

3434

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

AÇILMAKTA OLAN ZİGANA TÜNELİ-GÜRGENAĞAÇ ARASI YOL  
ŞEVLERİNİN DURAYLILIK ANALİZİ

Jeoloji Müh.Mehmet Yalçın Koca

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"Jeoloji Yüksek Mühendisi"

Unvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8.1.1988

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 15.2.1988

Tez Danışmanı

: Doç.Dr. Fikret Tarhan

Jüri Üyesi

: Prof.Dr. Renzi Dilek

Jüri Üyesi

: Doç.Dr. Erkan Tanyolu

Enstitü Müdürü

: Prof.Dr. Doğan Turhan

*Fikret Tarhan*  
*Renzi Dilek*  
*Erkan Tanyolu*  
*Doğan Turhan*

Ocak 1988  
Trabzon

T. C.  
Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada açılmakta olan Trabzon-Erzurum Devlet Karayolu güzergahındaki Zigana Tüneli-Gürgenağaç arasında yer alan yol şevlerinin duraylılık analizi yapılmıştır. Güzergah boyunca yol şevlerine verilecek olan yatırım miktarlarının saptanması ve yolun açımı ile ilgili kuruluşlara bir bakış açısı sağlamak amacı edinilmiştir.

Çalışma, arazi ve laboratuvar araştırmalarını içermektedir. Laboratuvar deneyleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği laboratuvarında yapılmıştır. Deney verilerinin neticesinde gerekli bulguların elde edilmesi ve düzenlenmesi Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsü'ndeki bilgisayarlar-  
dan yararlanılarak yapılmıştır.

Bu çalışma süresince yardım ve desteğini esirgemeyen Sayın Doç.Dr.Fikret Tarhan'a teşekkür ederim. Ayrıca tabloların çiziminde emeği geçen arkadaşım Nevin Dinsel'e ve tezin daktilo edilmesinde özenle çalışan Temel Tosun'a, arazi çalışmalarında yardımlarından dolayı POLAT İnş. Şirketi ilgililerine teşekkür ederim.

Ocak 1988

Mehmet Yalçın Koca

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ

ÖZET

SUMMARY

BÖLÜM 1. COĞRAFI DURUM VE MORFOLOJİ	1
1.1. Çalışma Alanının Konumu	1
1.2. Ulaşım ve Yerleşim	2
1.3. Morfoloji	2
1.4. İklim ve Bitki Örtüsü	3
1.5. Akarsular	3
BÖLÜM 2. ZİGANA TÜNELİ-GÜRGENAĞAÇ ARASININ GENEL JEOLOJİSİ	6
2.1. Önceki Çalışmalar	6
2.2. Zigana Tüneli Gürgenagaç Arasının Genel Jeolojisi	7
2.2.1. Giriş	7
2.2.2. Stratigrafi ve Petrografi	7
2.2.2.1. Güzelyayla Spiliti	7
2.2.2.2. Berdiga Formasyonu	10
2.2.2.3. Hamsiköy Formasyonu	12
2.2.2.3.1. Kıranoba Üyesi	12
2.2.2.3.2. Çamlıbel Üyesi	16
2.2.2.4. Dikkaya Dasiti	20
2.2.2.5. Haranoy Kuvarslı Mikrodiyariti	25
2.2.2.6. Yamaç Molozu	26
2.2.2.7. Travertenler	26
2.2.2.8. Alüvyonlar	27
2.3. Yapısal Jeoloji	27
2.3.1. Tabakalar	27
2.3.2. Çatlaklar	27
2.3.3. Faylar	31
2.3.4. Kıvrımlar	35
2.3.5. Ekonomik Jeoloji	35

<b>BÖLÜM 3. GÜRGENAĞAÇ-ZİGANA TÜNELİ ARASININ MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ</b>	<b>38</b>
3.1. Giriş	38
3.2. Jeolojik Özellikler	38
3.2.1. Dikkaya Dasiti	38
3.2.1.1. Dikkaya Dasitinde Süreksizlik Ara Uzaklıkları ve Açıklığı	39
3.2.1.2. Dolgu Türü	39
3.2.1.3. Dasitlerde Çatlak Pürüzlülüğü	40
3.2.1.4. Dasitlerde Kaya Kalitesi	41
3.2.2. Hamsiköy Formasyonu	42
3.2.2.1. Süreksizlik Ara Uzaklıkları ve Açıklıkları	42
3.2.2.2. Dolgu Türü	43
3.2.2.3. Çatlak Pürüzlülüğü	43
3.2.2.4. Kaya Kalitesi	45
3.2.3. Hamsiköy Formasyonu	45
3.2.4. Berdiga Formasyonu	46
3.2.4.1. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı	46
3.2.4.2. Dolgu Türü	46
3.2.4.3. Kaya Kalitesi	46
3.2.5. Güzelyayla Spilitleri	47
3.2.5.1. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı	47
3.2.5.2. Dolgu Türü	47
3.2.5.3. Güzelyaylaköy Spilitlerinde Çatlak Pürüzlülüğü	48
3.2.5.4. Güzelyaylaköy Spilitlerinde Kaya Kalitesi	48
3.3. Fiziko-Mekanik Özellikler	48
3.3.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması	48
3.3.2. Fiziksel Özellikler	49
3.3.3. Mekanik Özellikler	53
3.3.4. Elastik Özellikler	60
3.3.5. Deney Sonuçlarının Yorumu	67
<b>BÖLÜM 4. GÜRGENAĞAÇ-ZİGANA TÜNELİ ARASI YOL SEVLERİNİN DURAYLILIĞI</b>	<b>68</b>
4.1. Giriş	68
4.2. Analiz Yöntemleri	68
4.3. Stereografik İzdüşüm Yöntemi	69

4.4. Şev Duraylılığında Uygulanan Analitik ve Grafik Yöntemler	70
4.4.1. Analitik Yöntem	70
4.4.2. Grafik Yöntem	71
4.5. Gürgenağaç-Zigana Tüneli Arasındaki Yol Şevlerinin Analizi	74
<b>BÖLÜM.5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>194</b>
5.1. SONUÇLAR	194
5.1.1. Çalışmanın sonucunda elde edilen yeni bulgular (G.Jeolo.)	194
5.1.2. Hamsiköy Formasyonu Kıranoba Üyesine Ait Sonuçlar	197
5.1.3. Dikkaya Dasitine Ait Şev Analizi Sonuçları	197
5.2. ÖNERİLER	202

#### EKLER

- Ek 1. JEOLojİK HARİTA
- Ek 2. ŞEV YERLERİNİ GÖSTEREN HARİTA
- Ek 3. DENEY VERİLERİ
- Ek 4. KESİTLER
- Ek 5. ŞEVLER (1-16)

## KISALTMALAR

- G : Özgül ağırlık ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )  
B<sub>k</sub> : Birim hacim ağırlık ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )  
P : Porozite (%)  
g<sub>s</sub> : Ağırlıkça su emme (%)  
h<sub>s</sub> : Hacimce su emme (%)  
B<sub>d</sub> : Doymun birim hacim ağırlık ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )  
SCD : Sertlik (Schmidt çekici geri tepme sayısı)  
E<sub>dk</sub> : Dinamik elastisite modülü ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
V<sub>1</sub> : Boyuna dalga hızı (m/sn)  
σ<sub>b</sub> : Tek eksenli basınç direnci ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
σ<sub>1</sub> : Üç eksenli deneyde, karot örneğine dik uygulanan kuvvet ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
σ<sub>3</sub> : Hücre basıncı ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
τ : Kesme direnci ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
C : Kohezyon değeri ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
Ø : İçsel sürtünme açısı (derece)  
λ : Doğrultuya dik 1 metredeki çatlak sayısı  
RQD : Kaya kalite değeri (%)  
J<sub>n</sub> : Çatlak sayısı  
Ç.A.U: Çatlak ara uzaklığı (metre)  
Ç.A. : Çatlak açıklığı (metre)  
G<sub>sA</sub> : Analitik yolla elde edilen güvenlik sayısı  
G<sub>sG</sub> : Grafik " " " " "  
P<sub>Δ</sub> : Şev düzlemi kutup noktası  
P<sub>f</sub> : Fay düzlemi kutup noktası  
J<sub>r</sub> : Pürüzlülük (açısı)

## ÖZET

Bu çalışma, Doğu Pontid Kuzey zonu'nda Hamsiköy (Trabzon) yöresindeki Zigana tüneli ile Gürgenağaç arasında kalan yaklaşık 50 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsar. İnceleme alanında en önemli ulaşım Trabzon-Erzurum Devlet Karayolu ile sağlanmaktadır.

İnceleme alanındaki kayalar daha önceki çalışmacılar tarafından ayırđedilen litostratigrafik adlandırmalara uyularak, formasyon ölçeğinde beş birime ayrılmıştır. Güzelyaylaköy spiliti, Berdiga Formasyonu, Hamsiköy Formasyonu, Dikkaya Dasiti ve Hamsiköy kuvarslı-mikrodiyoriti'dir. Güzelyaylaköy spiliti, spilitleşmiş bazaltlar, metabazalt ve metaandezit gibi kayalar türlerinden oluşmuştur. Birime daha önceki çalışmacılar Liyas yaşı vermiştir. Berdiga Formasyonu Güzelyaylaköy spilitleri üzerine uyumlu gelmiştir. Formasyonun yaşı Dogger-Malm-Alt-kretase olarak belirtilmiştir. Berdiga Formasyonu tabanda dolomitler ile başlar, biyosparitik kireçtaşları ile devam eder. Hamsiköy Formasyonu iki üyeye ayrılarak incelenmiştir. Kıranoba üyesi andezit ve bazaltik karakterde lāv, tūf ve aglomeralardan oluşmuştur. Çamlıbel üyesi Kıranoba üyesi ile geçişli olup kireçli kum taşları, bazaltik tūf ve tūflerden oluşup birbirleri ile arđışıklıdırlar. Birimin yaşı Üst Kretase olarak bilinmektedir. Arazi gözlemlerinde Hamsiköy Formasyonu ile Berdiga Formasyonu arasında bir uyumsuzluk belirtisi görülmemiştir. Pontidlerde yapılan çalışmalarda bu birimler arasında bir uyumsuzluk olduğu bilinmektedir. Dikkaya Dasiti asit karakterde bir volkanizma ürünü olup Hamsiköy Formasyonunu yer yer dasit sokulumları şeklinde keserek yüzeylenir. Birimin tabanına yakın kısımlarında Kampaniyen, Meastrichtiyen yaşlı kırmızı renkli biyomikritik kireçtaşları bulunmuştur. Haranoy kuvarslı-mikrodiyoritleri diğer tüm birimleri keserek yüzeylenir. Birimin yaşı önceki çalışmacılar tarafından Üst Eosen ve sonrası olarak belirlenmiştir. Hamsiköy deresine bakan yamaçlarda molozlar, dere içinde alüvyon ve traverten oluşukları vardır.

Güzelyaylaköy spilitlerini uyumlu üstleyen Berdiga Formasyonu kalın tabakalı olup, tabakaların doğrultuları yaklaşık DB, eğimleri 15°-20° arasında, Hamsiköy deresinin kuzey kısımlarında KB'ya, güney kısımlarında güneye doğrudur. Çatlak analizleri, bölgeyi etkileyen deformasyon kuvvetlerinin KB-GD yönünde olduğunu göstermiştir. Sahada atım miktarları saptanamayan KB-GD ve yaklaşık D-B doğrultusunda gelişmiş faylar saptanmıştır. Bunların genelde gravite fayları olduğu düşünülmektedir.

Çalışma alanı içindeki birimlerin fiziko-mekanik ve elastik özellikleri araştırılmıştır. Laboratuvar deneyleri neticesinde her birimin basınç dayanımları, içsel sürtünme açıları ve kohezyon değerleri saptanmıştır. Kaya kaliteleri, 1 metrede iki çatlak sayısı ölçülerek formül (1) den bulunmuştur. Çatlak pürüzlülüğü her birimde ayrı ayrı belirlenmiştir.

$$RQD = 100 e^{-0.1\lambda} \cdot (0.1\lambda + 1) \quad (1)$$

Zigana tüneli ile Gürgenağaç arasındaki yol şevleri incelenmiştir. Çalışmada steografik izdüşüm yöntemi ile duraylılık

analizleri yapılarak, kayma olasılığı olan süreksizlik yüzeyleri belirlenmiştir. Bu yüzeylerdeki sürtünme karakteristikleri ( $\epsilon, \beta$  açıları, A ve B oranları) eş alanlı projeksiyon üzerinde saptanarak güvenlik sayıları bulunmuştur. Bulunan bu değerler şevlerin duraylı olup olmadığı hakkında bir yaklaşım sağlamıştır.

Kama tipi kayma analizlerinde (Analitik ve grafik çözümler) kaymanın sadece sürtünme ile engellendiği düşünülmüştür. A ve B düzlemlerindeki dolgu maddesinin kohezyon dayanımı sıfır ve şevin tamamen drene edildiği varsayılmıştır. Bu yüzden güvenlik sayıları 1 'den küçük olan şevlerde eşitlik (2) kullanılmıştır.

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma}) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan \phi_B \quad (2)$$

Formülde  $C_A$  ve  $C_B$ , A ve B düzlemlerindeki süreksizliklerdeki dolgu maddesinin kohezyonu  $\phi_A, \phi_B$ , A ve B düzlemlerindeki içsel sürtünme açılarıdır.  $\gamma$ , kayanın özgül ağırlığı,  $\gamma_w$  suyun özgül ağırlığı, H, toplam kama yüksekliği, X, Y, A ve B kama geometrisine bağlı olarak bulunan boyutsuz birimlerdir. Bu analiz neticesinde bulunan değerler şevlerin duraylı olup olmadığı hakkında daha doğru bir yaklaşım sağlar.

Bu çalışmanın neticesi olarak şev duraylılığının sağlanabilmesi, Dikkaya Dasitinde duraysız şevlerin  $4^\circ-10^\circ$ , Hamsiköy Formasyonunda  $10^\circ-15^\circ$  arasında bir yatım kazandırılmaları ile mümkün olabileceği belirlenmiştir. Güzelyaylaköy splitlerine ait bazaltlarda ve Berdiga Formasyonuna ait kireçtaşlarında bir şev probleminin olmadığı saptanmıştır.



## SUMMARY

This study which located on the North Zone of the East Pontide, covers in an area about 50 km<sup>2</sup> where places between Zigana tunnel and Gürgenağaç in Hamsiköy (Trabzon) area. A most important communication has been provided the Trabzon-Erzurum state highway in the investigation area. The rocks in the study area are separated five units by the former workers according to the scale of the formation. These rocks are determined by fitting to named for lithostratigraphic records. These rocks are the Hamsiköy Formation, the Dikkaya Dacite and Quartz-microdiorite of Haranoy. Güzelyaylaköy spilite is consisted of spilited basalts, meta basalts and metaandezites which are kinds of rocks. The age of the unit is determined liassic by the former workers. The Berdiga Formation overlies the Güzelyayla Formation is determined Dogger-Malm and probably Lower Cretaceous. The Formation starts dolomites at the base and continues with biomicritic lime stones. The Hamsiköy Formation is examined by separating two units. The unit of Kiranoba consisted of lara, tuff, agglomerates which are the origin of basalt and andezite. The unit of Çamlıbel is transition with Kiranoba unit and consist of calcareous sandstones, basaltic tuff and tuffites which are alternated each other. The age of the Çamlıbel unit has been being known by Upper Cretaceous. An unconformity symptom is not seen between the Hamsiköy and the Berdiga Formations in the observations on the field. It is known that there is an unconformity between that units in the East Pontides. The Dikkaya Dacite is come into existence from volcanic products which it is origin of acid character. This unit outcrop from top to top by cutting in the formed dacite intrusions to the Hamsiköy Formation. It is presented the red colour biomicritic limestones where it played at near the base of the Dikkaya Dacite. The age of these are Campanien, Meastrichtien. The Quartz-microdiorites of Haranoy outcrop by cutting to other whole units. The age of the unit is determined as Upper Eosen and after by the former workers. There are rubble stones in the slope on each side the Hamsiköy stream, even if in the stream there are travertines and alluvions.

The Berdiga Formation, which conformably are lied the Güzelyaylaköy Spilites, consist of thick bedded limestones, strikes of the beds is in E-W direction, dipping 15°-20° to NW around north of Hamsiköy stream and to (S) around south of Hamsiköy stream. Joint analyses indicate that the deformative stress direction is about NW-SE. The faults developed in NW-SE direction were determined, but their displacement were not determined. These have been thought as the gravity-faults.

On the samples of relating to the units in the investigation area have experimentally been studied in the laboratory for determining the physical certain mechanical, elastic. According to results obtained from the mechanical experimentals

of an each unit has been determined uniaxial strength, the internal friction and the cohesive strenghts. In addition, it is tried to determine interval distance of joint, joint roughness, rock quality designation (RQP) for an each unit. Equal (1) is used.

$$RQD = 100 \cdot e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1) \quad (1)$$

It has been examined the road slopes between Zigana tunnel and Gürgenağaç. The stability analyses were made on the road slopes of the excavated rocks belonging Güzelyayla spilites, Berdiga and Hamsiköy Formations, Dikkaya Dacite the discontinuity surfaces, which exist to slide probability is defetermined by using to the method of steografic projection, found to charecteristics of the friction ( $\epsilon$ ,  $\beta$  angles, A and B proporkions). As a result of these operations are obtained saffety factors. It is obtained an opinion according to these values, which about is the rock slopes stability, relate wheather or not it will provide to rock slope stability. It is through that is prevented of the sliding with friction only at the analyses of the wedge failure which are analytical analysis and graphical analysis. It is assumed that is zero to the cohesive strength of the gouge material in discontinuities where are the planes A and B and the slope is fully drained. Hence, the slopes, which the factor of safety is few one, equvation (2) is used.

$$F = \frac{3}{\gamma \cdot H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan \phi_B \quad (2)$$

where

$C_A$  and  $C_B$  are the cohesive strength of gouge material,  $\phi_A$  and  $\phi_B$  are the angles of friction on planes A and B,  $\gamma$  is the unit weight of the rock,  $\gamma_w$  is the unite of weight of the water. H is the total height of the wedge. X, Y, A and B are dimensionless factors which depend upon the geometry of the wedge.

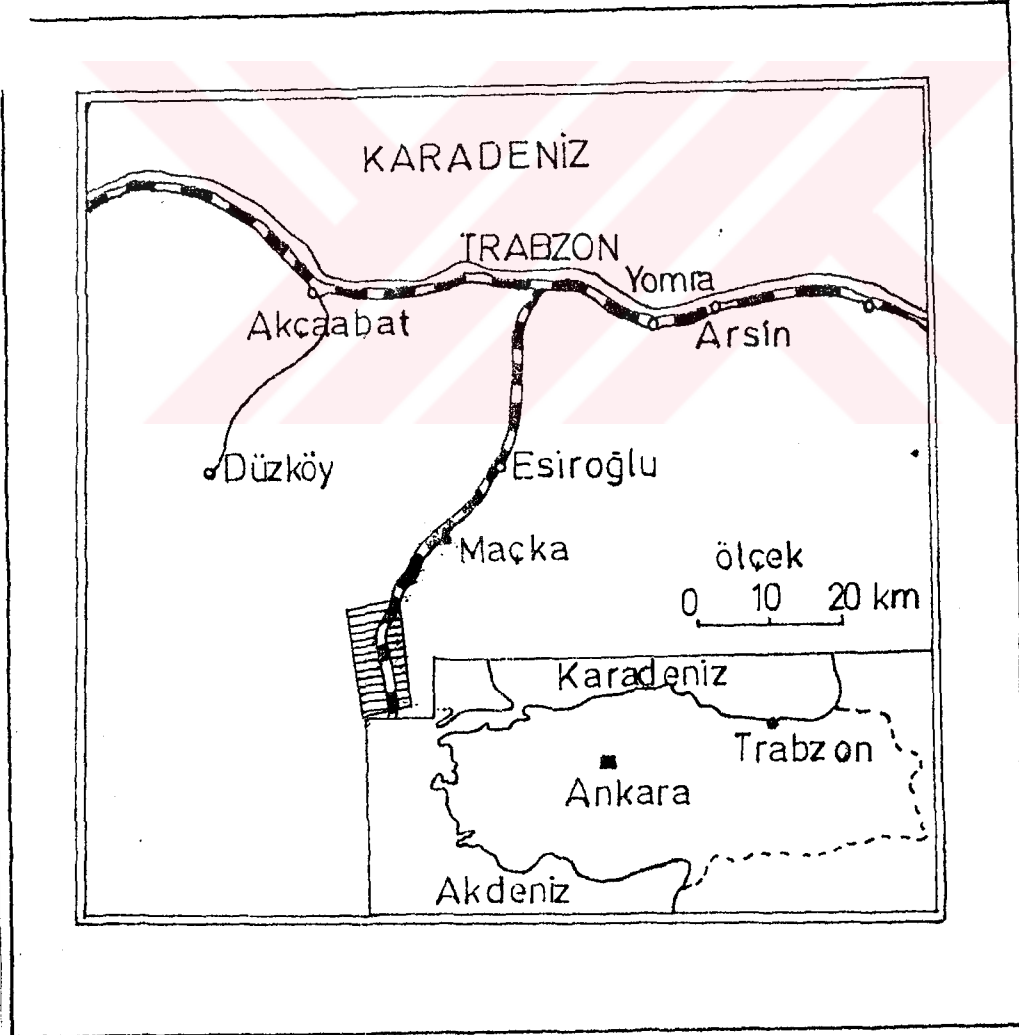
At the end of slope stability analyses, It has been concluded that there are no problem in the rod slopes of the Berdiga Formation and Güzelyaylaköy spilites from the stability point of view. The slope angles should be decreased between 4-10 degrees in Dikkaya Dacite and 10-15 degrees in Hamsiköy Formation in order to provide stability.

## BÖLÜM 1

### COĞRAFİ DURUM VE MORFOLOJİ

#### 1.1. Çalışma Alanının Konumu

Çalışma alanı, Anadolu'nun kuzeydoğu kısmında yer almaktadır. Trabzon-G42-c2 paftasında, Gürgenağaç, Başar, Hamsiköy ve Zigana tüneli'nin kuzey tarafını içine alan yaklaşık 51 km<sup>2</sup> 'lik bir alanı kapsar. Çalışma alanını Trabzon-Gümüşhane yeni yol güzergahı yaklaşık olarak ortalar.



Şekil-1: Çalışma alanının konum haritası

## 1.2. Ulaşım ve Yerleşim

Çalışma alanında ana ulaşım Trabzon-Gümüşhane devlet karayolu ile sağlanır. Bu karayolu Değirmendere vadisini izleyerek, Maçka'ya, buradan da genelde Hamsiköy deresi'nin güneyinde kalarak Zigana tüneline kavuşur. Yol üzerinde sırasıyla, Gürgen- ağaç, Anayurt, Dikkaya, Hamsiköy köyleri ve tünele 3 km. kala Bekçiler mevki bulunur. Trabzon-Gümüşhane karayolu ile bu yerleşim alanlarına rahatlıkla ulaşılır. Dikkaya'nın kuzeyinde yeni yol güzergahı üzerinde bulunan Başar köyüne ulaşım şimdilik partika yollardan sağlanmaktadır.

T.C.K. tarafından Trabzon-Gümüşhane arasında yapılmakta olan yeni yol, çalışma alanı içerisinde Zigana tüneline kadar yer almaktadır. Hamsiköy deresi, yeni ve eski yol güzergahlarını yaklaşık ortalayarak, çalışma alanı boyunca uzanır. Gürgen- ağaçtan Dikkaya'ya kadar olan yol aralığında, yeni yol ile eski yol arası yaklaşık 600 metre kadardır. Fakat Hamsiköy civarında bu mesafe yaklaşık iki kilometreye kadar ulaşır. Hamsiköy güzlesini geçtikten sonra iki yol birbirine paralel bir şekilde yaklaşarak Zigana tüneline ulaşır.

Yeni yol güzergahı hala inşa halindedir. T.C.K. tarafından inşa edilen yeni yolun 1989'a kadar bitirilmesi planlanmıştır.

## 1.3. Morfoloji

Doğu pontit kuzey zonunda yer alan inceleme alanında çeşitli ölçekte akarsuların birbirinden ayırdığı yüksek tepeler ve sırtlar yer alır. Çalışma alanında, Hamsiköy deresinin içinden aktığı vadi tabanı ile en yüksek tepe (Zigana tepesi-2072 m.) arasındaki kot farkı 1022 metredir. Vadi yamaçları ortalama 30° den fazla eğimlerle yükselerek 1500 metrenin üzerinde tepelerle son bulur.

Çalışılan alanda en büyük vadi, GB-KD istikametinde yer alan Hamsiköy vadisidir. Bunun yanında Hamsiköy deresinin güney kısmında yer alan ve Anayurt köyünü ortalayarak akan iki köy, Güzelyayla köy ile Melanlı arasında yer alan Haranoy deresinin

oluşturduğu vadileri sayabiliriz. Bu vadiler boyunca akan dereler Hamsiköy deresi ile birleşir, Hamsiköy deresi yaklaşık  $10^{\circ}$  lik eğimle kuzeye doğru akar.

Vadiler arasında yüksekliklerin 1500 metreyi aşan güzleler ve mazralar bulunur. Anayurt ve Dikkaya arasında çıkılmaz yaylası (1822 m), Güzelyayla köy ile Dikkaya arasında Zavara güzlesi (1600 m.) bulunur. Kıranoba yaylasında yükseklik 2000 m., Yediharman yaylasında yükseklik 1979 metredir. Çalışma alanının doğusunda yükseklikleri 1300 metreden fazla isimsiz birçok tepe ve sırt ve güzleler vardır. Çalışma alanının batısında Balihor tepe (2122 m.), Sığıntaştepe (2181m.), Kurugöl tepe (2098 m.) gibi yükseklikleri 2000 metrenin üzerinde tepeler bulunur.

#### 1.4. İklim ve Bitki Örtüsü

Çalışma alanında Doğu Karadeniz'e özgü genelde her mevsim yağışlı olan bir iklim görülür. Temmuz ve Ağustos aylarında diğer aylara nazaran daha az yağış görülür. En çok yağış Mayıs ayında görülür. Kışlar az soğuktur.

Maçka Meteoroloji gözlem istasyonuna göre ortalama meteorolojik veriler çizelge-1 de verilmiştir (1975-1980 verileri).

Thorn Waite yöntemi ile yıllık buharlaşma terleme değeri 701.53 mm (Etp) bulunmuştur. Yağış-buharlaşma farkı Şubat ayında +52 mm. ile en yüksek, Ağustos ayında ise -73 mm ile buharlaşmanın en fazla olduğu hidrolik bilançoyla bulunmuştur.

Sınırları belirlenen bu iklim türünde bitki örtüsü oldukça zengindir. Çalışma alanı içerisinde kavak ve meşe ağaçlarını eski yol güzergahı boyunca görmek mümkündür. Karalahana, mısır, fasulye bahçe tarımı şeklinde üretilmektedir. Vadi düzlüklerinde ve yamaçlarda, ormandan kazanılan yerlerde hayvan yemi olarak kullanılmak üzere, fiğ gibi otların üretimi yapılmaktadır.

#### 1.5. Akarsular

Çalışma alanında en önemli akarsular Hamsiköy deresi, Haranoydere, Karahava dere ve Zigana deresidir. Bu dereler düzenli

bir rejime sahiptir. Debisi en yüksek dere çalışma alanını yaklaşık D-B istikametinde geçen Hamsiköy deresidir. Debisi ortalama  $10.422 \text{ m}^3/\text{sn}$  dir (D.S.f. 1969 Su Yıllığı).

Diğer önemli dereler ise Yaylacık dere, İkkiköy deresi ve Barutçu dere'dir. Bu dereler düzensiz rejime sahip olup yaz aylarında kurur.

Bütün bu dereler çalışma alanının drenaj ağını oluştururlar.

Çizelge.1 Çalışma alanını kapsıyan ortalama meteorolojik veriler.

METEOROLOJİK ELEMENTLAR	Rasat zamanı (yıl)	A Y L A R												YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama sıcaklık C°	5	4.8	5.3	7.3	11.5	15.2	18.2	19.9	19.7	17.4	13.	10.6	7.9	12.6
En yüksek sıcaklık C°	5	20.5	22.5	27	35	35	38.5	39.5	38.5	36.5	38	30.5	27	32.4
En düşük sıcaklık C°	5	-11	-9	-6	-3.5	2.5	4	9.5	10.3	6	4	0.1	-1	5.9
Ortalama nisbi nem %	5	70	68	72	69	72	72	77	78	77	81	72	73	73.4
Ortalama yağış mm	5	51	65.7	62.1	65.6	73.9	89.1	74.6	35.2	34.7	58.9	61.3	59.6	731.7
Düzeltilme faktörü (G)	-	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81	-
Aylık termik indis (i)	-	0.94	1.09	1.77	3.53	5.38	7.07	8.10	7.97	6.61	4.25	3.12	2.00	-

## BÖLÜM 2

### ZİGANA TÜNELİ-GÜRGENAĞAÇ ARASININ GENEL JEOLojİSİ

#### 2.1. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı, Anadolu'nun büyük tektonik birliklerinden Pontit tektonik birliğinin (Ketin, 1966) Doğu Pontit Kuzey Zonu'nda (Hamsiköy-Trabzon yöresi) yer alır.

Erguvanlı, K. (1950) Trabzon-Gümüşhane arasında kalan, çalışma alanını da içeren bölgede çalışmıştır. Bu çalışmada, bölgenin denizaltı volkanizması ürünü olan lav, tuf, aglomera karmaşık serisinden ve bunların arasında, içinde Globotruncana fosillerinin saptandığı tortul kayalardan bahsetmiş ve bu kayalara Üst Kretase yaşı vermiştir.

Gattinger, (1956) Trabzon yöresini içerisine alan Doğu Pontitlerde yaptığı jeolojik incelemelerde, çalışma alanına ilişkin olarak hazırladığı raporda, Liyas ve Malm yaşında kireçtaşı ve filişlerden ve bunların üzerinde Üst Kretase filişinin geldiğini, filiş içinde de spilitlerin, lavların yereldiğini belirtmiştir.

Gattinger, Erentöz, Ketin (1962) 1:500.000 ölçekli Trabzon paftası'nı yeniden incelemiş ve çalışma alanını Üst Kretase-Eosen volkanik kayaları olarak nitelemişlerdir.

Ovalıoğlu, R. (1969), Pontit tektonik birliklerinden Doğu Pontid kesiminde, Jura sonundan (malm) Tersiyer başlarına kadar süren tüm etkinliklere değinerek, Jura sonundan Üst Kretase'ye kadar süren volkanik aktivite ürünlerine "Alt Bazik Seri" (Andezit, toleitik bazalt, spilit, tuf), Üst Kretase'de bu periyodun asidik farklılaşması olan "Dasit ve tuf" volkanizmasına değinmiştir.

Taslı, K. (1984), Hamsiköy (Trabzon) yöresinin jeolojisini incelemiş ve yörede altı formasyon ayırdetmiştir. Bu çalışmada



İstiflenme, Liyas yaşlı Güzelyayla köy spiliti ile başlamış, bu birimi uyumlu olarak üstleyen Dögger-Malm (Alt Kretase ?) yaşlı Berdiga formasyonu (Dolomit ve kireçtaşı) takip etmiştir. Üst Kretase'de yoğun bir bazaltik volkanizmanın egemen olduğu ve yer yer türbiditik karakterli tortulaşmanın da volkanizmaya eşlik ettiğini belirtmiştir.

Aynı zamanda yapılan diğer çalışmalarda (Baykal, 1949; Zankl, 1961, Schultze Westrum, 1961; Gedikoğlu, 1978) yöre jeolojisinin aydınlatılmasına katkıda bulunmuştur.

## 2.2. Zigana Tüneli Gürgenağaç Arasının Genel Jeolojisi

### 2.2.1. Giriş

Çalışma alanında Taslı (1984) tarafından ayırıldılmış altı formasyon gözlenmiştir. Bu formasyonlar aşağıda yaş sırasına göre incelenmiştir.

### 2.2.2. Stratigrafi ve Petrografi

Doğu Pontid Kuzey Zonunda yer alan çalışma alanı (Hamsiköy-Trabzon yöresi) 50 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsar (şekil 1).

Yörede volkanik kayaların egemen olması ve yoğun bitki örtüsü nedeniyle ayırıldılan birimlerin ilişkileri yersel yüzeylenmelerden çıkarılmıştır.

#### 2.2.2.1. Güzelyayla Spiliti

Çalışma alanında Hamsiköy deresinin güney yakasında ve Haranoy deresi boyunca yüzeylenirler. Hamsiköy deresinin güneyinde ve Başarköyünün GD 'da Berdiga formasyonuna ait kireçtaşları ile çevrelenmişlerdir. Kireçtaşları bu birimin üstüne uyumlu gelir (Şekil 2).

Formasyona isim, Taslı (1984) tarafından; en tipik olarak Güzelyayla köyünün kuzeyinde yüzeylendiğinden, bu formasyona en yakın coğrafya adına dayanılarak "Güzelyayla köy spiliti" adı verilmiştir (Taslı, 1984).

ÇALIŞMA ALANINA AİT GENELLEŞTİRİLMİŞ STRATİGRAFİK KOLON KESİTİ

ZAMAN	DEVİR	ASDEVİR	FORMASYON ADI	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	
MENOZOİK	KUATER-			10		ALUVYON	
				25		YAMAÇ MOLOZU	
				20		TRAYERTEN	
	TERSİYER	ÜST EÖSEN SONU					KUVAPSLI MİKRODİYORİT
			DİKKAYA DASİTİ	> 1000		BIYOMİKRİTİK KİREÇTAŞI (KAMPANİYEN -) (MEASTRİHTİYEN)	
	KRETASE	ÜST KRETASE	HAMSIKÖY FORMASYONU	> 800		BAZALTIK LAY, TÜF, AGLOMERA	
			ÇAMLİBEL ÜYESİ	375		KİLLİ KİREÇTAŞI, KUMTAŞI, BAZALTIK TÜF, SPİLİTİK BAZALT	
	JURA	Dogger-Malm	BERDİGA FORMASYONU	475		KALIN KATMANLI KİREÇTAŞI	
						DOLOMİT	
	LİYAS		GÜZELYAYLA SPİLİTİ	> 175		SPİLİTLEŞMİŞ BAZALT (METAANDEZİT) METABAZALT	

Şekil - 2

Güzelyayla spiliti, spilitleşmiş bazaltlar ve bunun yanında metaandezit, metabazalt ve bunların proklastitlerinden oluşmaktadır. Bu kayaç türleri yanıl geçişli olup haritada ayırtlanmamıştır.

Makroskobik olarak kayacın en tipik rengi morumsu, koyu gridir. Taze kırık yüzeylerinin rengi siyahtır. Spilitleşmiş bazaltlar yer yer boşluklu olup boşlukları kalsit ve zeolit dolguları içerir. Ayrışmanın çok etkin olduğu kesimlerde bu dolgular kolayca dağılır. Eski karayolu boyunca çok iyi gözlenen hakim iki çatlak takımı vardır. Birinci çatlak takımının doğrultusu yaklaşık D-B, eğimi ise S-SE dur. İkinci çatlak takımı birinci çatlak takımının doğrultusuna yaklaşık dik (K-G) eğim dereceleri ise dik veya dike yakındır.

Bu kayaçlardan yapılan ince kesitlerde, spilitik bazaltlarda yaygın doku türü mikrolitik porfiriktir. Yer yer akışlı (floidal) bir dokunun varlığı saptanmıştır. Ana mineraller, plajiyoklazlar ve piroksenlerdir. Plajiyoklazlar, subtomorf ve mikrolitler halinde bulunur. Bunların çoğu ayrılmıştır. Ayrışma sonucunda serisit, klorit, kalsit bazen de albit'e dönüşmüştür. Akışlı doku gösteren spilitik bazaltlarda iri plajiyoklaz kristallerinin (Porfiroblastlar) çeşitli yönlerde dizilmiş oldukları da görülmüştür (Foto 3). Piroksenleri spilitik bazaltlarda ojit temsil eder. 43° lik sönme açıları ve yüksek röliyefi ile hemen tanınırlar. Genellikle otomorf veya sekizgen levhalar halinde görülürler. Levha kenarları demiroksit ile çevrelenmiş vaziyettedir. Pek çoğu ayrışıp klorit, serisite ve yer yer kalsite dönüşmüştür.

Bazı kesitlerde olivin saptanmış olup, çoğunlukla ayrışmış klorit, serisit, kalsit'e dönüşmüştür.

Lökaksen; yarı opek halde, kristal sınırları net olarak belirlenemeyen, tek nikolde sarımsı, kahverengi bir tona sahip olan tipik bir mineral bazaltlarda görülür. Hidrotermal getirimler ile birincil olan ilmenitin bozunma ürünüdür.

Serisit, kalsit, klorit, zeolit ikincil mineral olarak, kuvars ise ikincil mineral olarak çatlak ve boşluk dolguları şeklinde görülmektedir.

Spilitik bazaltları, uyumlu olarak üstleyen, Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga formasyonu göz önüne alındığında Güzelyayla köy spilitinin, Üst Liyas (?) -Dogger yaşında olabileceği söylenebilir.

İnceleme alanında alt sınırı görülmeyen bu birimin görünür kalınlığı jeolojik kesitten yaklaşık 150 metre olarak ölçülmüştür.

Güzelyayla köy spiliti Schultze-Westrum (1962)'un Giresun-Aksu vadisinde, Zankl (1962) 'in Hargit vadisi, Gedikoğlu (1978) nun Giresun-Doğankent ve Özsayar (1971) in Trabzon-Yomra yöresinde "Alt Bazik Seri" olarak adlandırdıkları birimin volkanik kayaları ile denestirilebilir özelliktedir. Yaşına ilişkin kesin veriler olmamakla birlikte araştırmacılar Alt Bazik Seri'nin Malm-Alt Kretase yaşında olabileceğini ileri sürmektedirler.

#### 2.2.2.2. Berdiga Formasyonu

Güzelyayla köy'ün doğusundan başlayarak Dikkaya güzlesine kadar büyük bir kitle halinde uzanırlar. Eski yol güzergahı boyunca incelenerek Dikkaya, Anayurt köyünün kuzeyinden Gürgen- ağaç köyüne kadar incelenerek uzanırlar. Hamsiköy deresinin kuzey yakasında, Başar köyü'nü içine alarak KD 'ya doğru ilerler ve dik kayalıklar oluştururlar. Hamsiköy'e ait Melanlı mahallesinde ve onun batısındaki yamaçlarda ince uzun, dar bir şerit oluşturarak uzanırlar. Burada, alttaki spilitik bazaltlarla, üstte de andezitik-bazaltik karakterli lav, tuf ve aglomeralarla uyumlu olarak bulunurlar. Ayrıca Melanlı'da görülmüş olan kireçtaşlarının devamı şeklinde Naraburnunda kavisli bir mercek oluştururlar. Güneyde ise, Melanlı'da görülen Berdiya formasyonuna ait kireçtaşları Haranoy dere'sini bir süre takip ettikten sonra onu keserek çalışma alanını terkederler. Diğer kesimlerde küçük yüzeylenmeler halinde görülen kireçtaşları, daha genç olan volkano tortul birim içinde olistolitler halinde görülürler. Dolayısıyla bu birimler içinde alloktondurlar.

Pelin (1977); tarafından Alucra (Giresun) güneydoğusunda Berdiga dağlarından tanıtılan Berdiga formasyonu ile benzer özellikler taşıdığından Hamsiköy yöresindeki kireçtaşlarında aynı ad verilmiştir.

Kireçtaşları tabanda dolomitik, üst kısımlarda ise çört bantlıdır.

Başar köyü ve civarındaki kireçtaşları KB'ya  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , Hamsi-köy dere'nin güney tarafındaki kireçtaşları G-GD 'ya  $15^{\circ}$ - $25^{\circ}$  arasında eğimli oldukları arazide belirgindir. Doğrultuları yaklaşık D-B 'dir.

Berdiga formasyonu'na ait kireçtaşlarının otokton olduğuna dair gözlemler şunlardır:

- Çalışma alanında, Berdiga formasyonu Güzelyayla spilitle-  
rinin üzerinde bulunur.
- Her iki formasyonda da ana çatlak takımları yaklaşık ay-  
nıdır.
- Kireç taşlarında taşınma esnasında olması gereken tektonik etkilerin izlerine (kırılma, ezilme) rastlanmamıştır.

Makroskobik olarak taze kırık yüzeyinin rengi koyu gridir. Ayırışma yüzeyinin rengi ise sarımsı-kahverengimsi bir renk tonundadır. Çatlaklar kalsit dolguludur. Genel olarak ince kristalli bir doku gösterirler.

Mikroskobik olarak Berdiga formasyonuna ait kireçtaşları biyo-sparitiktir. Fakat yer yer biyomikritik kireçtaşları da saptanmıştır. Biyojen olarak Paleontolojik kesitlerde echinid plaka ve dikenleri, molusc kavkısı, boru şekilli bryzoa'lar bol miktarda bentik foraminifer (Milliolidae, textularidae, az miktarda pellecypoda, gastropoda kavkı parçalarına rastlanılmıştır. Kesitlerde echinid plakaları kısmen korrede olmuş durumdadır (Rekristalizasyon özelliği) bazı kesitlerde terrijen (taşınmış) bazalt bileşiminde volkanik kayaç parçaları matrix içinde yer alabilmektedir (Biyojen olarak %20-30).

Dolomitlerin üzerine gelen bol echinidli biyosparitik kireçtaşları içinde bulunan karakteristik alg fosilleri ile yaşı Üst Liyas (?) - Dogger, Pellecypoda, Bryzoa faunasına dayanarak Malm-Alt Kretase yaşı A. Burşuk tarafından verilmiştir.

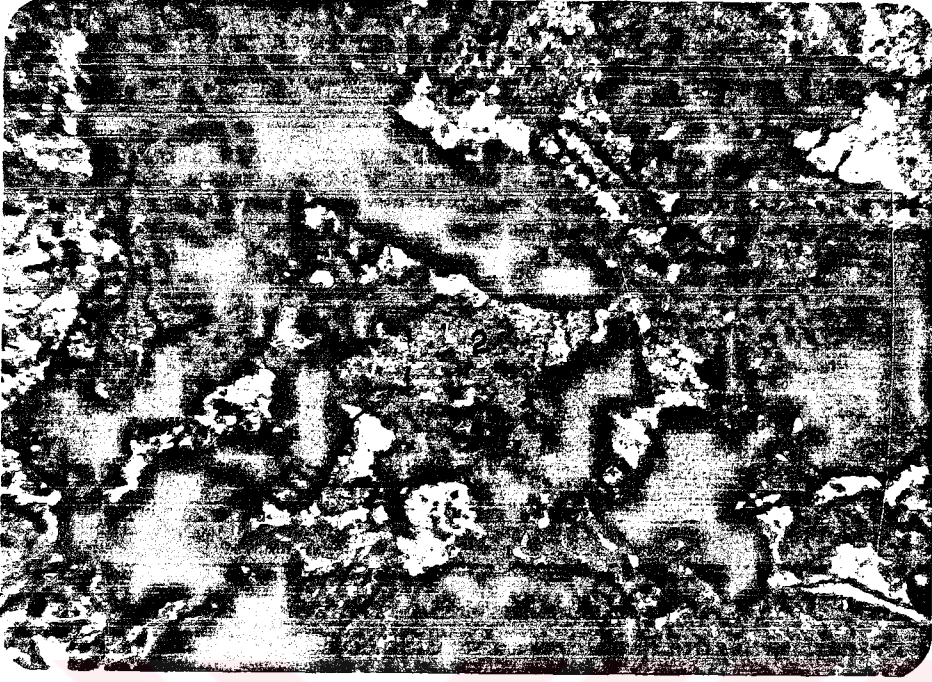


Foto 1.  
Kesit No:35  
1. Pseudotextulariella sp.  
2. Sparitik kalsit çimentosu

#### 2.2.2.3. Hamsiköy Formasyonu

Bu çalışmada Hamsiköy formasyonu iki üye altında incelenmiştir.

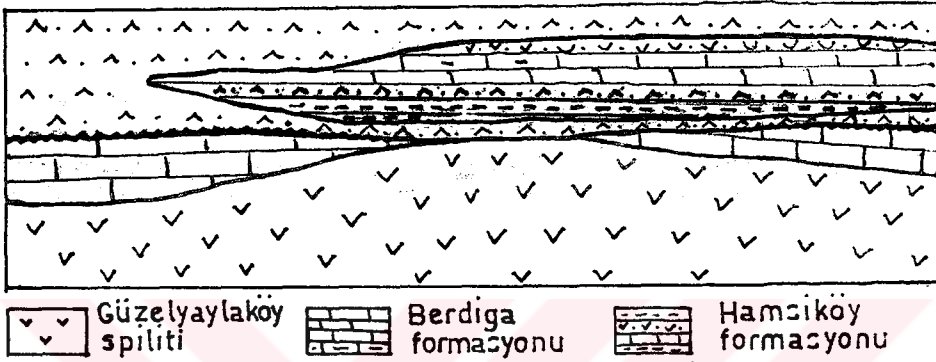
- Kıranoba üyesi
- Çamlıbel üyesi

##### 2.2.2.3.1. Kıranoba Üyesi

Yeniyol güzergahında yaklaşık 46 km 'den itibaren başlarlar. Bu metrelerde Bekçiler deresi ile yeni yol güzergahı birbirlerine en yakın mesafededir. Bu noktanın kuzeyinde, Yedi harman yaylasında, Kıranoba yaylasında, Büyükselen sırtlarında ve Karahava dere-nin 1500 kotundan itibaren kuzeyi tipik olarak bu birimle örtülüdür. Yaylacık derenin kaynağına yakın yerlerinde ve Armutlu sırtlarında birim Hamsiköy formasyonu'nun Çamlıbel üyesi üzerine uyumlu olarak gelirler. Bekçiler deresi'nin güney yakasında (46. km'nin güneyi) Devedüzü güzlesı, Sığıntaş yaylası, Hamsiköy

güzlesi, Çıralı güzlesi bu birimle örtülüdür. Hamsiköy Jandarma karakolunun batısında Berdiga formasyonuna ait kireçtaşları ile Hamsiköy formasyonuna ait kıranoba üyesi arasına girerler. Çamlıbel üyesi ile uyumlu, kireçtaşlarıyla uyumsuz sınır oluştururlar (Şekil 3).

Şekil.3 Hamsiköy formasyonu içindeki Çamlıbel ve Kıranoba üyeleri arasındaki yan geçişin şematik şekli



Bu sınır kuzeye doğru incelerek Naraburnu'nun batısından Karahava derenin Hamsiköy deresine katıldığı yere kadar ilerler. Burada yamaç molozları ile örtülmüşlerdir. Dikkaya'nın kuzeybatısında Hamsiköy deresi'nin kuzeyinde; dere ile Çamlıbel üyesi arasında yüzeylenirler. Çamlıbel üyesi ile burada da uyumludurlar. Çalışma alanınının G-GD'da, Berdiga formasyonu'nun üzerine uyumsuz olarak gelirler. Uyumsuzluk sınır, Güzelyayla köy'ün doğusundan, Dikkaya'nın güneyinden geçer. Anayurt'ta ve İkkiköy deresi boyunca birim sürekli olarak takip edilir. Çalışma alanı içinde yer yer olduğu gibi burada da Dikkaya dasiti tarafından uyumsuz olarak kesilirler.

Hamsiköy formasyonu'nun bu birimi en tipik olarak Kıranoba yaylasında görüldüğü için bu isim verilmiştir.

Kıranoba üyesi; andezitik-bazaltik karakterde tüfler, aglomera ve lavlardan oluşur.

Makroskobik olarak tipik çagla yeşili, gri, kahverengi ve siyaha yakın tonlarda renkler alırlar. Ayrışmış yüzeylerinde renk, kahverengi ile siyah arasında bir ton alır. Çatlak yüzeyleri genelde dolgusuzdur. Fakat yer yer kalsit dolgusuna rastlan-

mıştır. Ana çatlak takımlarının doğrultuları D-B ve KD-GB istikametindedir. Eğim yönleri genelde KKD ve G 'dir.

Mikroskobik olarak mikrolitik porfirik ve hyaloporfirik bir dokuya sahiptirler. Ana bileşenler plajiyoklazlar ve proksenlerdir. Plajiyoklazlar; bazı kesitlerde kırılmış, parçalanmış fenokristaller halinde (ilksel yapıları bozulmuş) bazı kesitlerinde ise akışlı bir strüktürde yönlenmiş olarak görülürler. Çoğunlukla, ilksel yapıları bozulmuş olduğundan plajiyoklazların türü saptanamamıştır. İri plajiyoklaz porfiroblastları hidrotermal kökenli suların etkisi ile daha çok şerisitleşmiş ve kalsitleşmişlerdir. Bunun yanında zeolitleşme, kloritleşme ve epidotlaşma da görülür. Piroksenler ojit ile bu birimde temsil edilir. Ojit kristallerinin ilksel yapıları genellikle otomorftur. Fakat daha sonraları kırıklı bir yapı kazanmışlardır. Çoğunlukla altere olmuşlar ve yerlerini çoğunlukla klorit ve zeolite bırakmışlardır. Çift nikolde, ojit kristalleri mavimsi-morumsu bir renge sahiptir (Foto-2). Amfiboller, tamamen ayrışıp klorite dönüşmüş olduğundan kesin olarak tanınamamaktadırlar. Kuvars, az oranda bulunur. Çoğu korrede olmuş, kırıklı taneler halindedir. Bazı kesitlerde sfen mineraline rastlanmıştır. Epidot, klorit, kalsit, zeolit ve lokoksen mineralleri ikincil olup ayrışma ve bozunma ürünüdürler. Opak mineraller ve kayaç parçacıkları hamur içinde dağılmış vaziyettedirler. Hamur genelde plajiyoklaz mikrolitleri ve zeolitten oluşmuştur.

Hamsiköy tortul volkanitini (Hamsiköy formasyonu) oluşturan Kıranoba ve Çamlıbel üyelerinin yaşı, kendi içinde uyumlu ve devamlı bir seri oluşturdıklarından birlikte (2.2.2.3.2) bahsinde incelenecektir.

Hamsiköy formasyonuna ait Kıranoba üyesinin kalınlığı jeolojik kesitten >800 metre bulunmuştur.





Foto-2  
Kesit No: Ç , B.  
Bazaltik tüf

- 1-Ojit
- 2-Plajiyoklaz
- 3-Zeolit
- 4-Kalsit
- 5-Opak mineral



Foto-3  
Kesit No:51  
Spilitik Andezit

- 1-Serisitleşmiş Plj.
- 2-Kuvars
- 3-Epidot

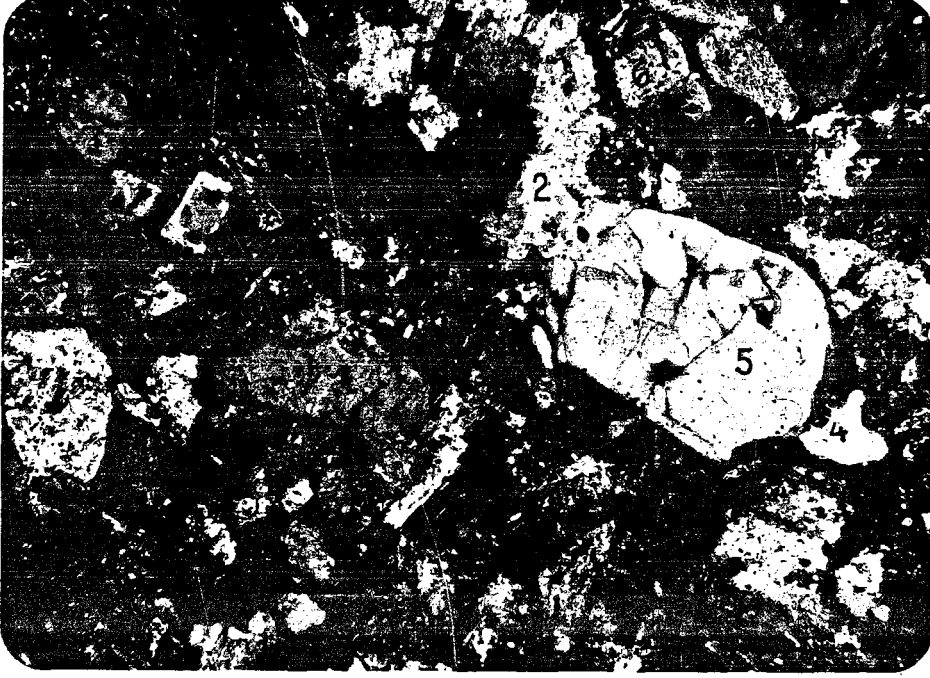


Foto-4  
Kesit No: 46  
Andezitik Tüf

Mineraller: 1- Lökksen, 2-Kalsit, 3,Klorit,  
4-Kuvars taneciği, 5-Feldispat, 6-Plajiyoklaz,  
7-Kayaç parçacığı (Litoklast)

#### 2.2.2.3.2. Çamlıbel Üyesi

Çalışma alanını karakterize eden bir birim olarak, Gürgen-  
ağaç Hamsiköy arasında kalın bir şerit halinde uzanırlar. Hamsi-  
köy ile Hamsiköy güzlesi arasında, bir dil şeklinde Kıranoba  
üyesi ile birbirlerine geçişli olarak (yanal geçişli) bulunurlar.  
F<sub>2</sub>-Fayı Kıranoba üyesi sınır olmak üzere, kuzey batıya doğru yük-  
selirler ve Karahava dere içinde doğuya doğru bükülerek ilerler-  
ler. Bu üst sınır Armutlu güzlesinin güneyinden geçerek devam  
eder. Tabanda ise Kıranoba üyesi ile geçişli bir sınır oluşturu-  
lar. Bu sınır, Karahava dere'nin Hamsiköy deresine karıştığı yer-  
den başlar ve yeni yol güzergahına paralel şekilde Başar köyüne  
kadar uzanır. Bu noktada, Berdiga formasyonuna ait kireçtaşları  
ile arasında F<sub>4</sub> Fayı vardır. Çalışma alanının doğusunda Berdiga  
formasyonu üzerine gelen ince andezitik-bazaltik karakterde lav-  
tüf ve aglomeralar üzerine uyumlu gelerek çalışma alanını terke-  
derler.

Yeni yol güzergahı 40. kilometrenin (Trabzondan itibaren) kuzeyinde Çamlıbel mevkiinde istiflenme çok iyi takip edildiğinden Çamlıbel üyesi adı verilmiştir.

Hamsiköy formasyonu Çamlıbel üyesi tabanda olistostromal oluşumlarla başlar. Bu oluşumların içinde yaklaşık 50 cm çapında olan kireçtaşı blokları, andezitik tüfler, küçük çaplı, köşeli ve yuvarlak olmak üzere konglomeratik oluşuklar çeşitli boy ve çapta, gelişigüzel bir şekilde zemin özelliği gösteren malzeme içerisinde dağılmışlardır.



Foto-5

Çamlıbel üyesine ait, tabandaki olistostromal oluşumlar  
 1-Boşluklu, altere bazalt  
 2-Kireçtaşı, 3-Breş

Olistostromal oluşumlar üzerine kuvars taneleri belirgin kumlu, killi bir seviye ve bunun üzerine de ince katmanlı killi kireçtaşları gelmektedir. En üstte andezitik bazaltik karakterde tüfler yer almaktadır. Bu istif ardalanmalı olarak izlenebilmektedir.

Makroskobik olarak açık yeşil renk tipiktir. Ayrışmanın etkin olduğu seviyelerde birimin rengi koyulaşır ve ufalanabilen



Foto-6

Çamlıbel üyesine ait, tabandaki olistostromal oluşuklar  
2- Kireçtaşı bloğu, 4- Konglomera

bir zemin türü malzemeye dönüşür. Killi kireçtaşı seviyeleri ince taneli ve tıkız görünümündedir. Kumlu seviyelerde kuvarslar belirgindir. Tabakalanmalı bir yapı gösterirler. Doğrultuları yeni yol güzergahına paralel, (D-B) eğim yönleri ise KB 'dır. Eğim açıları  $7^{\circ}$ - $15^{\circ}$  arasında değişir.

Mikroskobik olarak bazaltik tüfit seviyeleri çalışma alanı içindeki yaşlı bazaltlardan farklı olarak boşluklu bir yapı gösterirler. Bunun yanında intersertal (kenetlenmiş doku) dokunun varlığında gözlenmiştir. Yapı Porfiriktir. Ana bileşenler Plajiyoklazlar ve amfibollerdir. Plajiyoklazlar uzun ve geniş porfiroblastlar şeklindedir. Genellikle labrador bileşiminde olduğu belirtilmiştir. Alterasyon büyük çoğunlukla kalsitleşme şeklindedir. Bunun yanında kloritleşme ve ikincil kuvars oluşumu da saptanmıştır. Amfiboller boşluklu (Vaküol) bir yapı kazanmışlardır (Foto 7). Alterasyon neticesinde magnezyum ve kalsiyum mineral bünyesinden ayrılmıştır. Neticede amfibol latalarının ortaları boşluklu bir hale dönüşmüştür. Amfibollerin daha evvel hornblend oldukları düşünülmektedir. Lökoksen

minerallerinin kristal kenarları kesin olarak belirli değildir. İnce kesitlerde bulutumsu bir görünümdeydir. Opak mineraller, muhtemelen limonit olarak düşünülen FeO oluşukları şeklindedir. Bazaltik nitelikteki tüflerde epidota rastlanılmamıştır. Bozunma türü olarak albitleşme yoktur. Kalsit ufak bir "PH" değişiminde çökebilene bir mineral olduğundan alterasyon büyük çoğunlukla kalsitleşme şeklinde oluşmuştur.

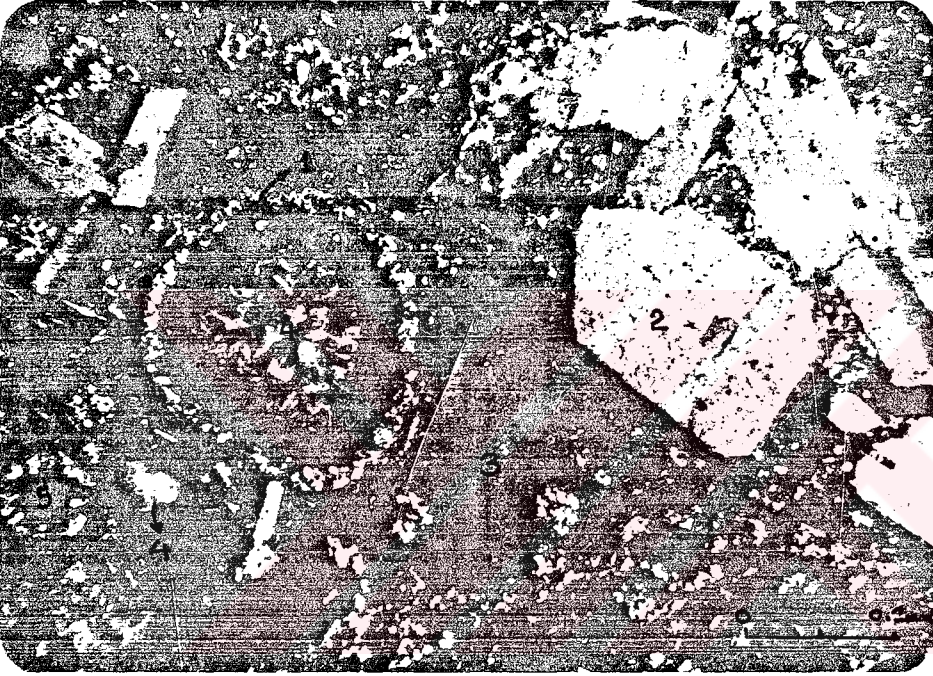


Foto-7

Kesit No: 103

Altere olmuş vaküollü bazalt

Mineraller : 1-Vaküol (Boşluk), 2,3-Plajiyoklaz,  
4-Kalsit+Klorit, 5-İkincil kuvars

Mikroskobik analizlerde kuvarslı kumtaşlarında ana bileşenler Kuvars ve plajiyoklazlardır. Kuvars sarımsı beyaz renkte oldukça yaygındır. (<%50) tane şekilleri çok değişiktir. Plajiyoklazlar küçük bileşenler halindedir. Serisitleşme ve kalsitleşme alterasyon türü olarak belirgindir. Hamur; opak mineraller (Demiroksit bileşiminde) ve siyaha yakın renkte bulunan mikritten oluşmuştur. Kumtaşlarına ait kesitlerde fosil bulunamamıştır.

Hamsiköy formasyonu içindeki koyu gri kireçtaşları içerisinde fosil bulunamamıştır. Karahava dere'nin kuzeyinde bu

birimin üstünde kırmızı renkli biyomikritik kireçtaşlarına rastlanılmıştır (inceleme alanı dışında). Bu klavuz seviyeye dasitler içerisinde tabana yakın yerde rastlanılmıştır. İçerisinde Globotruncana fosilleri (index fosiller) bulunmuş ve bunların Kampaniyen-Meastrichtiyen yaşta oldukları saptanmıştır. Hamsiköy tortul volkanitine ait Kıranoba üyesinin andezitik-bazaltik lav ve tüflerinin Berdiga formasyonunu kesmesi bu birimin Alt Kretaseden daha genç yaşta ve asit karakterli dasitik lav ve tüflerin tabanına yakın yerde bulunan biyomikritik kireçtaşlarından daha yaşlı oldukları kesindir. Doğu Pondit'lerde olduğu gibi volkanotortul seri içerisinde klavuz seviye olarak kabul edilen biyomikritik kireçtaşlarının Üst Kretase yaşını verdiği bilinmektedir. Bu veriler ışığında Hamsiköy formasyonu'nun yaşı Üst Kretase olarak düşünülmüştür.

#### 2.2.2.4. Dikkaya Dasiti

Çalışma alanının batı kısmında geniş yayıllımlı, doğu kısmında ise dayklar şeklinde gözlenir.

Batıda Barutçu yaylasının doğusunda Zigana tünelinden itibaren başlarlar. Zigana deresinin her iki yanında yer alarak; kuzeyden, Paşadüzü yaylası, Delialı Sırtları, Bekçiler deresi ve Yediharman yaylasının batı etekleri, güneyden, Naharcı yaylası, Komando yaylası, Kurugöl tepesi (2098 m.) Gugul tepe, Balihor tepe (2122 m.) ve yaylası, Salihçavuş mevki, Maloba yaylası, Kıranoba yaylası ve Bekçiler deresinin 46 ve 45 nci metreleri arasında yüzeylenirler. Çalışma alanının GB 'sında Kıranoba (güney) ve Sığıntaş yaylasının güney batısında kuvarslı mikrodiyorit daykları ile kesilirler.

Hamsiköy formasyonu'nun Kıranoba üyesini çalışma alanının batısında, Melanlı'nın kuzeyinde iki yerde keserler. Melanlı güzlesinin KB eteklerinde kalın bir kütle halinde, Sığıntaş tepesinin kuzeyinde ise ince uzun bir dayk şeklinde keserler.

Çalışma alanının GD 'da formasyona ismini veren Dikkaya dasit daykı kendinden daha yaşlı bir birim olan Hamsiköy formasyonu'na ait Kıranoba üyesini keserek yüzelenirler. Berdiga formas-

yonu ve Güzelyayla spilitlelerini kesen dasit ise çalışma alanı dışında da devam eder.

Makroskobik özellik olarak renk çok değişiklik gösterir. Bekçiler deresinin kuzeyinde ve Yediharman yaylasının batı eteklerinde mor renklidir. Zigana tünelinin bulunduğu yerde, Barutçu yaylasının doğu eteklerinde kahverenginde olup kuvarsları belirgindir. Yeni yol güzergahı üzerinde 49-48 nci kilometreler arasında çimen yeşili renginde, Bekçiler deresinin güneyinde ve eski yol güzergahı boyunca beyazımsı-krem rengindedirler. Dayklar yeşil ve onun tonlarında renk gösterirler. Ayrışmış yüzeylerde beyazımsı-kahverengimsi hatta sarıya çalan renkler alırlar. Taze kırık yüzeyleri ise koyu yeşil renktedir. Çatlaklar genelde silis dolguludur.

Çalışma alanı içinde mor ve koyu yeşil renkli dasitler hariç diğerlerinde iri kuvars fenokristalleri belirgindir. Tüm dasitler içinde tipik olarak pirit ve kalkopirit mineralleri seçilmiş vaziyettedir. Piritler bazen iri kristaller halinde de görülür.

Çalışma alanının doğusunda bulunan dasit dayklarının genellikle kendinden yeşil birimlerle olan yan duvarları GD yönlüdür. Yaklaşık D-B doğrultulu çatlak takımları ve bunları kesen KB-GD yönlü çatlak takımları arazide hakim çatlak takımlarıdır.

Mikroskobik gözlemler dasitlerde hakim doku türünün mikrogranü porfirik olduğunu göstermiştir. Ana mineraller, plajiyoklazlar ve kuvarstır. Yan mineral olarak muskovite, tali bileşen olarak da apatite rastlanır. Plajiyoklazlar, subtomorf, otomorf fenokristaller halinde görülür. Hamur içinde de mikrolitler halinde bulunur. Çoğunlukla kalsitleşmişler, bazıları ise kloritleşmişlerdir. Mikrolitlerin yoğun bir şekilde kloritleşmiş olduğu kesitlere de rastlanmıştır. Kuvars, çoğunlukla ksenomorf küçük taneler halinde bulunur. Çok az oranda fenokristaller halinde bulunan kuvars kristallerine de rastlanmıştır. Muskovit, bazı kesitlerde nadir bileşen olarak, bazı kesitlerde ise kuvars tanelerinin arasında bol miktarda ince uzun pullar halinde görülürler.

Apatit, nadir olarak görülür. Otomorftur. Bazı kristalleri hegzagonal şekillidir. Klorit ayrışma ürünü ve boşluk dolgusu olarak bulunmaktadır. Kahit, plajiyoklazların ayrışma ürünüdür. Opak mineraller az oranda bulunur. Hamur, plajiyoklaz, kuvars, klorit ve kahittendir. Bazı kesitlerde ise hamur tamamen kuvars-tan oluşmaktadır. Bu durumda silisleşmeye bağlı olarak ikincil oluşumlu kuvarslarada rastlanmaktadır (Foto 9).

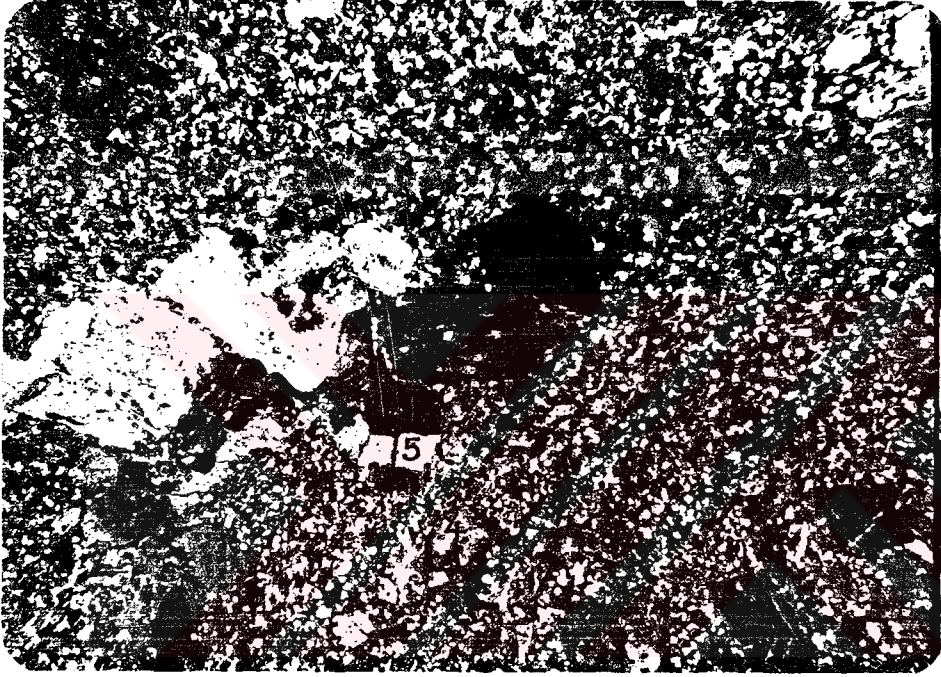


Foto-8

Kesit No: L'

Dasit

Mineraller: 1-Plajiyoklaz, 2-Opak mineral, 3-Klorit,  
4-Kahit, 5-Otomorf kuvars

Çalışma alanındaki dasitler Dogger-Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga formasyonu'nu ve Üst Kretase yaşlı Hamsiköy formasyonu'nu keserler. Bu nedenle Dikkaya dasitinin yaşı Üst Kretase'nin üstü olarak düşünülebilir.

Doğu Pontit Kuzey Zonu'nda yapılan çalışmalarda (Schultze-Westrum, 1962; Zankı, 1962; Gedikoğlu, 1978; Özsayar, 1971) "Dasit Serisi" olarak adlandırdıkları ve başlıca dasitik lav ve piroklastlarından oluşan birim içerisinde kırmızı biyomikritik





Foto-9

Kesit No: 101

Silisive olmuş dasit

Mineraller: 1-Plajiyoklaz, 2-Otomorf kuvars  
3-Klorit, 4-Altere plajiyoklaz.

kireçtaşı seviyesini gözlemişlerdir. Üst bazik serinin altında görülen bu birim farklı stratigrafik konumda olması ile Dikkaya dasitinden ayrılır.

Yeni yol güzergahı 48 nci ve 47 nci kilometreler arasında görülen ve yaklaşık doğrultuları yola paralel, eğim yönleri ise KB olan, eğim açıları  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  arasında değişen ve dasitik lav ve piroklastların tabanına yakın yerde bulunan kırmızı renkli biyo-mikritik kireçtaşlarından alınan paleontolojik kesitlerde T.Özsayar tarafından şu fosiller saptanmıştır.

*Globotruncana linneiana* (d'ORBIGNY)

*Globotruncana mariei* (BANNER VE BLOW)

*Globotruncana arca* (CUSHMAN)

*Rosita fornicata* (PLUMMER)

*Globotruncana bulloides* (VAGLER)

*Radiolaria* Sp.

mikrofosilleri (Kampaniyen-Meastrichtiyen) Üst Kretase üstü yaşını vermiştir.

Radiolaria Sp.

Planktonik foraminifera Sp.

mikrofosilleri Üst Kretase yaşını verdiği saptanmıştır. Paleontolojik kesitlerden de saptandığı üzere asit karakterli dasitik volkanizma ürünlerinin tabanına yakın yerlerdeki biyomikritik kireçtaşları Üst Kretase üstü olan Kampaniyen-Meastrichtiyen yaşını vermiştir.

Jeolojik kesitlerden dasitler >1000 m. kalınlığındadır. Biyomikritik kireçtaşlarının görünür kalınlığı 30-40 metredir.



Foto-10

Yeni yol güzergahı 48 nci 47 nci km'ler arasındaki kırmızı biyomikritik kireçtaşları (A)  
(B) Dasitik tuf.

### 2.2.2.5. Haranoy Kuvarslı Mikrodiyariti

Çalışma alanında iki şekilde görülürler. Kalınlığı 5 ila 10 metre arasında değişen dayklar şeklinde ve kütük (stock) şeklinde olmak üzere. Kütük şeklinde olan kuvarslı mikrodiyarit birimi Haranoy güzlesine çıkan yolun (Melanlı batısında) Haranoy deresini kestiği yerden başlar, Haranoy güzlesinin doğu yamaçlarını içine alarak çalışma alanını terkeder. Burada arazideki en yaşlı birim olan Güzelyayla köy splitini keser. Çok ince dayklar şeklinde olan (10-15 metre kalınlık) kuvarslı mikrodiyaritler abartılarak haritalanmıştır. Bunlar dasitleri ve Hamsiköy formasyonuna ait birimleri kesmektedir. Yeni yol güzergahı 46+600 ncu metrede, Kıranoba yaylasındaki yerleşim yerlerinde ve Sığıntaş tepe'nin batı eteklerinde yer yer yüzeyleyirler.

Haranoy güzlesine çıkan araba yolu üzerinde çok iyi görüldüğünden formasyona Haranoy kuvarslı mikrodiyariti adı verilmiştir.

Kuvarslı mikrodiyarit hipabisal bir damar kayacıdır.

Makroskobik olarak beyaz, gri, krem rengi arasında tonlar gösterir. Kütük (stock) şeklinde olan birim, hafif sarımsı, gri renktedir. Mat bir görünüme sahiptir. Dayk şeklinde olanlar ise daha beyazdır. Ayrışmanın etkin olduğu yüzeylerde renk açık kahverengidir.

İki ana çatlak takımı vardır. Birinci çatlak takımının doğrultusu G-GD diğerinin ise KB-GD istikametindedir. Eğim değerleri ise  $60^{\circ}$ - $90^{\circ}$  arasında değişir. Eğim yönleri G ve GB olmak üzere değişir.

Kayacın en belirgin özelliği iri kuvars tanelerine sahip olmasıdır.

Mikroskobik özellik olarak kayacın dokusu ilginçtir. Hipidiyamorf tanelerinin yanında yer yer porfirik dokuda gözlenir. Ana bileşenler plajiyoklaz, amfiboller ve kuvarstır. Plajiyoklazlar subtomorftur. Alterasyon sonucu tamamen serisit minerallerine dönüşmüşlerdir (%30-40). Kuvars çok temiz yüzeyleri olan subtomorf kristaller halindedir (%50<). Homblend,

hafif yeşil pleokroizması ile tek nikolde belirgindir. Çift nikolde dilinimlenmesi ve yüksek röliyefi ile tipiktir. Bazı kesitlerinde muskovit kristallerine de rastlanmıştır.

Haranoy kuvarslı mikrodioritlerinin yaşı tartışmalıdır

Gattinger, (1955) 'e göre Gümüşhane yöresinde bu birime benzer granit ve diyoritlerle Eosen flişi (Lütesiyen) arasındaki kontağı saptamış ve böylece intrüzyonların en erken Üst Eosen'de başlamış olduğunu ve olasılıkla Oligosen'de de devam ettiğini belirtmiştir. M.T.A. raporu (sayfa 22-25).

Kuvarslı mikrodioritler bu intrüzyonların kenar fasiyelerini oluştururlar. Bu nedenle birime Üst Eosen ve Eosen sonrası yaşı verilmiştir (Taslı, 1984).

#### 2.2.2.6. Yamaç Moluzu

Nara burnu'nun kuzey eteklerinden başlayarak Hamsiköy deresi içine kadar olan bölgede, yamaç eğiminin tatlı bir meyil kazanmasıyla yaygınlık kazanmışlardır. Yeni yol güzergahı boyunca, eski dere yatakları boyunca gelişmişlerdir. Yamaç molozunu oluşturan malzeme bloktan kum boyutuna kadar değişik çap ve boylardadır. Yamaç molozlarını oluşturan elemanlar andezitik-bazaltik tüf, aglomera ve kireçtaşı kökenlidir. Kalınlığı 1-20 metre arasında değişir.

#### 2.2.2.7. Travertenler

İnceleme alanı içerisinde Karahava dere'nin Hamsiköy deresi içine karıştığı yerden itibaren başlarlar ve Hamsiköy deresi boyunca aralıklarla bulunurlar. Yaklaşık bu hat 1050 kotundadır. Görünür kalınlıkları 20-25 m. kadardır. Dere içinde traverten oluşumu hala sürmektedir. Bu travertenler kırmızımsı bir renktedir. Gözenekli bir yapı belirgindir. Genel olarak bantlı bir oluşum mekanizması hepsinde vardır.

### 2.2.2.8. Alüvyonlar

Çalışma alanı içerisinde sadece Hamsiköy deresi içinde vardır. Alüvyonlar içerisinde iri blok ve çakıllar gözlenir. İri blok ve çakıllar, dasit, andezit-bazaltik tüf kökenlidir. Kalınlıkları 1-10 m. arasında değişir. Alüvyonlar kil, kum ve çakıllardan oluşmaktadır.

Hamsiköy deresi boyunca yer alan alüvyonlar akifer olma özelliği göstermezler.

## 2.3. Yapısal Jeoloji

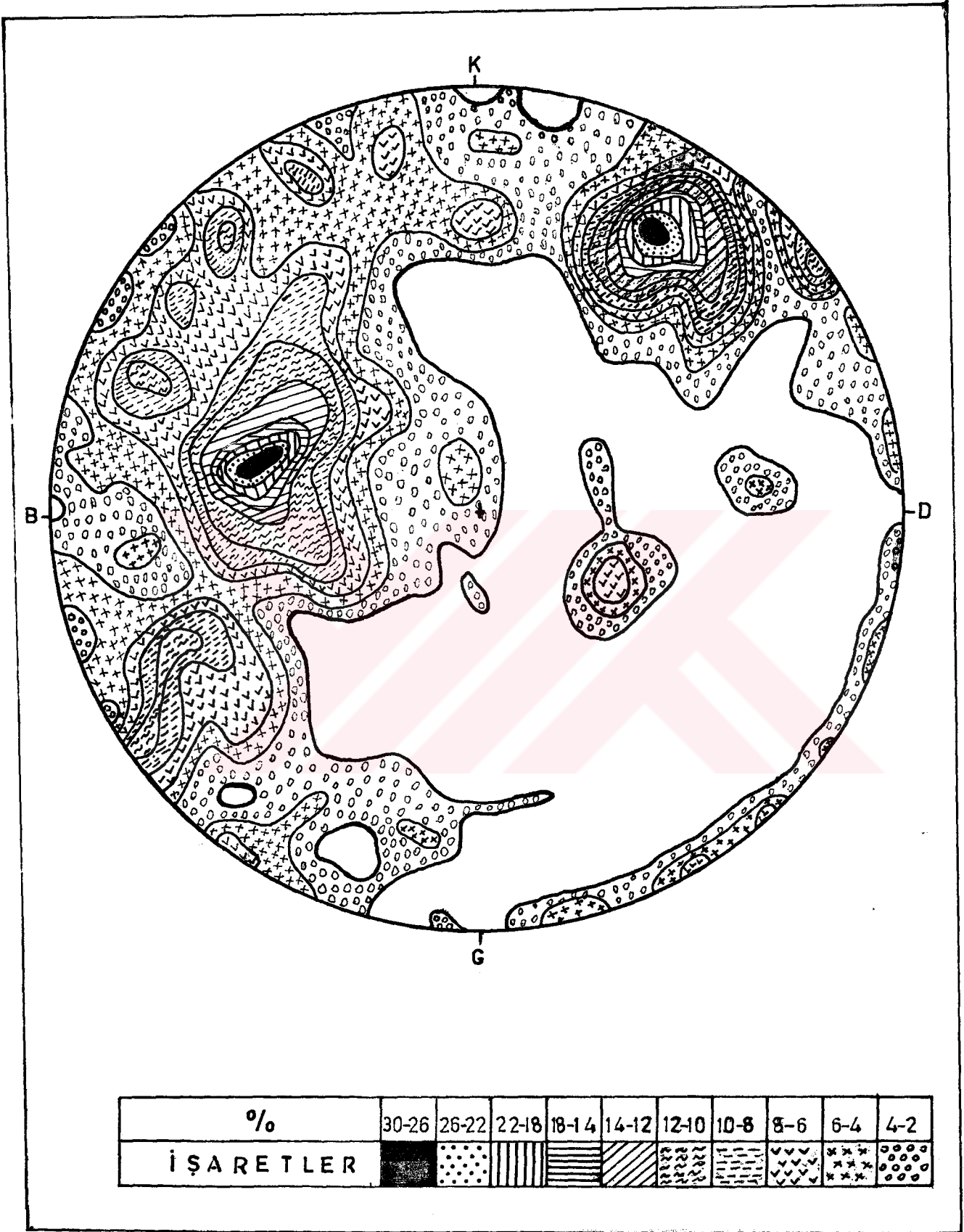
### 2.3.1. Tabakalar

Çalışma alanı içinde Hamsiköy formasyonuna ait Çamlibel üyesi ile Berdiga formasyonuna ait Litolojik birimler, formasyon düzeyindeki Dikkaya dasiti içindeki kırmızı renkli biyomikritik kireçtaşları tabakalı yapı gösterirler. Bütün bu tabakalı birimlerdeki hakim katman doğrultuları yaklaşık D-B veya KD-GB istikametindedir. Eğim yönleri Hamsiköy deresinin kuzey kısmında kalan tabakalarda KB, güney kısmında kalan birimlere ait tabakalarda ise G-GE olduğu saptanmıştır. Eğim açıları ise biyomikritik kireçtaşlarında  $35^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , volkano tortul birimde  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  arasında, Berdiga formasyonuna ait kireçtaşlarında ise  $20^{\circ}$ - $30^{\circ}$  arasındadır.

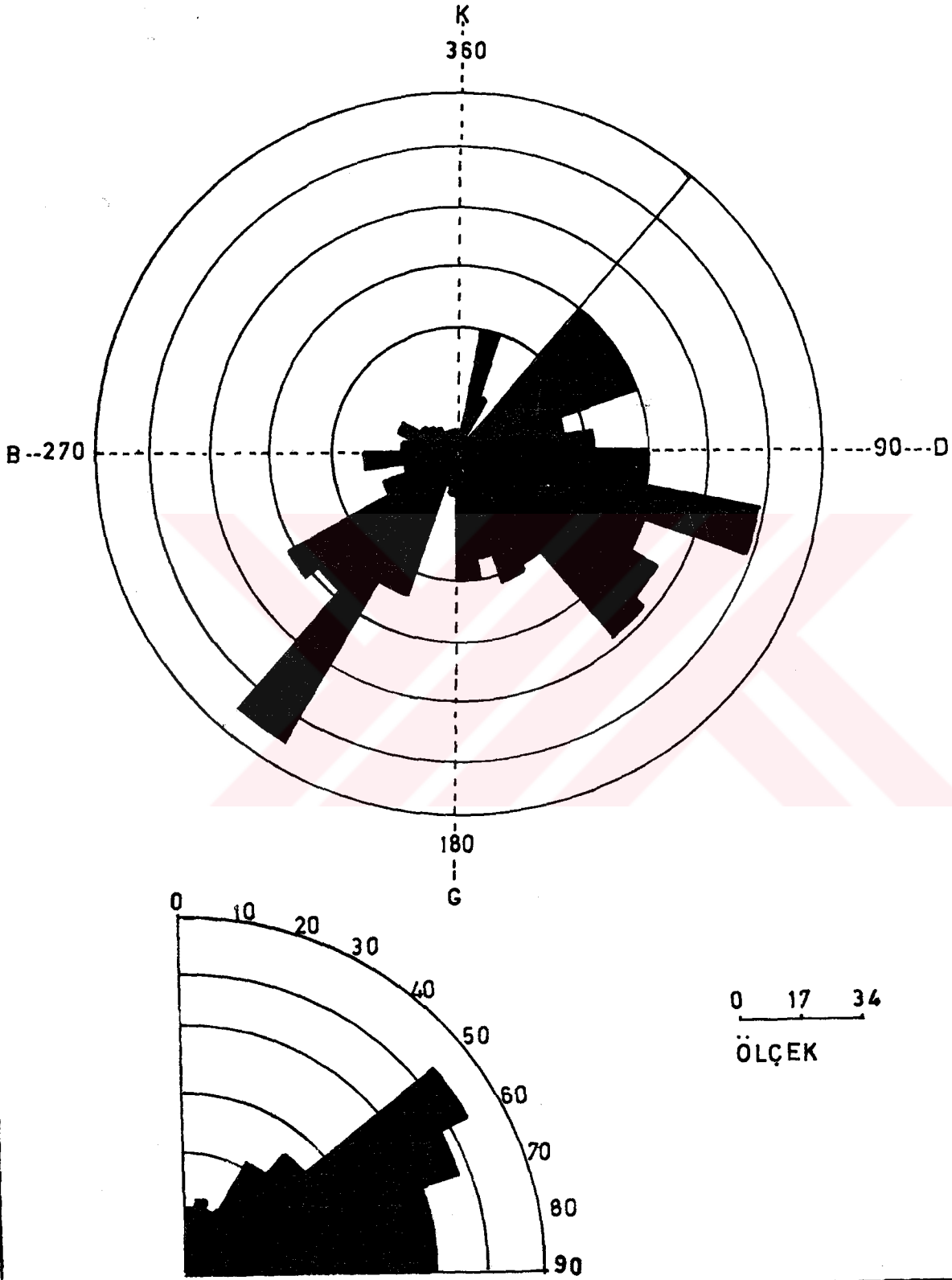
Çalışma alanı içindeki tabaka duruşlarının, yoğun volkanizma ve plütonizmadan etkilenmiş oldukları arazi gözlemleri ile saptanmıştır.

### 2.3.2. Çatlaklar

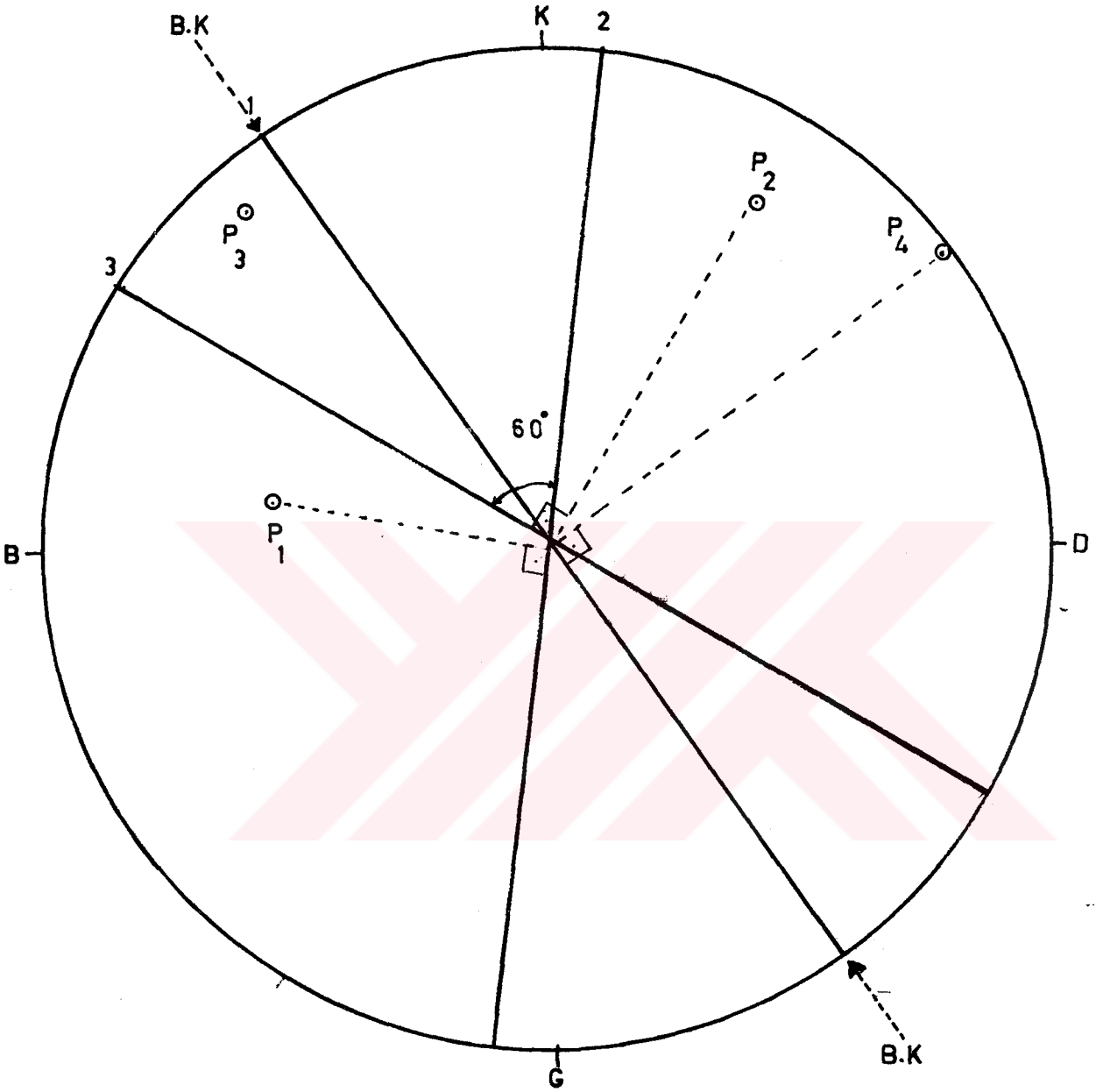
Çalışma alanında görülen kayalar sık çatlaklıdır. Çatlak açıklıkları 0,1 cm ile 3 cm arasında ve çatlak ara uzaklıkları 5 cm ile 2 metre arasında değişir. Spilitik bazaltlarda çatlak ara uzaklıkları düzenli bir şekilde 3-50 cm arasında,



Şekil 4. Zigana tüneli Gürgenaç (Trabzon) arasındaki 50 km<sup>2</sup>.  
lik araziye ait 415 çatlak ölçüsünden yapılan kontur  
diyagramı.



Şekil 5. Zigana tüneli Gürgenağaç (Trabzon) arasındaki  $50 \text{ km}^2$  lik araziye ait 415 eğim yönü ve eğim açısı değerinden elde edilen gül diyagramları



- ⊙ : Çatlak takımlarına ait kutup noktaları
- B.K: Deformasyonu oluşturan basınç kuvveti
- 1,2,3: Çatlak ana yönleri

Şekil 6 Deformasyonu oluşturan basınç kuvveti ile çatlak ana yönleri arasındaki ilişkiyi gösterir diyagram



Hamsiköy formasyonuna ait andezitik-bazaltik lav ve tüflerde 5 cm ile 70 cm arasında, dasitlerde 30 cm ile 2 metre arasında değişir. Dolgu maddesi olarak başta kil olmak üzere, kalsit ve silis arazi gözlemleri ile saptanmıştır. Genelde tüm birimlerde çatlaklar düzgün yüzeyli fakat pürüzlüdür. Ondülasyon (dalgalanma) Litolojiye göre değişmektedir. Güzelyayla köy splitlerinde ondülasyon az, andezitik-bazaltik lav ve tüflerde ondülasyonun daha fazla olduğu ölçümlerle saptanmıştır. (Bu kısma Bölüm 3 te değinilecektir).

Dalgalanmanın çok az olduğu çatlaklar boyunca oluşan hareketlerde lokal faylanmalara arazide sıkça rastlanır. Çatlak boyunca oluşan bu hareketlerde, yol güzergahları boyunca fay aynalarının aynı zamanda şev aynası olması tipiktir.

Çalışma alanı içindeki birimlerden alınan 415 çatlak ölçüsünden, eşit alanlı projeksiyon açısı yardımı ile kontur diyagramı çizilmiş ve hakim çatlak yönlerinin K5D, K32B, K55B yönünde, eğimlerinin de sırasıyla 45GD, 87GB, 78 GB olduğu saptanmıştır. Şekil\_4

### 2.3.3. Faylar

Çalışma alanında hakim iki doğrultuda faylar görülmektedir. Saha gözlemleri hakim fay doğrultularının KB-GD ve yaklaşık D-B olduğunu göstermiştir.

İnceleme alanında dört büyük fay saptanmıştır. Bunlardan  $F_2$ ,  $F_4$  fayları kesin,  $F_1$  ve  $F_3$  fayları olası faydır.

#### $F_1$ Fayı

Doğrultusu yaklaşık D-B dir. Karahavadere'nin Hamsiköy deresi'ne bağlandığı yerden başlar ve Hamsiköy deresi yatağı boyunca doğuya uzar ve Başar köyü altında son bulur (Foto 11). Fay hattı boyunca traverten oluşukları gözlenir. Gravite fayı olduğu düşünülmektedir.

## F<sub>2</sub> Fayı

Hamsiköy formasyonu içerisinde iki üyenin sınırında oluşmuş normal faydır. Yeni yol güzergahı 44 üncü ve 43 üncü kilometreler arasında çok iyi bir şekilde görülmektedir. Fayın doğrultusu KB-GD 'dur. Karahava dere'nin 1450 kotundan başlar ve Hamsiköy deresine kadar uzanır. F<sub>2</sub> fayı konum itibari ile, deformasyonu oluşturan basınç kuvveti ile ilgili olan tansiyon çatlaklarına yaklaşık paralel duruşludur.

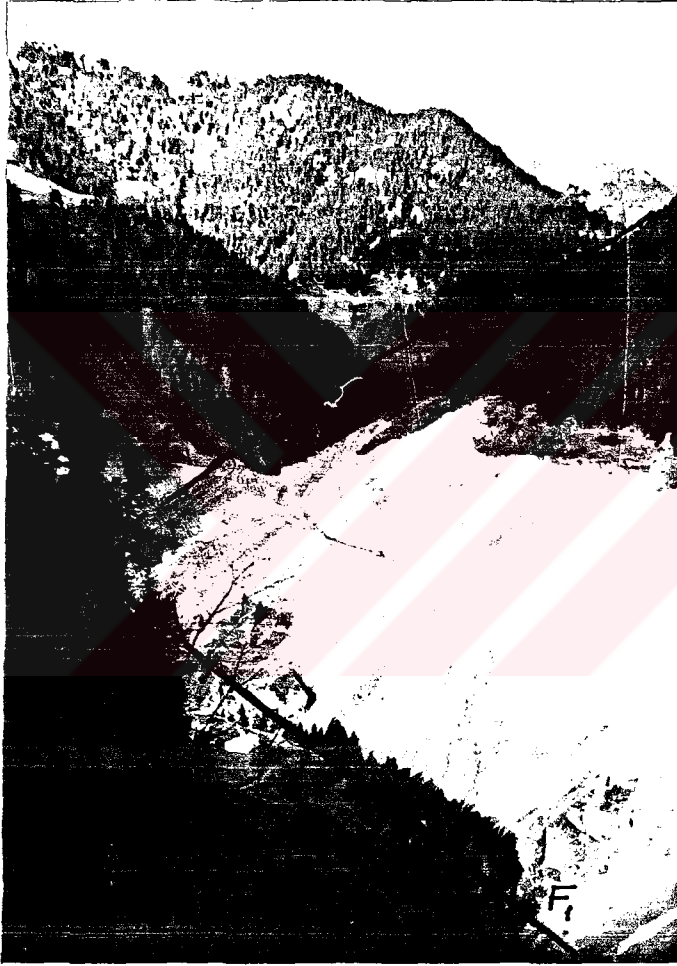


Foto-11  
Karahava dere'nin Hamsiköy deresine katıldığı yerde F<sub>3</sub> ve F<sub>1</sub> faylarının görünüşü.

## F<sub>3</sub> Fayı

Karahava dere'nin KB 'ndan başlayarak gelir, 43 ncü kilometrede yeni yol güzergahını keser. Bir süre yola paralel gittikten sonra Hamsiköy deresi içinden geçerek GR 'ye yönelir.



Foto-12  
F<sub>2</sