal yamaç ve mühendislik amacı ile oluşturulan şevlerin uzun zaman içerisinde bozulmadan durumlarını muhafaza etmeleri olarak tanımlanmaktadır. Doğada görülen eğimli yüzeyleri ifade etmek için Şev ve Yamaç terimi kullanılmaktadır. (Özdemir 2009). Bir başka tanıma göre Şev genel anlamda “yatay ya da mevcut arazi yüzeyi ile belirli bir açı yapan kitle” olarak tarif edilebilir (Gökoğlu 2015). Şev duraylılığı uzun yıllar boyunca zeminle uğraşan mühendislerin çok yakından ilgilendiği konular arasındadır. Bu ilginin nedeni, doğal halde ki yamaçlar veya mühendislik yapıları içerisinde yer alan şevlerin stabilite bozukluklarının depremler, sel baskınları vb gibi doğal afetlere benzer olarak ciddi can ve mal kayıplarına yol açabilmesidir. Şev duraysızlığının ve şev tasarımının belirlenmesi ve irdelenmesinde ilk aşama şevde gelişmesi muhtemel olası yenilme modellerinin belirlenmesidir.

Şevlerde duraysızlığın ve yenilme modellerinin belirlenmesinde etkili olan süreksizliklerin başında eklemlili kaya kütleleri gelmektedir. Eklemlili kaya kütlelerinde meydana gelecek duraysızlık riski, sağlam kayada meydana gelebilecek yenilme riskinden daha fazladır. Dolayısıyla bu tür ortamlarda duraysızlıkları denetleyen faktörlerin başında süreksizliklerin yönelimi ve bunların şev ile olan ilişkileri gelmektedir. Şev problemlerinin belirlenmesinde süreksizlikler arasındaki geometrik ilişkilerin değerlendirilmesi gerektiğinden (Koca 1995; Bye ve Bell 2001; Hack vd. 2003; Koca ve Kıncal 2004; Kıncal ve Koca 2009), kaya mühendisliği alanında süreksizliğin kinematik olarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Şevlerin değerlendirilmesinde kullanılan farklı yöntemler vardır. Şev duraylılıkları genellikle kinematik analizler, limit denge analizleri, sayısal analizler (numerik) ve Şev kütle planlaması (SMR) gibi kaya kütle sınıflandırma sistemleri ile değerlendirilmektedir (Hoek ve Bray 1981; Hoek, 1999; Ulusay vd. 2001). Veri olarak, şev geometrisi ve süreksizliklerin kayma dayanımı parametrelerinden içsel sürtünme açısının kullanıldığı kinematik analizler, kaya şevlerindeki yenilmelerin süreksizlikler tarafından kontrol edildiği durumlarda kullanılabilir (Kliche 1999; Kıncal ve Koca 2009; Kulatilake vd. 2011). Dolayısıyla kinematik analizler, duraylılığın süreksizlik sistemleri tarafından kontrol edildiği kaya kütlelerinde duraysızlık problemleri yaşanabilecek olası şevlerin ayırt edilmesi amacıyla ayrıntılı analizlere başlamadan önce kullanılan kabul gören bir yöntemdir. Bu yöntem, birçok araştırmacı tarafından en fazla tercih edilen yöntem olmasına ve birçok avantaj sunmasına karşın, bazı sınırlamalara da sahiptir. Sadece ön tasarım için uygun olması, kritik süreksizliklerin kesin olarak belirlenmesinin gerekliliği, yenilme yüzeyine ait kohezyonun, dış yüklerin, boşluk suyu basıncının, kayan kütlenin ağırlığının ve dinamik yüklerin dikkate alınmaması bu yöntemin en önemli sınırlamalarıdır.

İlk olarak Hoek ve Bray [24] tarafından tanımlanan, Goodman tarafından geliştirilen ve Wyllie ve Mah tarafından yeniden düzenlenen kinematik analiz yönteminde, sadece süreksizlik yönelimleri, şev yönelimi ve süreksizlik yüzeylerinin içsel sürtünme açıları dikkate alınarak, düzlemsel kayma, kama kayması ve devrilme türü yenilmeler için duraylılık analizleri yapılmaktadır. Bu yöntemde analizler, süreksizlik setlerinin ve incelenen şevin durumlarının süreksizliklerin içsel sürtünmesi de dikkate alınarak steronetler ya da kontur diyagramlar kullanılarak elle ya da bu amaçla yazılmış yazılımlarla gerçekleştirilmektedir (Keskin 2017).

Kinematik Analiz Tekniği de bir şevin hareket edip etmeyeceğinin olasılığı analiz edilir. Dolayısıyla analiz sonucunda Şevin duraysızlığının belirlenmesi olasılıktan ibarettir ve kütle hareketi söz konusu ise yukarıda bahsedildiği gibi yapılacak olan Limit Denge veya Sayısal analizler ile kesin olarak ortaya konulabilmektedir (Oktay 2014).

Kaya kütlelerinde süreksizliklere bağlı olarak düzlemsel kayma, kama türü duraysızlık ve devrilme türü duraysızlık olmak üzere üç tür duraysızlık modeli mevcuttur (Hoek and Bray 1981).

4.3.1. Düzlemsel Kayma: Doğadaki kaya şevlerinde, kaya kütlelerinin süreksizlik (tabakalar, faylar, çatlaklar, şistozite vb) düzlemlerine bağlı olarak sınırlı bir şekilde aşağı yönde hareket etmesine “Düzlemsel Kayma” denmektedir (Karlı 2009; Oktay 2014). Düzlemsel kaymanın çeşitli nedenleri vardır. Bunlar şev topuklarının aşırı kazılması ve aşınması, yamaçlara aşırı yük yüklenmesi, yüzey ve yer altı suları, hidratasyon olayı, farklı kayaç cinslerinin araldanması ve yer çekimidir. Tüm bu nedenlerle zayıflık düzlemindeki direnç (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) ve gerilme özelliklerinin değişmesine yani kaydırıcı kuvvetlerin tutucu kuvvetlerden fazla olmasına neden olur. Sonuç olarak yenilmenin bu süreksizlik düzlemleri boyunca meydana gelmesine neden olur (Karlı 2009; Wyllie vd. 2004). Düzlemsel kaymada duraysızlığın gelişebilmesi için gerekli kinematik şartlar şekil 4.3.1.a’da gösterilmiştir.

a) Şevin eğim açısının (ψ_f) süreksizliğin eğim açısından büyük, süreksizliğin eğim açısının (ψ_p) ise süreksizliğin içsel sürtünme açısından (Φ_p) büyük olması,

$$(\psi_f) > (\psi_p) > (\Phi_p)$$

b) Şevin eğim yönü açısı ile süreksizliğin eğim yönü açısı arasındaki farkın $\pm 20^\circ$ den büyük olmaması,

c) Kayan kütlenin iki tarafında yenilmeye karşı çok az direnç gösteren yan yüzeylerin bulunması şeklinde sıralamak mümkündür.

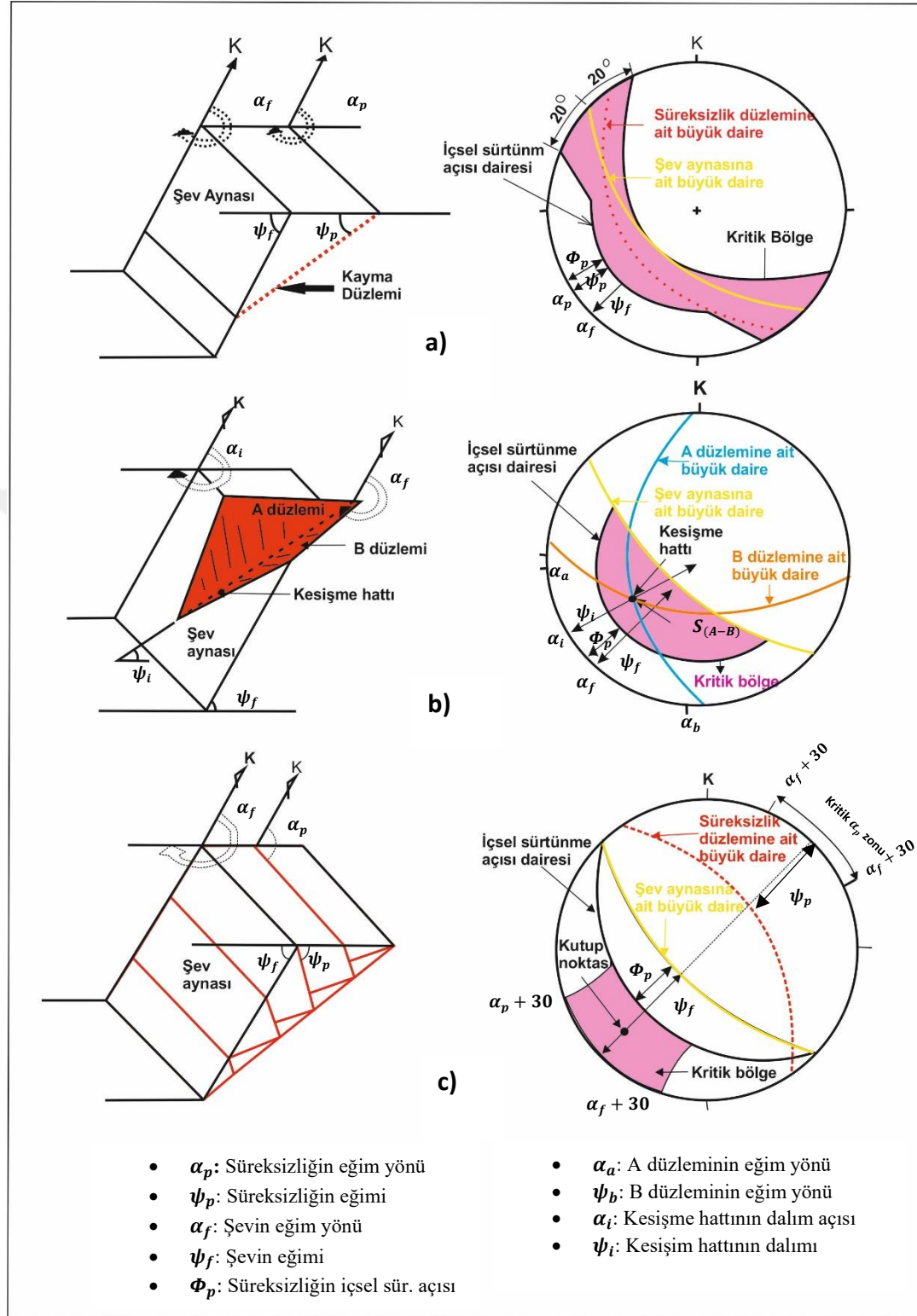
4.3.2. Kama Türü Duraysızlık: Kesişen iki süreksizlik düzleminin meydana getirdiği kamanın, bu kesişme doğrusu boyunca hareket etmesi veya kayması şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu tür yenilmede hareket kesişme düzlemlerinin ara kesitinin gidişi doğrultusunda gerçekleşmektedir. Düzlemsel yenilmeye göre jeolojik ve geometrik koşulların daha geniş alanda meydana gelmesi ile oluşur. Duraysızlığın oluşabilmesi için süreksizliklerin kesişim doğrultusunun (S_{A-B}) steografik iz düşümde; süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı ve Eklem düzlemine ait büyük daire arasındaki bölgeye düşmesi gerekmektedir. Kesişme doğrusunun kritik bölgeye düşmesi, kama türü duraysızlık için gerekli olan kesişme doğrusu dalım açısının (ψ_i) şevin eğim açısından (ψ_f) küçük, süreksizliğin eğim açısından (ψ_p), büyük olması şartını da sağlamış olacaktır. Kama türü yenilme duraysızlığının gelişebilmesi için gerekli kinematik şartlar şekil 4.3.1.b’de gösterilmiştir.

4.3.3. Devrilme Türü Duraysızlık: Şev eğim yönünün tersine eğimli olan ve yüksek devamlılığa sahip süreksizlikler boyunca oluşan duraysızlığa, devrilme türü duraysızlık denir. Devrilme türü duraysızlığın oluşması aşağıdaki şartın sağlanması gerekir :

- a) $(90 - \psi_f) + \Phi_p < \psi_p$
- b) $\alpha_\beta = (\alpha_f + 180) \pm 30^\circ$

Devrilme türü duraysızlıkta bilinmesi gereken en önemli nokta, süreksizliğin eğim yönünün (α_β) şevin eğim yönüne (α_f) zıt olması gerekliliğidir. Devrilme türü duraysızlığın gelişebilmesi için gerekli kinematik şartlar şekil 4.3.1.c’de gösterilmiştir.





Şekil 4.3.1. Kaya şevlerinde düzlemsel kayma (a), kama türü (b) ve devrilme türü (c) duraysızlığın gelişebilmesi için gereken kinematik şartlar (Oktay 2014'den değiştirilerek alınmıştır)

İnceleme alanında yer alan Karbonatlı kayaç birimlerinin oluşturduğu kaya şevlerinde gelişen duraysızlık hareketlerinin çoğu süreksizlik düzlemlerine bağlı olarak gelişmektedir. Şevlerde meydana gelen duraysızlıkların büyüklüğü, hızı, şekli, süreksizliklerin özelliklerine, süreksizlik eğiminin yamacın eğiminden büyük ya da küçük oluşuna, yamacın eğimine, yüksekliğine, süreksizlikle yamaç eğiminin aynı veya ters yönde oluşuna bağlı olarak gelişmektedir.

Süreksizlik yönelim ve duruşları süreksizlik düzlemlerinin eğim miktarı ve eğim yönü ile tanımlanmaktadır. Araziden derlenen çok sayıdaki yönelim verisi Dips 6.0 programındaki stereografik iz düşüm yöntemi ile değerlendirilerek çalışma alanındaki süreksizlikler için karakteristik yönelimler belirlenmiştir. Süreksizlik yönelimleri ve şevlerin konumları arasındaki ilişkiler bu analizlerin girdi parametreleridir. Jeolojik verilerin istatistiksel yorumunda ve kinematik analizlerde eş-açı ve eş alan stereonetleri kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında birçok çalışmalarda da kullanıldığı gibi eş alan stereonetleri kullanılmıştır.

Kinematik analiz yönteminde; düzlemsel, kama ve devrilme türü duraysızlıklar ya da kütle hareketleri incelenir. Sonrasında şev ile duraysızlığa neden olabilecek süreksizlik yönelimleri, Şev yönelimi ve süreksizlik yüzeylerinin içsel sürtünme açısı (Φ) analizlerde girdi parametre olarak kullanılır. Bu analizlerde kullanılmak üzere gerekli olan süreksizlik parametreleri kaya şevlerinde süreksizliklerin ölçülmesi ile elde edilir. Daha sonra mümkün olduğunca çok sayıda ölçülmüş süreksizliklerin eğim açısı ve eğim yönü açısı verileri stereonetlere işlenerek çatlaklara ait kutuplar ve büyük daireleri elde edilir. Yine aynı stereonet üzerine Şev'e ait büyük daire çizilir. Süreksizliklerin ortalama içsel sürtünme açılarının da stereonet üzerine çizilmesinden sonra duraysızlık koşulunun belirlenmesine yönelik değerlendirmeler yapılır. Bu çalışmada, süreksizlik yüzeylerinden örnek alınmasında karşılaşılan güçlükler nedeniyle Barton ve Choubey (1977) yenilme kriteri kullanılarak, süreksizlik yüzeylerinin içsel sürtünme açısı $31-37^0$ olarak belirlenmiştir (Özdemir 2009).

Çalışma alanında:

1 nolu lokasyon (Balıkçı Barınağı Karşısı): Buradaki şevlerin yükseklikleri, 9 m ile 23 metre arasında değişmektedir (Şekil 4.3, 4.4, 4.5). Bu civardaki şevlerin hakim yönelimleri Şev 1: 73/108, Şev 2: 76/122 ve Şev 3: 73/122 şeklinde olup, yamaçlarda yayılım gösteren kayalarda hakim eklem yönelimleri ise:

1 nolu şevde: 409 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu eklem takımları 79/095 ve 85/052 yönelimindedir.

2 nolu şevde: 257 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu eklem takımları 80/118, 80/161 ve 23/050 yönelimindedir.

3 nolu şevde: 63 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu eklem takımları 78/123 yönelimindedir.

2 nolu lokasyon (Orhan Büyük Alp Tüneli Civarı): Tünelin doğu kısmı eski yol üzerinde şevlerin yükseklikleri, 8 m ile 12 metre arasında değişmektedir (Şekil 4.6). Bu civardaki şevlerin hakim yönelimleri 4 nolu Şev: 80/090 şeklinde olup, yamaçlarda

yayılım gösteren kayalarda hakim eklem takımları yönelimi ise 73 çatlak ölçümü sonrası 65/115 ve 77/298 şeklindedir.

3 nolu lokasyon (Adnan Sezgin Tüneli Civarı): Tünelin doğu kısmında şevlerin yükseklikleri, 6 m ile 40 metre arasında değişmektedir (Şekil 4.7). Bu civardaki 5 nolu şevde hakim yönelim 70/120 şeklinde olup, yamaçlarda yayılım gösteren kayalarda hakim eklem takımları yönelimi ise 126 süreksizlik ölçümü sonrası 65/139 ve 47/135 şeklindedir.

4 nolu lokasyonda (Altan Ayağı Tüneli Civarı): Tünelin doğu kısmı eski yol üzerinde şevlerin yükseklikleri, 5 m ile 40 metre arasında değişmektedir (Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14). Bu civardaki hakim Şev yönelimleri Şev 6: 83/128, Şev 7: 64/133, Şev 8: 75/164, Şev 9: 75/164, Şev 10: 75/164, Şev 11: 74/048, Şev 12: 58/028 olarak belirlenmiştir.

6 nolu Şev yamacın da yayılım gösteren kayalarda hakim eklem takımları yönelimi ise 180 çatlak ölçümü sonrası 80/128 ve 78/147 şeklindedir.

7 nolu Şev yamacın da yayılım gösteren kayalarda hakim eklem takımları yönelimi ise 20 çatlak ölçümü sonrası 75/120, 68/161 ve 37/129 şeklindedir.

8 nolu Şev yamacın da yayılım gösteren kayalarda hakim eklem takımlarının yönelimi ise 173 çatlak ölçümü sonrası 71/178 ve 53/145 şeklindedir.

9 nolu Şev yamacın da yayılım gösteren kayalarda hakim eklem takımlarının yönelimi ise 204 çatlak ölçümü sonrası 84/209, 83/139 ve 57/129 şeklindedir.

10 nolu Şev yamacın da yayılım gösteren kayalarda hakim eklem takımlarının yönelimi ise 103 çatlak ölçümü sonrası 03/262, 84 /209 ve 70/131 şeklindedir.

11 nolu Şev yamacın da yayılım gösteren kayalarda hakim eklem takımlarının yönelimi ise 110 çatlak ölçümü sonrası 77/106 ve 70/068 şeklindedir.

12 nolu Şev yamacın da yani heyelanda ölçülen fay düzleminin yayılımını gösteren 25 ölçüm değerinde, Şev hakim yöneliminin 58/028 olduğu belirlenmiştir.

Dolayısıyla 4 lokasyonda toplam 12 Şev incelenmiş olup, şevlerde yukarıda belirtildiği gibi yönelim ölçüleri elde edilmiştir.

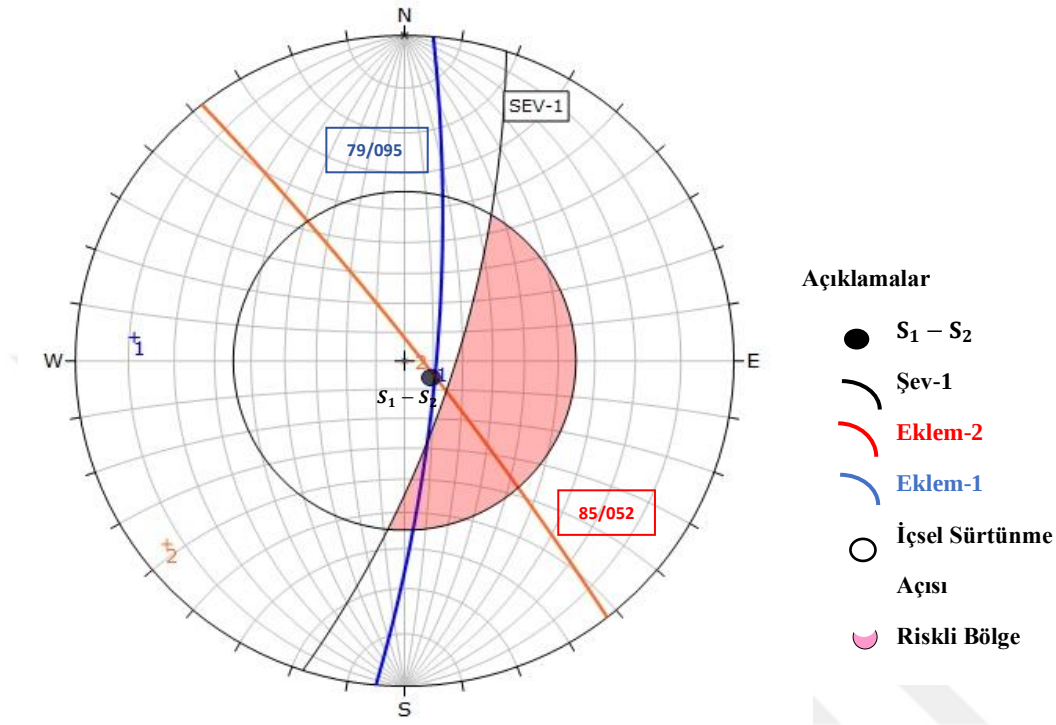
Aşağıda çalışma alanındaki kayaçlarda yer alan süreksizliklere ait içsel sürtünme açısı (Φ) 35 derece alınıp sahada belirlenen şev eğimleri için kinematik kontrollü duraysızlık analizi yapılmıştır;

1 nolu lokasyon (Balıkçı Barınağı Karşısı):

1 nolu Şevde Duraylılık Analizi

1 nolu şevin yüksekliği 20 m olarak ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 73/108 şeklinde olup, 409 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının

yorumlanması sonucu eklem takımları 79/095 ve 85/052 yöneliminde oldukları belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı $\Phi: 35^\circ$ olarak alınmış olup, bu verilerden yararlanılarak duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 4.3.2).



Şekil 4.3.2 Balıkcı Barınağı civarındaki 1 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı:

*1 ve 2 nolu süreksizlikler üzerinde herhangi bir düzlemsel kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı:

*1 ve 2 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 78/118 dir.

Kama türü yenilme S_1 - S_2 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

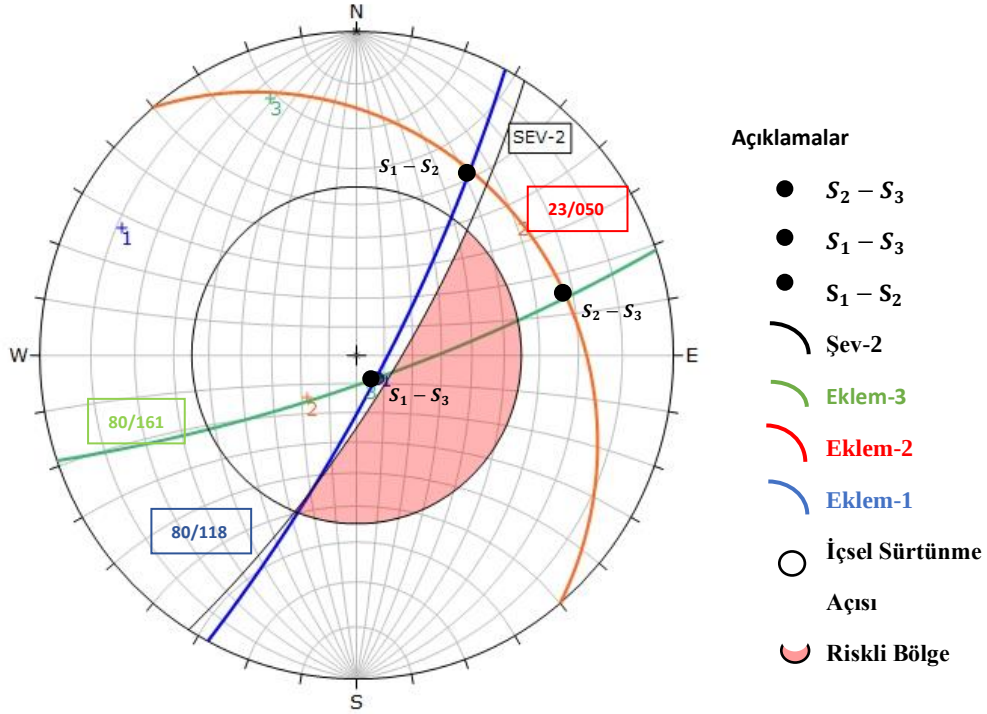
-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı:

*1 ve 2 nolu süreksizlik yüzeylerinde devrilme türü yenilme gerçekleşmez.

Yapılan denetimlerde 1 nolu şevde süreksizlik denetimli herhangi bir yenilme söz konusu değildir. Şayet Şev eğim açısı artırılarak en az 79° ve üzeri şev açıları oluşturulursa şev de 1ve 2 nolu süreksizliklerin arakesitinin gidiş yönü boyunca kama türü yenilme söz konusu olabilir.

2 nolu Şevde Duraylılık Analizi

2 nolu şevin yüksekliği 9 m ile 20 m arasında ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 76/122 şeklinde olup, 257 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu eklem takımları 80/118, 80/161 ve 23/050 yöneliminde oldukları belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı $\Phi: 35^\circ$ olarak alınmış olup, bu verilerden yararlanılarak duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 4.3.3).



Şekil 4.3.3. Balıkçı Barınağı civarındaki 2 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizlikte düzlemsel kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 22/032 dir.

Kama türü yenilme S_1-S_2 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

*1 ve 3 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 79/137 dir.

Kama türü yenilme S_1-S_3 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

*2 ve 3 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 21/075 dir.

Kama türü yenilme S_2-S_3 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

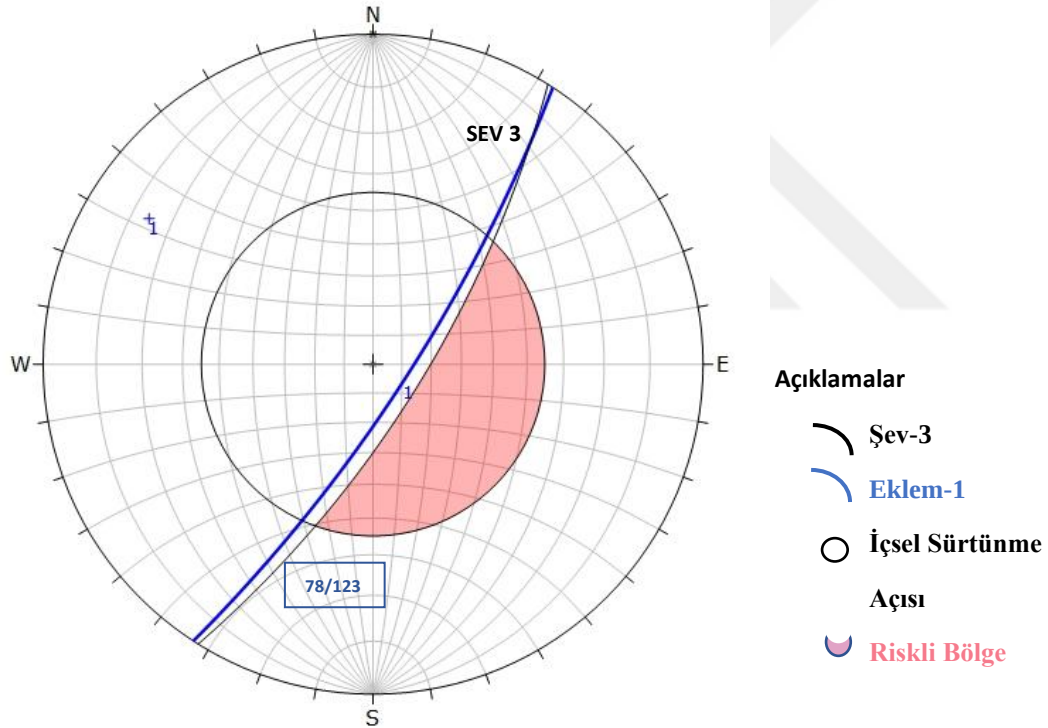
-Devrilme Türü Yenilme;

*1,2 ve 3 nolu süreksizliklerde devrilme yenilmesi gerçekleşmez.

Yapılan denetimlerde 2 nolu şevde süreksizlik denetimli herhangi bir yenilme söz konusu değildir. Bununla beraber 2 nolu şevde Şev eğim açısı arttırıldığında, 1 ve 3 nolu süreksizliklerin arakesitlerinin yöneliminde kama türü kayma gerçekleşebilir.

3 nolu Şevde Duraylılık Analiz

3 nolu şevin yüksekliği 10 m ile 23 m arasında ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 73/122 şeklinde olup, 63 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu eklem takımları 78/123 yöneliminde oldukları belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı Φ : 35^0 olarak alınmış olup, bu verilerden yararlanılarak duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 4.3.4).



Şekil 4.3.4. Balıkçı Barınağı civarındaki 3 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma olasılığı;

*1 nolu süreksizlikte düzlemsel kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

* 1 nolu süreksizlikte kama türü yenilme gerçekleşmez.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı;

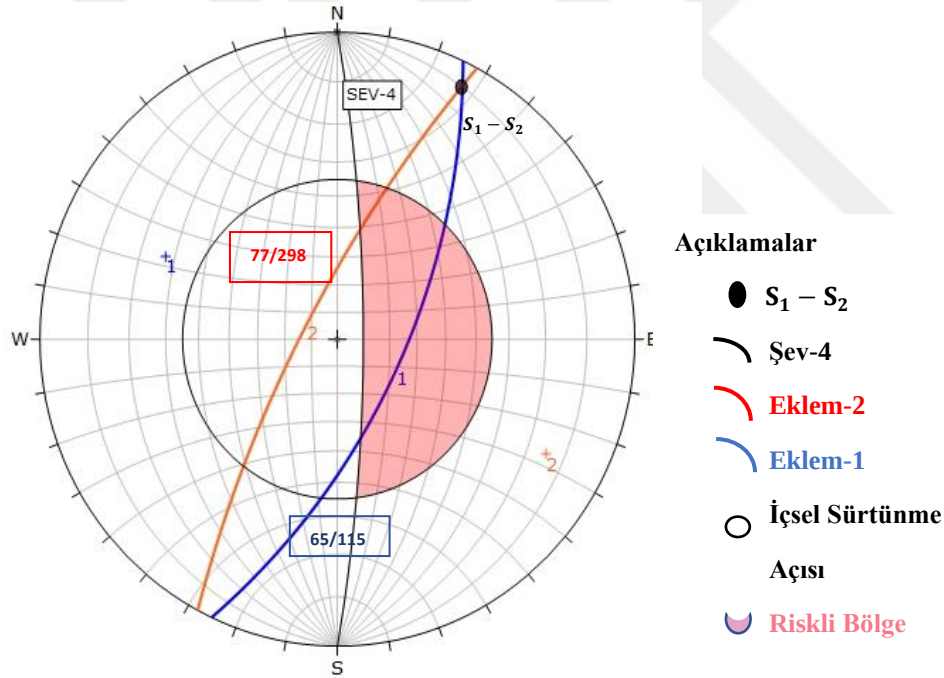
*1 nolu süreksizlikte kama türü yenilme gerçekleşmez.

Yapılan denetimler sonucunda, 3 nolu şevde süreksizlik denetimli herhangi bir yenilme söz konusu değildir. Ancak 3 nolu Şev de şev açısı en az 78^0 yapıldığında, 1 nolu süreksizlikte düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

2 nolu lokasyon (Orhan Büyük Alp Tüneli Civarı):

4 nolu Şevde Duraylılık Analiz

4 nolu şevin yüksekliği 12 m arasında ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 80/090 şeklinde olup 73 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonrası hakim eklem takımlarının 65/115 ve 77/298 yöneliminde oldukları belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı $\Phi: 35^0$ olarak alınmış olup, bu verilerden yararlanılarak duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 4.3.5).



Şekil 4.3.5. Orhan Büyükalp Tüneli civarındaki 4 nolu şev de duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı;

*1 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı; 65^0 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli Şev yönelimi; 45^0 veya 185^0 (mevcut eğimde) dir.

2 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

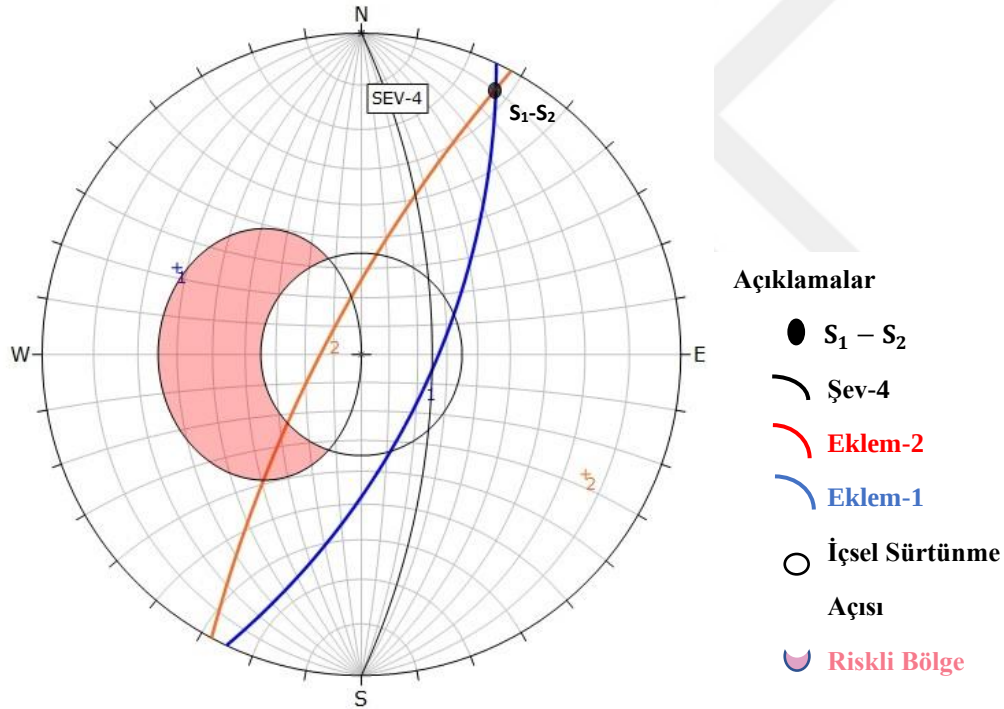
*1 ve 2 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 06/028 dir.

Kama türü yenilme S_1 - S_2 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizlik üzerinde devrilme türü yenilme gerçekleşmez.

Yapılan denetimler sonucunda, 4 nolu şevdeki 1 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının mevcut eğim yönünde 65° ye düşürülüp (Şekil 4.3.6), şev eğim yönü açısının ise mevcut eğimde 45° veya 185° alınması ile önlenebileceği belirlenmiştir.

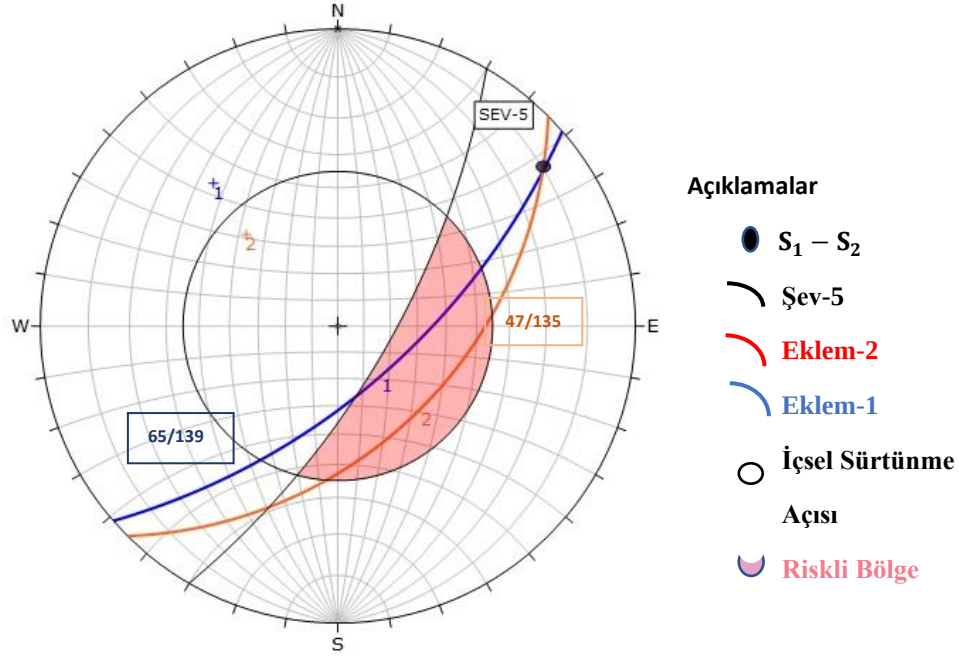


Şekil 4.3.6. Orhan Büyükalp Tüneli civarındaki 4 nolu şevde şev açısının 65° olarak alınması durumunda kaymanın önlenmesi

3 nolu lokasyon (Adnan Sezgin Tüneli Civarı):

5 nolu Şevde Duraylılık Analizi

5 nolu şevin yüksekliği 6 m ile 40 m arasında ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 70/120 şeklinde olup, 126 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu hakim eklem takımları 65/139 ve 47/135 yönelimin de oldukları belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı Φ : 35° olarak alınmış olup, kinematik kontroller her yamaç için yapılmıştır (Şekil 4.3.7);



Şekil 4.3.7. Adnan Sezgin Tüneli civarındaki 5 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı;

*1 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 65° (mevcut eğim yönünde)

Güvenli Şev yönelimi: 95° veya 205° (mevcut eğimde) dir.

*2 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 46° (mevcut eğim yönünde)

Güvenli Şev yönelimi: 65° veya 205° (mevcut eğimde) dir.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

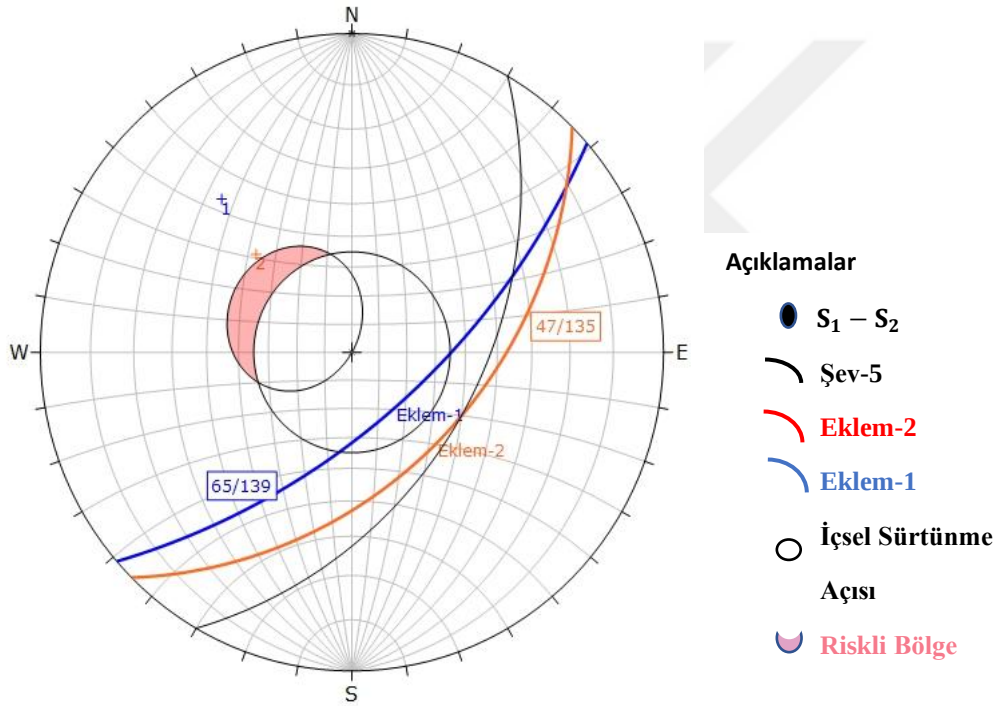
*1 ve 2 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 06/052 dir.

Kama türü yenilme S_1 - S_2 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizlik üzerinde devrilme türü yenilme gerçekleşmez.

Yapılan denetimlerde 5 nolu Şev üzerinde 1 ve 2 nolu süreksizliklerde düzlemsel kayma meydana gelebileceği belirenmiş olup, 1 nolu süreksizlik için mevcut şev açısının 65^0 ye düşürülüp, Şev eğim yönü açısının ise mevcut eğimde 95^0 veya 205^0 olarak alınması ile önlenilebileceği, 2 nolu süreksizlikler için mevcut şev açısının 46^0 ye düşürülüp (Şekil 4.3.8.), şev eğim yönü açısının ise mevcut eğimde 65^0 veya 205^0 olarak alınması durumunda kayma engellenebilir.



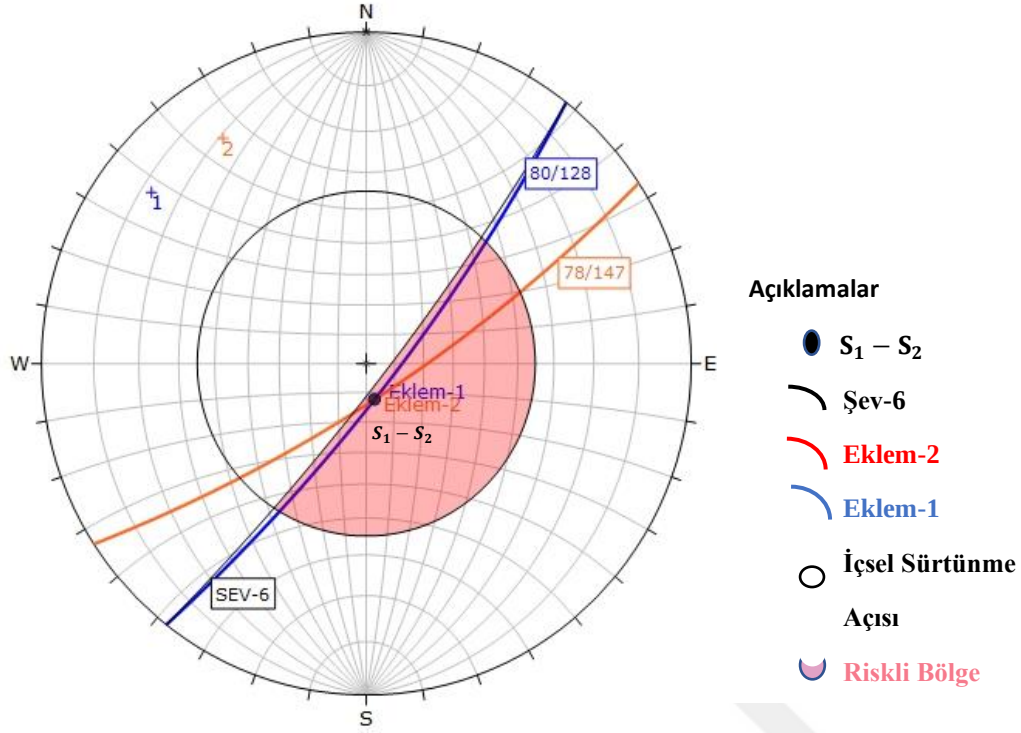
Şekil 4.3.8. Adnan Sezgin Tüneli civarındaki 5 nolu şevde şev açısının 46^0 olarak alınması durumunda kaymaların önlenmesi

4 nolu lokasyon (Altan Ayağı Tüneli Civarı):

6 nolu Şevde Duraylılık Analizi

Eski Çam Dağ tüneli doğu tarafında, 6 nolu şevin yüksekliği 40 m civarında ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 83/128 şeklinde olup, 180 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu hakim eklem takımlarının 80/128 ve 78/147 yönelimin de oldukları belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı Φ : 35^0 olarak alınmış olup, bu

verilerden yararlanılarak duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 4.3.9);



Şekil 4.3.9. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 6 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı;

*1 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 79^0 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli Şev yönelimi: 80^0 veya 180^0 (mevcut eğimde) dir.

*2 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 77^0 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli Şev yönelimi: 90^0 veya 205^0 (mevcut eğimde) olabilir.

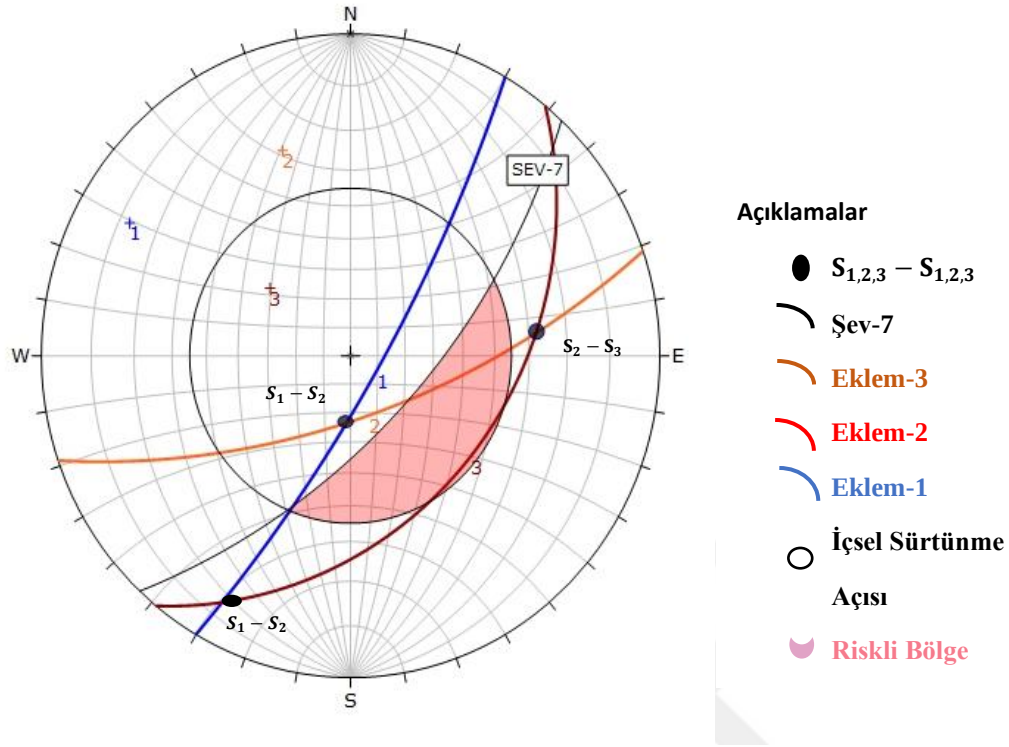
-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 77/166 dir.

Kama türü yenilme S_1-S_2 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşir.

Güvenli en büyük şev açısı: 78^0 (mevcut eğim yönünde) dir.

Güvenli Şev yönelimi: 100^0 veya 235^0 (mevcut eğimde) dir.



Şekil 4.3.11. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 7 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma olasılığı;

*1 nolu süreksizlikte düzlemsel kayma gerçekleşmez.

*2 nolu süreksizlikte düzlemsel kayma gerçekleşmez.

*3 nolu süreksizlikte düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 36^0 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli Şev yönelimi: 55^0 veya 200^0 (mevcut eğimde) dir

-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

* 1,2 ve 3 nolu süreksizliklerde kama türü yenilme gerçekleşmez.

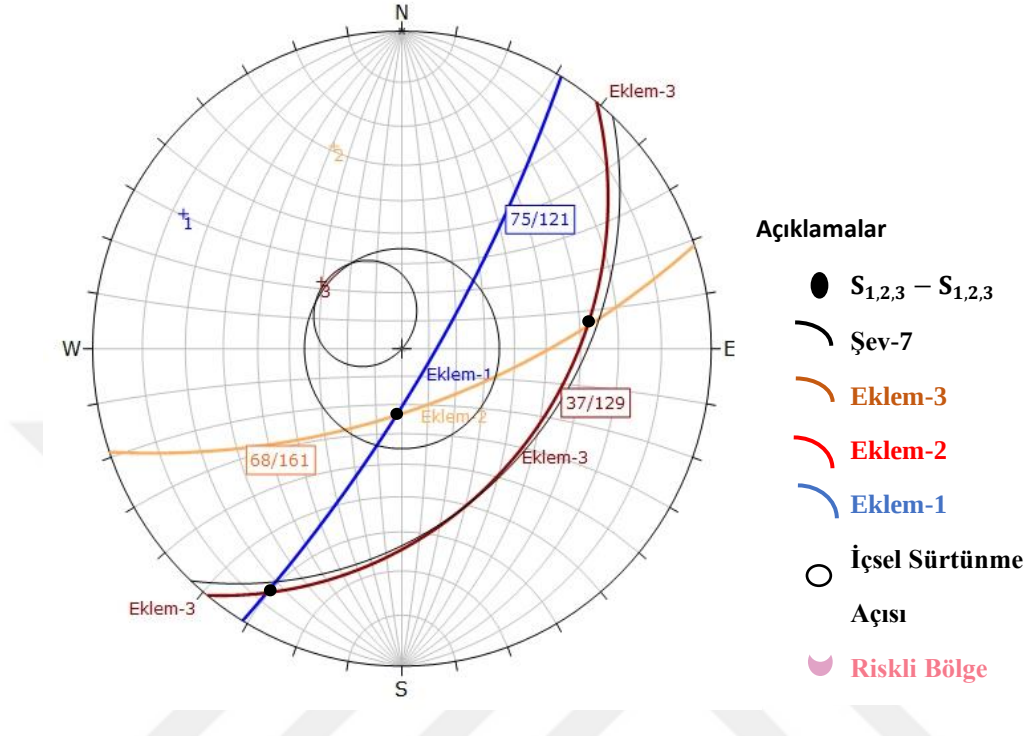
Kama türü yenilme S_1-S_2 , S_1-S_3 , S_2-S_3 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı;

*1,2 ve 3 nolu süreksizlikte devrilme türü yenilme gerçekleşmez.

Yapılan denetimler sonucunda, 7 nolu şev için, 3 nolu süreksizlikte düzlemsel kayma meydana gelebileceği belirlenmiş olup, şev eğim açısının 36^0 düşürülüp (Şekil

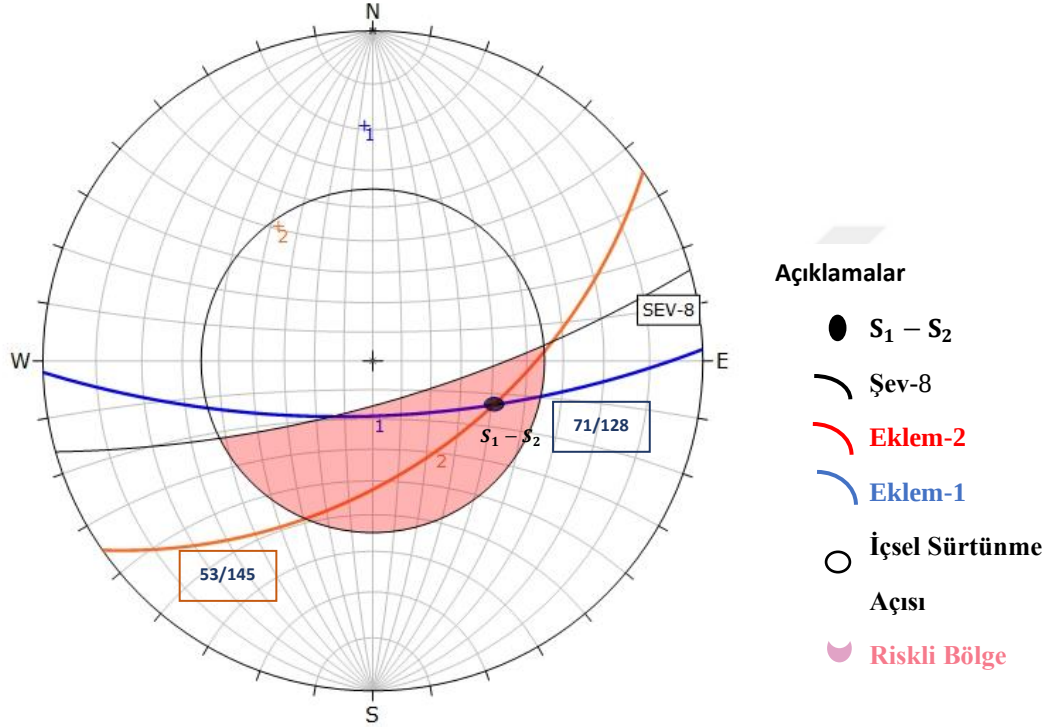
4.3.12), şev eğim yönü açılarının da mevcut eğimde 55^0 veya 200^0 olarak alınması ile önlenebileceği belirlenmiştir. Bununla beraber 2 nolu süreksizlik düzleminde şev eğiminin 71^0 alınması durumunda düzlemsel kayma gerçekleşebilir.



Şekil 4.3.12. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 7 nolu şevde şev açısının 36^0 olarak alınması durumunda kaymaların önlenmesi

8 nolu Şevde Duraylılık Analizi

Çam Dağ Tüneli batı kısmındaki, 8 nolu şevin yüksekliği 5 m ile 20 m arasında ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 75/164 şeklinde olup, 173 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu hakim eklem takımının 71/178 ve 53/145 yönelimin de olduğu belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı $\Phi: 35^0$ olarak alınmış olup, bu verilerden yararlanılarak duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 4.3.13);



Şekil 4.3.13. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 8 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı;

*1 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 71^0 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli en büyük şev yönelimi: 135^0 veya 220^0 (mevcut eğimde) dir.

*2 nolu süreksizlik üzerinde düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 53^0 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli en büyük şev yönelimi: 74^0 veya 220^0 (mevcut eğimde) olabilir.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi $47/109$ dir.

Kama türü yenilme S_1-S_2 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşir.

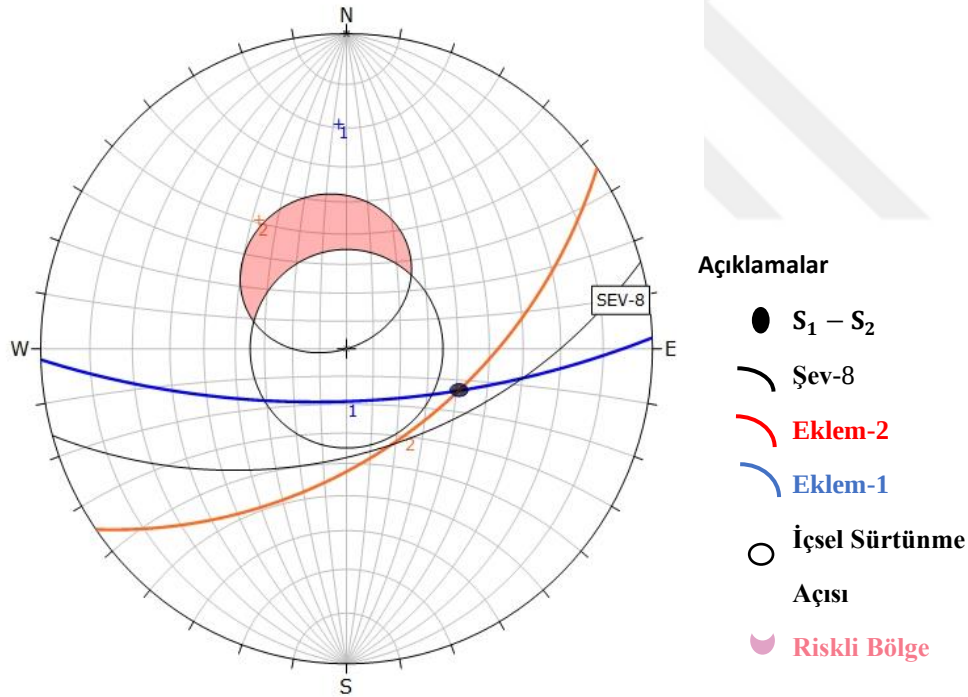
Güvenli en büyük şev açısı: 60^0 (mevcut eğim yönünde) dir.

Güvenli şev eğim yönelimi: 30^0 ve 185^0 (mevcut eğimde) olmalıdır.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizlik üzerinde devrilme türü yenilme gerçekleşmez.

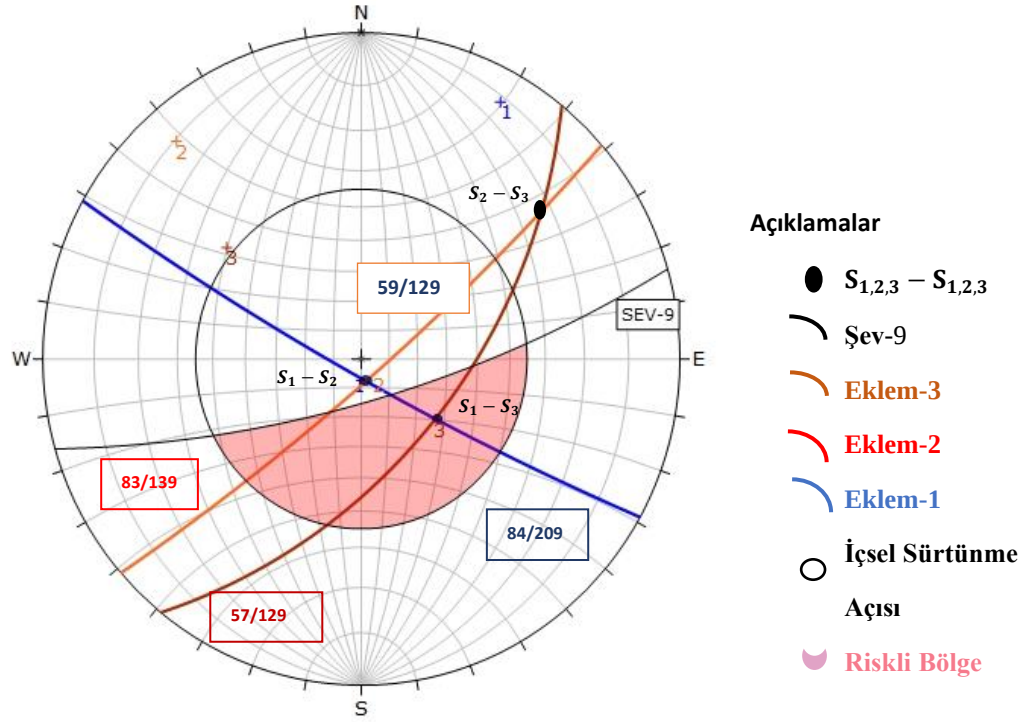
Yapılan denetimlerde 8 nolu şev de 1 ve 2 nolu süreksizliklerde düzlemsel kayma meydana gelebileceği belirlenmiş olup, 1 nolu süreksizlik için mevcut şev eğim açısının 71^0 ye düşürülüp, şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 135 veya 220 derece olarak alınması ile önlenebileceği, 2 nolu süreksizlikler için mevcut şev açısının 53^0 ye düşürülüp (Şekil 4.3.14), şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 74 veya 220 olarak alınması durumunda kaymanın engellenebileceği, 1 ve 2 nolu süreksizliklerin arakesit yönelimi boyunca kama türü duraysızlığın gelişebileceği belirlenmiş olup, güvenli şev eğim açısının en fazla 60^0 alınması, güvenli şev yöneliminin mevcut eğimde 30^0 veya 185^0 alınması durumunda kaymanın önlenebileceği belirlenmiştir.



Şekil 4.3.14. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 8 nolu şevde şev açısının 53^0 olarak alınması durumunda kaymaların önlenmesi

9 nolu Şevde Duraylılık Analizi

Çam Dağ Tüneli batı kısmındaki, 9 nolu şevin yüksekliği 5 m ile 20 m arasında ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 75/164 şeklinde olup, 204 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu hakim eklem takımının 84/209, 83/139 ve 57/129 yönelimin de olduğu belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı Φ : 35^0 olarak alınmış olup, kinematik kontroller her yamaç için yapılmıştır (Şekil 4.3.15);



Şekil 4.3.15. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 9 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı;

*1, 2 ve 3 nolu süreksizliklerde kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 82/166 dır.

Kama türü yenilme S_1-S_2 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

*1 ve 3 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 57/128 dır.

Kama türü yenilme S_1-S_3 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 60^0 (mevcut eğim yönünde) dir.

Güvenli şev eğim yönelimi: 55^0 veya 200^0 (mevcut eğimde) olmalıdır.

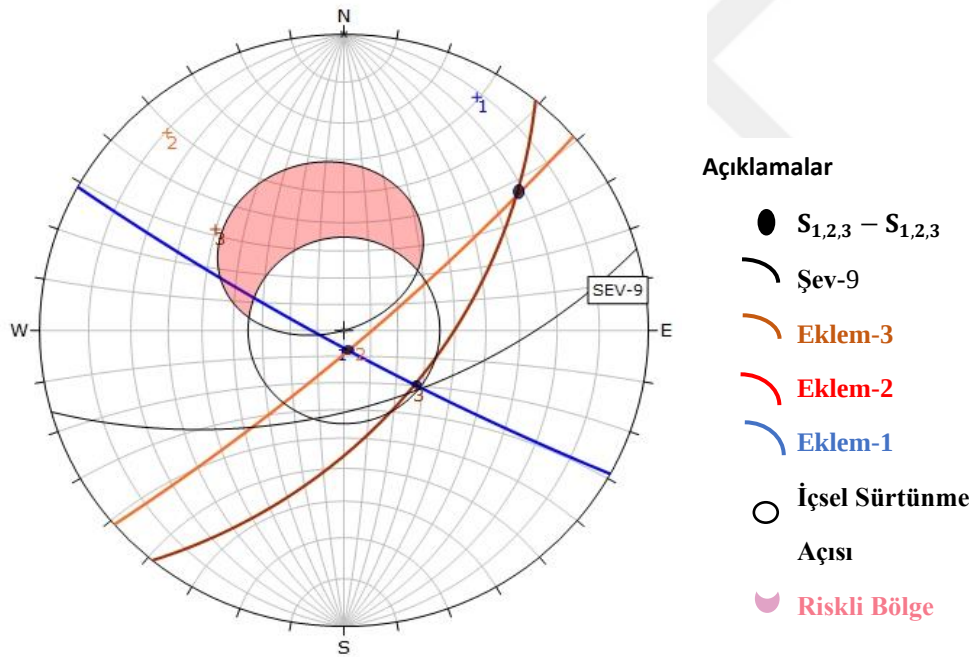
*2 ve 3 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 72/231 olarak belirlenmiştir.

Kama türü yenilme S_2 - S_3 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı;

*1, 2 ve 3 nolu süreksizlik üzerinde devrilme türü yenilme gerçekleşmez.

Yapılan denetimlerde 9 nolu şev de 1 ve 3 nolu süreksizliklerde kama türü duraysızlık meydana gelebileceği belirlenmiş olup, mevcut eğim yönünde güvenli en büyük şev açısının 60^0 ye düşürülüp (Şekil 4.3.16), şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 55^0 veya 200^0 derece olarak alınması durumunda kaymanın engellenebileceği belirlenmiştir.

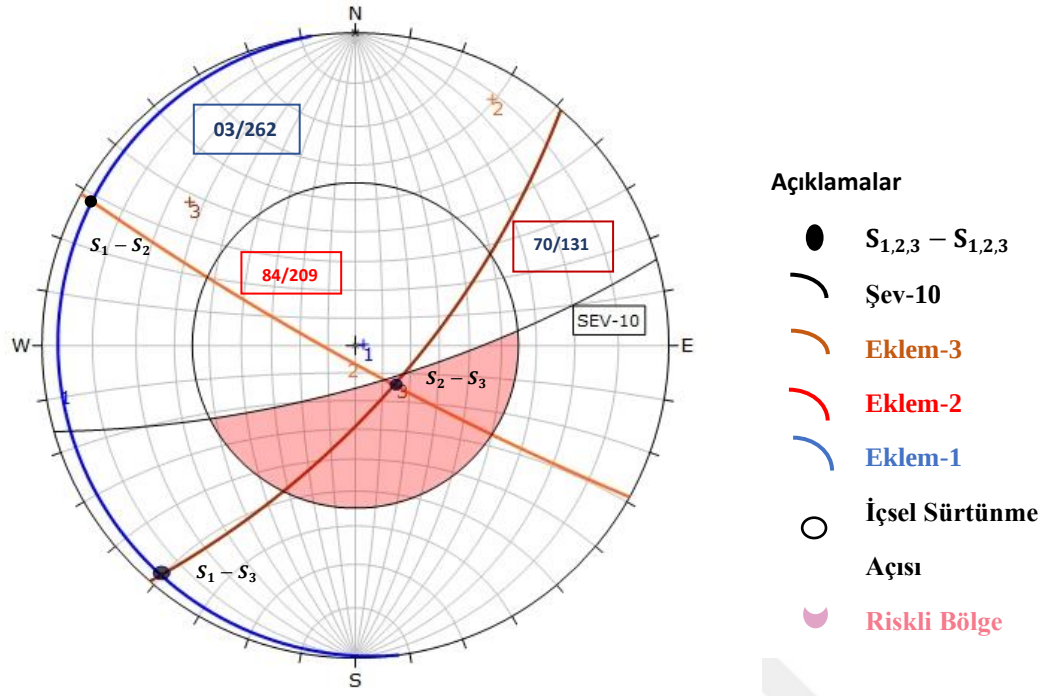


Şekil 4.3.16. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 9 nolu şevde şev açısının 60^0 olarak alınması durumunda kaymaların önlenmesi

10 nolu Şevde Duraylılık Analizi

Çam Dağ Tüneli batı kısmındaki, 10 nolu şevin yüksekliği 5 m ile 20 m arasında ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 75/164 şeklinde olup, 103 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu hakim eklem takımının 03/262, 84/209 ve 70/131 yönelimin de olduğu belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı Φ : 35^0 olarak alınmış olup, bu

verilerden yararlanılarak duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 4.3.17);



Şekil 4.3.17. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 10 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı;

*1, 2 ve 3 nolu süreksizliklerde kayma gerçekleşmez.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 03/299 dır.

Kama türü yenilme S_1-S_2 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

*1 ve 3 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 03/220 dır.

Kama türü yenilme S_1-S_3 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşmez.

*2 ve 3 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 70/135 olarak belirlenmiştir.

Kama türü yenilme S_2-S_3 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşebilir.

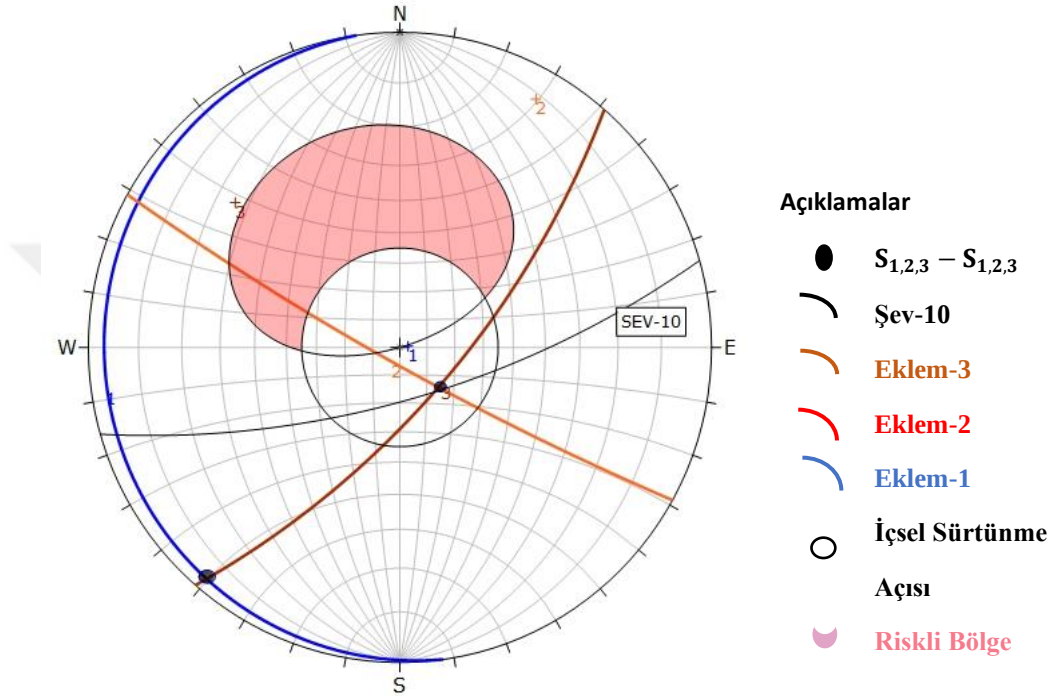
Güvenli en büyük şev açısı: 71° (mevcut eğim yönünde)

Güvenli şev eğim yönelimi: 85° veya 185° (mevcut eğimde) dir.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı;

*1, 2 ve 3 nolu süreksizlik üzerinde devrilme türü yenilme gerçekleşmez.

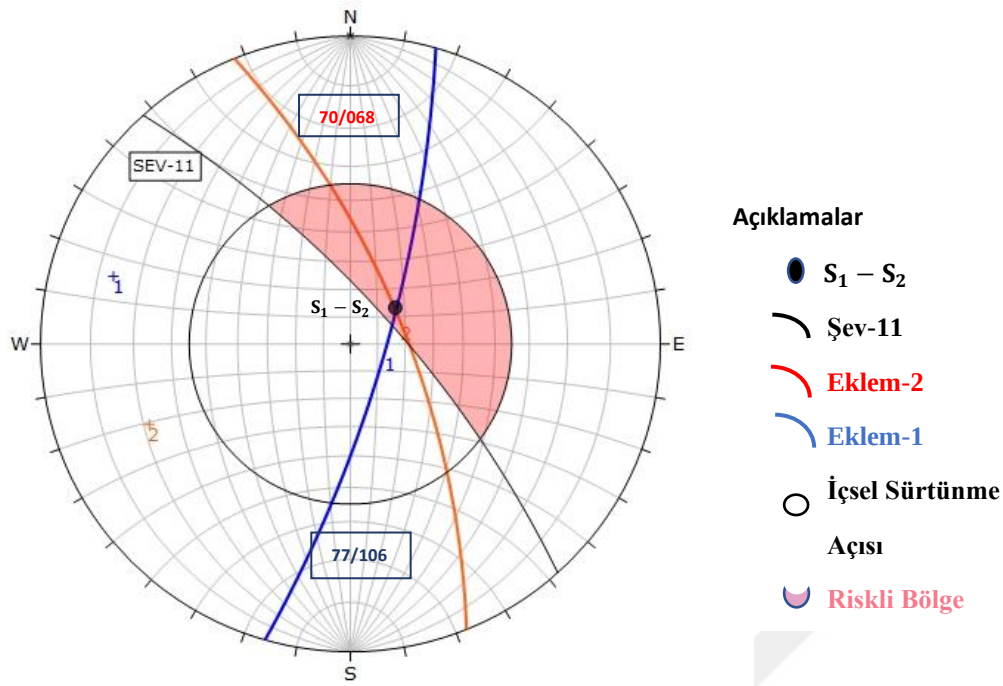
Yapılan denetimlerde 10 nolu şev de 2 ve 3 nolu süreksizliklerde kama türü duraysızlık meydana gelebileceği belirlenmiş olup, mevcut eğim yönünde güvenli şev açısının 71^0 ye düşürülüp (Şekil 4.3.18), şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 85^0 veya 185^0 derece olarak alınması durumunda kaymanın engellenebileceği belirlenmiştir.



Şekil 4.3.18. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 10 nolu şevde şev açısının 71^0 olarak alınması durumunda kaymanın önlenmesi

11 nolu Şevde Duraylılık Analizi

Çam Dağ Tüneli Kuzey çıkışın ve heyalan arasındaki kısımda, 11 nolu şevin yüksekliği 12 m ile 20 m arasında ölçülmüştür. Kaya şevlerinin hakim yönelimleri 74/048 şeklinde olup, 110 çatlak ölçümünün kontur ve gül diyagramlarının yorumlanması sonucu hakim eklem takımının 77/106 ve 70/068 yönelimin de olduğu belirlenmiştir. Bölgede kayaç ortamlarında yer alan süreksizliklerin içsel sürtünme açısı Φ : 35^0 olarak alınmış olup, bu verilerden yararlanılarak duraylılık analizi kinematik analiz yöntemiyle belirlenmiştir (Şekil 4.3.19);



Şekil 4.3.19. Eski Çam Dağ Tüneli ile heyelan arasındaki 11 nolu şevde duraylılığın kinematik analizi

-Düzlemsel Kayma Olasılığı;

*1 nolu süreksizliklerde kayma gerçekleşmez.

*2 nolu süreksizlikte düzlemsel kayma gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 70^0 (mevcut eğim yönünde)

Güvenli şev eğim yönelimi: 25^0 ile 110^0 olarak belirlenmiştir.

-Kama Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizliklerin kesişim hattının yönelimi 69/055 dir.

Kama türü yenilme S_1 - S_2 arakesitinin yönelimi boyunca gerçekleşebilir.

Güvenli en büyük şev açısı: 68^0 (mevcut eğim yönünde) dir.

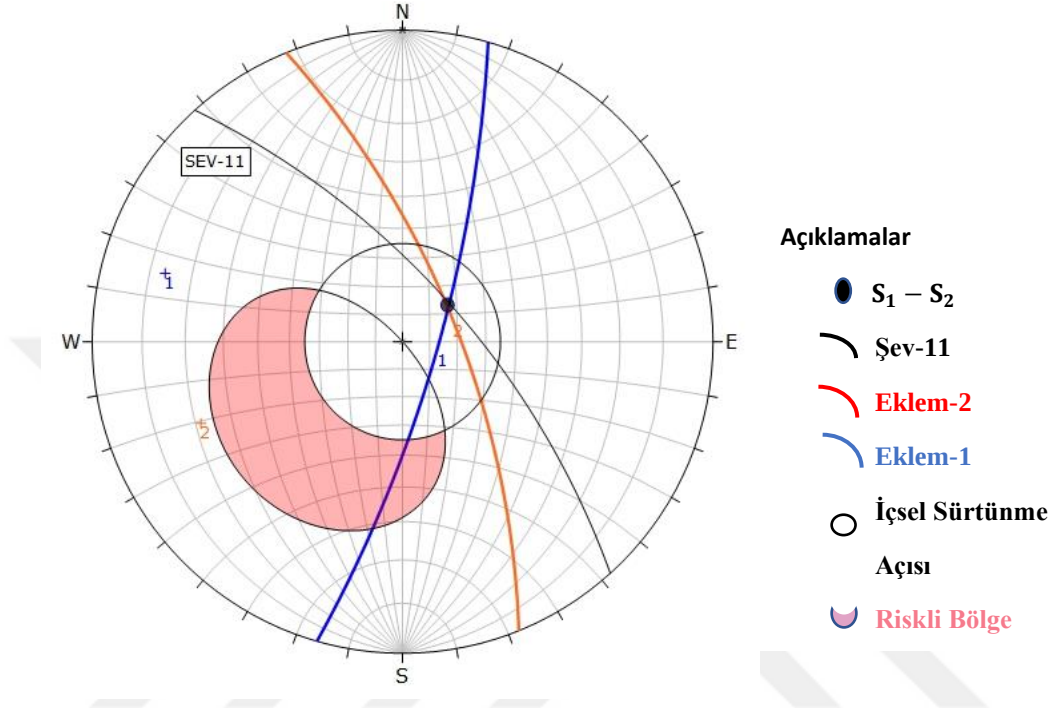
Güvenli şev eğim yönelimi: 100^0 veya 360^0 (mevcut eğimde) olmalıdır.

-Devrilme Türü Yenilme Olasılığı;

*1 ve 2 nolu süreksizlik üzerinde devrilme türü yenilme gerçekleşmez.

Yapılan denetimler sonucunda 11 nolu şev de, 2 nolu süreksizlik yüzeyinde düzlemsel kayma meydana gelebileceği belirlenmiş olup, mevcut eğim yönünde güvenli şev açısının 70^0 ye düşürülüp, şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 25^0 ile 110^0

olarak alınması durumunda kaymanın önlenilebileceği, ek olarak 1 ve 2 nolu süreksizliklerde kama türü duraysızlık meydana gelebileceği belirlenmiş olup, mevcut eğim yönünde güvenli şev açısının 68^0 ye düşürülüp (Şekil 4.3.20), şev eğim yönü açılarının ise mevcut eğimde 100^0 veya 360^0 olarak alınması durumunda kaymanın engellenebileceği belirlenmiştir.



Şekil 4.3.20. Eski Çam Dağ Tüneli civarındaki 11 nolu şevde şev açısının 68^0 olarak alınması durumunda kaymanın önlenmesi

12 nolu Şevde Duraylılık Analizi (Heyelan Analizi)

Kütle hareketi, dağlık bölgedeki eğimli yamaçlara sahip topoğrafyada kaya kütleleri, yer çekimi, iklimsel faktörler, tektonizma, yüksek eğim ve ayrışma gibi olayların etkisiyle malzemenin duraylılığını kaybederek yamaç aşağı doğru kaymasıdır. Bu kaymanın sebebi yer çekiminin yanı sıra kayan malzemenin jeolojisi, deprem, yağışlar ve bitki örtüsünün yoksunluğu olarak sıralanabilir. Bunlara ek olarak duraylı haldeki yamaç veya şevlerin topuk kısmının aşırı kazılarak veya boşaltılarak yamacın dengesi bozulmakta bu da duraysızlığa sebep olarak kütle hareketlerine neden olmaktadır. Kaymaya neden olan bu sebepler kayma gerilmesini artırır veya yamaç malzemesinin kayma direncini düşürerek, kaymaya neden olan kuvvetlerin, kaymaya engel olan kuvvetleri yenmesi sonucu kütle hareketi meydana gelir.

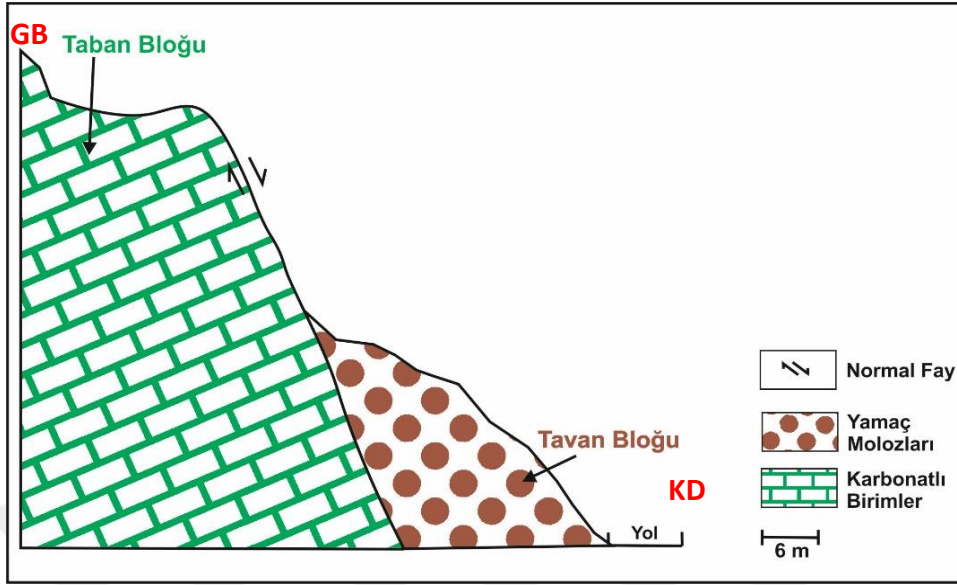
12 nolu şevin bulunduğu alan incelendiğinde, çalışma alanının tamamında görülen Jura-Kretase yaşlı Karbonat kayalar görülmektedir. Karbonatlı kayalar; Kırıklı, çatlaklı, kırıklı, belirgin tabakalanma gösteren, fazla deforme olmuş, gri, açık gri renkli, krem, açık- koyu kahve, kirli beyaz renki ve makro fosilli kayalardan oluşmaktadır.

Kütle hareketi veya heyelan, Altan Ayağı Tünelinin kuzey çıkışının doğu kısmında KB-GD ekseninde gelişen normal fay düzlemi boyunca gerçekleşmiştir. Kütle hareketi, süreksizlik yapılarından biri olan bu fay düzlemi boyunca gerçekleştiği için düzlemsel bir kayma yenilmesi meydana getirmiştir. Şev yüzeyi aynı zamanda normal fay düzleminin geliştiği kayma düzlemini temsil etmekte ve şev yöneliminin eğim açısı/ eğim yönü açısına göre 55/ 028 derece olduğu belirlenmiştir. Yani Şev açısının 55 derece olduğu şev eğim yönü açısının ise KD yönünde 28 derece olduğu saptanmıştır. Şev yüksekliği ise 43 m olarak ölçülmüştür. Alandaki normal fayın duruşu K62B/55KD şeklinde olduğu, kayma hareketinin KD yönünde geliştiği, yamaç molazlarını oluşturan tavan bloğu incelendiğinde; malzemenin genellikle büyük bloklardan ve çatlaklı, kırıklı malzemeden dolayı gevşek malzemeden oluştuğu bunun yanı sıra irili ufaklı kayalık malzemenin de bunlara eşlik ettiği, ayrışmanın orta derece de olduğu ve bu ayrışmanın yamaç yüzeyinden şev içerisine doğru azaldığı, çatlaklı ve kırıklı yapı nedeniyle kayanın duraylılığını kaybederek serbest hale geldiği ve bu malzemenin yamaç aşağı kayarak 1812 m²' lik bir alana yayılım gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.3.21, 4.3.22, 4.3.23, 4.3.24).

Yukarıda bahsettiğim sebeplerle yüksek eğimli topografya, kırıklı ve çatlaklı yapı, aşırı yağışlar, depremler ve kayaların jeolojik yapılarından dolayı doğal yamaç ve mühendislik amaçlı şevlerde duraysızlıklar meydana gelmekte ve bu durum insanların aktif olarak kullandıkları yollar ve güzergahlarda tehlike meydana getirerek can ve mal kayıplarına yol açabilecekleri belirlenmiştir.



Şekil 4.3.21. Heyelanın geliştiği 12 nolu şev yüzeyinde (normal fay düzlemi) düzlemsel kayma şeklinde gelişen duraysızlığa ait harita görünümü ve GB-KD yönünde alınmış kesit hattı



Şekil 4.3.22. Heyelanın geliştiği 12 nolu şev yüzeyinde (normal fay düzlemi) düzlemsel kayma şeklinde gelişen duraysızlığa ait jeolojik kesit



Şekil 4.3.23. 4 nolu lokasyonda 12 nolu şev yüzeyinde gelişmiş heyelandan bir görünüm



Şekil 4.3.24. 4 nolu lokasyonda 12 nolu şev yüzeyinde gelişmiş **a)** heyelan ve **b)** fay çiziklerinden bir görünüm

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Antalya'nın GB'sında Sarısu- Kemer karayolu ve çevresinde üzerinde yayılım gösteren Karbonatlı kayalara ait 12 adet kaya şevinde yapılan jeoteknik çalışmaların sonuçları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Antalya'nın GB'sında Antalya kompleksi içerisinde, 4 lokasyonda kesilmiş olan şevlerin eğim açısı/eğim yönü açısı cinsinden yönelimleri: 1 nolu şevde: 73/108, 2 nolu şevde: 76/122, 3 nolu şevde: 73/122, 4 nolu şevde: 80/090, 5 nolu şevde: 70/120, 6 nolu şevde: 83/128, 7 nolu şevde: 64/133, 8 nolu şevde: 75/164, 9 nolu şevde: 75/164, 10 nolu şevde: 75/164, 11 nolu şevde: 74/048, 12 nolu şevde: 58/028 yöneliminde oldukları belirlenmiştir.

2. Antalya Kompleksi içerisindeki karbonatlı kayalarda kesilmiş olan şevlerdeki süreksizlik yönelim özellikleri değerlendirildiğinde; 3 nolu şevde bir adet; 1, 4, 5, 6, 8 ve 11 nolu şevler de ikişer adet eklem takımı belirlenmişken; 2, 7, 9 ve 10 nolu şevler de üçer adet eklem takımı belirlenmiştir.

3. Çalışma alanındaki 4 lokasyonda şevlerin duraylılığı, kinematik analiz Yöntemine göre değerlendirilmiş olup, analiz sonucunda 1, 2 ve 3 nolu şevler de süreksizlik denetimli herhangi bir duraysızlık beklenmemektedir.

4. Yapılan duraylılık analizi sonucunda 4 nolu Şev içindeki 1 nolu süreksizlik setinde düzlemsel kayma duraysızlığının olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev eğim açısının mevcut eğim yönünde 65^0 ye düşürülmesi ile duraysızlığın önlenilebileceği belirlenmiştir.

5. 5 nolu Şev için 1 ve 2 nolu süreksizlik setinde düzlemsel kayma duraysızlıklarının olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının mevcut eğim yönünde 46^0 ye düşürülmesi ile her iki duraysızlığında önlenilebileceği belirlenmiştir.

6. 6 nolu Şev için 1 ve 2 nolu süreksizlik setlerinde düzlemsel kayma duraysızlığı, 1 ve 2 nolu süreksizlik setlerinin arakesitinin yönelim hattı boyunca kama türü duraysızlık oluşabileceği belirlenmiştir. Güvenli şev eğim açısının mevcut eğim yönünde 77^0 ye düşürülmesiyle her üç duraysızlık probleminin önlenilebileceği belirlenmiştir.

7. 7 nolu Şev için 3 nolu süreksizlik setinde düzlemsel kayma duraysızlığı olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının mevcut eğim yönünde 36^0 ye düşürülmesi ile duraysızlığın önlenilebileceği belirlenmiştir. Bununla beraber 2 nolu süreksizlik düzleminde şev eğim açısının mevcut eğim yönünde 71^0 alınması durumunda düzlemsel kaymanın gerçekleşebileceği belirlenmiştir.

8. 8 nolu Şev için 1 ve 2 nolu süreksizlik setlerinde düzlemsel kayma duraysızlığı, 1 ve 2 nolu süreksizlik setlerinin arakesitinin yönelim hattı boyunca kama türü duraysızlık oluşabileceği belirlenmiştir. Güvenli şev açısının mevcut eğim yönünde 53^0 ye düşürülmesiyle her üç duraysızlık probleminin önlenilebileceği belirlenmiştir.

9. 9 nolu Şev için 1 ve 3 nolu süreksizlik setlerinin arakesitinin yönelim hattı boyunca kama türü duraysızlık olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının mevcut

eğim yönünde 60^0 ye düşürülmesiyle duraysızlık probleminin önlenebileceği belirlenmiştir.

10. 10 nolu Şev için 2 ve 3 nolu süreksizlik setlerinin arakesitinin yönelim hattı boyunca kama türü duraysızlık olabileceği belirlenmiş olup, güvenli şev açısının mevcut eğim yönünde 71^0 ye düşürülmesi ile duraysızlığın önlenebileceği belirlenmiştir.

11. 11 nolu Şev için 2 nolu süreksizlik setlerinde düzlemsel kayma duraysızlığı, 1 ve 2 nolu süreksizlik setlerinin arakesitinin yönelim hattı boyunca kama türü duraysızlık oluşabileceği belirlenmiştir. Güvenli şev açısının mevcut eğim yönünde 68^0 ye düşürülmesiyle her iki duraysızlık probleminin önlenebileceği belirlenmiştir.

12. 12 nolu Şev yüzeyinin yönelimi 55/028 duruşludur ve bu yüzey boyunca gelişmiş olan düzlemsel kayma tipinde bir yenilme meydana gelmiştir. Şev yüksekliği 43 m olarak ölçülmüştür. Burada yenilme kaymaya neden olan kuvvetlerin (yer çekimi), kaymaya engel olan kuvvetleri (İçsel sürtünme açısı ve kohezyon) yenmesi sonucu gerçekleşmiştir. Alandaki normal fayın duruşu K62B/55KD şeklinde olduğu, kayma hareketinin KD yönünde geliştiği, yamaç molazlarını oluşturan tavan bloğu incelendiğinde; malzemenin genellikle büyük bloklardan ve çatlaklı, kırıklı malzemenin dolayı gevşek malzemenin olduğu bunun yanı sıra irili ufaklı kayaç malzemenin de bunlara eşlik ettiği, ayrışmanın orta derece de olduğu ve bu ayrışmanın yamaç yüzeyinden şev içerisine doğru azaldığı, çatlaklı ve kırıklı yapı nedeniyle kayanın duraylılığını kaybederek serbest hale geldiği ve bu malzemenin yamaç aşağı kayarak 1812 m² bir alana yayılım gösterdiği belirlenmiştir. Yamaç aşağı duraylılığını kaybeden tavan bloğunun tehlike oluşturacak şekilde karayolu üzerinde tahribata neden olduğu açıklanmıştır.

13. Bütün bu değerlendirmeler sonucunda: Şevler içerisindeki kaya ortamlarında bulunan süreksizlik yapıları ve süreksizliklerin yüzeylerinin mekanik özellikleri duraylılığı denetleyen önemli parametrelerdendir. Bu parametreler şevler de duraylılığın belirlenmesinde ilk sırada yer alırlar. Kaya kütleleri üzerine inşa edilecek mühendislik yapıları, içerdikleri süreksizlikler ve özellikleri bilinmeden ele alınırsa; yıkılmalar, kaymalar oluşmakta ve bu nedenle insanlarda can ve mal kayıplarına neden olmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Abubakar, İ.İ., ve Yağmurlu. F. 2017. Isparta güneyindeki kaya birimlerinin petrol olanaklarının araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 21 (1): 38-50.
- Akay, F., Dumont, J. F., Sirel, E. ve Uysal, Ş. 1979. Batı Toros Platformları. MTA Enstitüsü Temel Araştırmalar Dairesi Projesi Raporu, No. 6/04, 0.03, Ankara.
- Altunsoy, M. 1999. Organic geochemical characteristics of the Miocene Yazır Limestones in the southern Isparta. *Geol. Bull. Turkey*, 42(2): 51-62.
- Barton, M.R. and Choubey, V. 1977. The shear strenght of rock and rock joints. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*, 13: 255-279.
- Baykal, F. ve Kalafatçıoğlu, A. 1973. New geological observations in the area west of Antalya Bay. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 80(80): 1-11.
- Biricik, S. A. 2001. Yeryuvarı'nda Doğal Olaylar ve Afetler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 1: 7-26.
- Brunn, J.H., Dumont, J.H., Graciansky, P. Ch., Gutnic, M., Juteau, Th., Marcoux, J., Monod, O., and Poisson, A. 1971. Outline of the geology of the western Taurids. *Geology and History of Turkey*, 225-255.
- Bye, A.R. and Bell, F.G. 2001. Stability assessment and slope design at Sandsloot open pit, South Africa. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 38: 449-466.
- Celik, O. and Delaloye, M. 2003. Origin of metamorphic soles and their post-kinematic mafic dyke swarms in the Antalya and Lycian ophiolites, SW Turkey. *Geological Journal*, 38(3-4): 235-256.
- Demirel, I.H. and Gunay, Y. 2000. Tectonic And Karstic Effects on The Western Taurus Region, Southwestern Turkey: Relations to the Present Temperature Gradients and Total Organic Carbon Content. *Energ. Sourc.* 22: 431-442.
- Demirel, I., Günay, Y. and Yurtsever, T. 2001. Evaluation of petroleum source rocks on the coastal area of the western Taurus Region, Turkey. *Energy Sour.*, 23(6): 551-552.
- Demirel, I.H. 2002. Evaluation Of The Hydrocarbon Potential of the Lower Antalya Nappes, Western Taurus, Turkey, 58 pp. (Hacettepe University Research Fund Final Report.
- Demirel, I.H., Günay, Y. and Yurtsever, T. 2002. Evaluation of hydrocarbon source rock potential from well data on the Elmalı nappes, Western Taurus region, Turkey. *Energy Sour.*, 24(5): 461-470.
- Dipova, N. ve Cangir, B. 2011. Antalya İli Yerleşim Alanının Depremselliğinin Araştırılması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 35(2): 93-114.
- Glover, C. and Robertson, A.H.F. 1998. Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey. *Tectonophysics*, 298(1-3), 103- 132.

- Goodman, R.E. 1970. The Deformability of Joints. *Determination of The In- Situ Modulus of Deformation of Rock*, ASTM International, 477: 174-196.
- Gökçe, O., Özden Ş. ve Demir, A. 2008. Türkiye’de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yayınları: Ankara, 1-47 s.
- Gökoğlu, Ö. 2015. Doygun Olmayan Zeminlerde Şev Stabilite Analizi. Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A. and Dumond, J.F. 1979. Geologie des Taurides Occidentales (Turquie). *Me'm. Soc. Geol. France (Nouv. Serie)*, 137: 109.
- Güllüdağ, B. 2012. Pamucakyayla (Kemer-Antalya) Yöresi Karbonifer Çökellerinin Organofasiyes Özellikleri. Yüksek Lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Günel, N. 2013. Türkiye’de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Acta Turcica Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi*, 1: 1-22.
- Hack, R., Price, D. and Rengers, N. 2003. A new approach to rock slope stability—a probability classification (SSPC). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 62(2): 167–184.
- Hoek, E. and Bray, J. 1981. Rock Slope Engineering. IMM, London.
- Hoek, E. 1999. Putting numbers to geology-and engineer’s viewport. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 32(1): 1-19.
- Hoşgörmez, H. 2007. Origin of the natural gas seep of Cirali (Chimera), Turkey: Site of the first Olympic fire. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30(1): 131–141.
- Hudson, J. A. 1989. Rock Mechanics Principles in Rock Engineering Practice. Butterworths, London, 72 p.
- ISRM, 1981. Rock Characterization Testing and Monitoring (Editor: E.T. Brown, ISRM Suggested Metotds): Pergamon Press, Oxford, England, 211 p.
- Kalafatçıoğlu, A. 1974. Antalya Körfezi Batı Kısımının Jeolojisi. *M.T.A. Enstitüsü Dergisi*, 81(81): 31-84.
- Karaman, K. 2011. Taşönü (Trabzon-Araklı) Kalker Ocağındaki şevlerin duraylılık açısından incelenmesi. Yüksek Lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 28 s.
- Karaman, K. 2013. Kaya şev duraylılığının farklı yöntemlerle değerlendirilmesi (Ünye, Ordu). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 37(1): 27-47.
- Karpuz, C. ve Hindistan, M. A. 2006, Kaya Mekaniği İlkeleri, Uygulamaları, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 346 s.
- Karslı, M. 2009. Arhavi-Hopa (Artvin) Arasındaki Karayolu Şevlerinin Duraylılık Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 1 s.
- Keskin, İ. 2017. Tarihi Safranbolu’yu Çevreleyen Kaya Şevlerindeki Duraysızlık Problemlerinin Kinematik Analizlerle Değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (5): 769-781.

- Kıncal, C. and Koca, M.Y. 2009. A proposed method for drawing the great circle representing dip angle and strike changes. *Environmental and Engineering Geoscience*, 15(3): 145–165.
- Kliche, C.A., 1999. Rock slope stability. SME, Littleton, CO.
- Klimatoloji Şube Müdürlüğü. 2008. Türkiye İklim Atlası, Ankara.
- Koca, M.Y. 1995. Slope stability assessment of the abandoned Andesite quarries in and around the Izmir city centre. Phd thesis, Dokuz Eylül University, İzmir, 430 p.
- Koca, M.Y. ve Kıncal, C. 2004. Abandoned Stone Quarries İn and Around The Izmir City Centre and Their Geo-Environmental İmpacts-Turkey. *Engineering Geology*, 75(1): 49–67.
- Koca, D., Altunsoy, M., Sarı, A. ve Güllüdağ, B. 2015. Pamucakyayla (Antalya) Civarı Organik Kayaçlarındaki Ana ve İz Elementlerin Jeokimyasal Davranışları. *Selçuk Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, 3(4): 13-26.
- Kulatilake, P.H.S.W., Wang, L., Tang, H. and Liang, Y. 2011. Evaluation of Rock Slope Stability For Yujian River Dam Site By Kinematic and Block Theory Analyses. *Computers and Geotechnics*, 38(6): 846–860.
- Lefevre, R. 1966. Données nouvelles sur la stratigraphie du Crétacé supérieur dans le massif des Bey dağları (Taurus Lycien Turquie). *C.R. Acad. Sci., Paris, Se. D.*, 263: 1029-1032.
- Lefevre, R., and Marcoux, X. 1970. Schema structural et esquisse stratigraphie des nappes d'Antalya dans leur segment sudoccidental (Taurus lycien, Turquie). *C. R. Acad. Sci., Paris*, 271: 888-891.
- Mankiewicz, M. 1946. Antalya Vilâyetinde Finike Bölgesindeki Asfaltlı Sahre Jizmanları. M.T.A. Raporu, No: 1684, Ankara.
- Marcoux J. 1976. Les series des nappes a radiolarites et ophiolites Antalya (Turquie): Homologies et signification probable. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, S7-18(2): 511–512.
- Maxson, J. 1937. Antalya-Finike-Demre Havalisinin Jeoloji ve Petrol Kabiliyetleri İstikşafı. M.T.A. Raporu, No: 239, Ankara.
- Oktay, Ö.Ç. 2014. Bağlarbaşı-Tekke (Gümüşhane) Arasındaki Kesilmiş Kaya Şevlerinin Duraylılığının İncelenmesi. Yüksek Lisans tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane.
- Onur, I. 2007. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleriyle Kıyı Bölgelerde Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişiminin İzlenmesi ve Analizi: Antalya-Kemer Örneği. Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 25-28 s.
- Özdemir, G. 2009. Aluçra (Giresun) Yöresindeki Kaya Şevlerinin Duraylılığının Kinematik Analizi ve Yapısal Yaklaşım. Yüksek Lisans tezi. Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 32-43 s.
- Özgül, N. 1976. Toroslar'ın Bazı Temel Jeoloji Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19: 65-78.

- Özhan, G. 2004. Antalya Körfezi Jeolojik ve Tektonik Özellikleri. Antalya'nın Jeolojisi ve Doğal Afet Konferansları, 2-3 Aralık 2004, Antalya.
- Parlak, O. 2016. The Tauride Ophiolites of Anatolia (Turkey): A Review. *Journal of Earth Science*, 27(6): 901–934.
- Philippson, A. 1918. Kleinasien. Handb. D. Reg. Geol, H.22, Heidelberg. 318 p.
- Poisson, A., Robertson, F., and Akıncı, Ö. 2003. Developments in research concerning Mesozoic–Tertiary Tethys and neotectonics in the Isparta Angle. Suleyman Demirel University, Isparta, Turkey, Geol. J. 38: 195–234 p.
- Robertson, A.H.F. 1998. Mesozoic–Tertiary tectonic evolution of the easternmost Mediterranean area: integration of marine and land evidence. In: Robertson, A.H.F., Emeis, K.-C., Richter, C. (Eds), Proc. ODP, Sci. Results 160. College Station, TX, pp. 723–782.
- Şenel, M., Serdaroğlu, M. Kengil, R., Ün Verdi, M., ve Gözler, M.Z., 1981. Teke Torosları Güneydoğusunun Jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 95-96: 13-43.
- Şenel, M. 1985. Alakırçay grubu, Kumluca Zonunun Litostratigrafi Özellikleri ve Yaşı: Güneybatı Antalya-Türkiye. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 103-104: 151-153.
- Şenel, M. 1985. The age and lithostratigraphic characteristics of Kumluca Zone, Alakırçay Group, SW Antalya-Turkey. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 103(104): 151-153.
- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, A.S., Metin, S., Esentürk, K., Bilgin, A.Z., Uğuz, F., Korucu, M. ve Özgül, N. 1992. Eğirdir-Yenişarbademli-Gebiz ve Geriş-Köprülü (Isparta-Antalya) Arasında Kalan Alanların Jeolojisi. MTA Raporu, No: 9390 (yayınlanmamış), 559 s., Ankara.
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç H., Serdaroğlu. M., Bilgin, A. Z., Oğuz, M. F., Bölükbaşı, A. S., Korucu, M. ve Özgül, N. 1996. Isparta Büklümü Doğusunda, Otokton Ve Allohton Birimlerin Stratigrafisi (Batı Toroslar). *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 118: 111-160.
- Şenel, M. 2004. Batı Toroslar'daki Yeşilbarak Napının Stratigrafik ve Yapısal Özellikleri, GD Anadolu'daki ve Kuzey Kıbrıs'taki Benzer Birimlerle Karşılaştırılması. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 128: 1-26.
- Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., ve Balta, I. 2008. Türkiye iklimi. Turkish State Meteorological Service (DMİ), Ankara.
- Spencer, E. W. 1969. Introduction to the Structure of the Earth. Mc Graw-Hill, New York.
- Spratt, A.B. and Forbes, E. 1847. Travels in Lycia, Milas and the Cibyratis. London.
- Tarhan, F. 1989. Mühendislik Jeolojisi Prensipleri K.T.Ü. Yayınları, No: 145, Trabzon.
- Taşman, C.E. 1945. Doyran (Antalya) Bitümlü Şistleri ve Çevrenin Petrol Bakımından Durumu. M.T.A. Raporu, No:1579, Ankara.
- Tchihatcheff, P. 1869. Asie Mineure. Paris.

- Tekin, U.K. 1999. Biostratigraphy and Systematics of Late Middle to Late Triassic Radiolarians From the Taurus Mountains and Ankara Region, Turkey. *Geolog.-Palaontol. Mitteil. Innsbruck*, 5: 1-297.
- Tietze, E. 1885. Beiträge zur Geologie von Lykien. Jb. k.k. Geol. Reichs., Bd. 35, S. 283-386, Wien.
- Ulusay, R. 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. TBMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Ulusay, R. ve Sönmez, H. 2002. Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:60, Ankara.
- Ulusay, R. ve Sönmez, H. 2007. Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri (2. Baskı). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Whitten, D. G. A., and Brooks, J. R. V. 1972. A Dictionary of Geology. Penguin, Harmondsworth.
- Woodcock, N.H. and Robertson, A.H.F. 1977. Imbricate thrust belt tectonics and sedimentation as a guide to emplacement of part the Antalya Complex, SW Turkey. Int. Sixth Coll. On the Geology of the Aegean Region, E.İzdar, E.Nakoman (eds), İzmir, Piri Reis, 2, pp. 661-670.
- Wyllie, D.C. and Mah, C.W. 2004. Rock Slope Engineering, Spon Press, NewYork, 437 p.
- Hoek, E. and Bray, J.W. 1981. Rock Slope Engineering Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd., London, 3rd edition, 358 p.
- Wyllie, D.C. and Mah, C.W. 1999. Rock Slope Engineering, Spon Press, NewYork, 437 pp.
- Yağmurlu, F. ve Şentürk, M. 2005. Güneybatı Anadolu'nun güncel tektonik yapısı. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 55- 61 s.
- Yalçın, H., Bozkaya. Ö. ve Yılmaz., C. 2015. Tekirova (Antalya) Ofiyolit Napı Kayaçlarının Alterasyon Mineralojisi ve Jeokimyası. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 58(1): 63-89.
- Yalçınlar, İ. 1969. Strüktürel morfoloji. İst. Üni. Yayınları, Cilt 1-2, no. 878, İstanbul.
- Yurtsever, T. Ş., Tekin, U. K. ve Demirel, İ. H. 2002. First evidence of the Cenomanian/Turonian boundary event (CTBE) in the Alakırcay Nappe of the Antalya Nappes. *Cretaceous Research* 24 (1) 41–53.
- Zanbak, C. 1974. Süreksizlik Kontur Diyagramlarının İstatistiksel Yorumu. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 13(3): 17-32.

ÖZGEÇMİŞ

NUH ARSLAN**narslan@mehmetakif.edu.tr**

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2018-2020	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2005-2009	Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Bilgisayar İşletmeni 2020-Devam Ediyor	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur
Polis Memuru 2012-2020	Emniyet Genel Müdürlüğü
Jeoloji Mühendisi 2009-2011	ESA İnşaat San. Tic. LTD. ŞTİ., Ankara

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler**Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler**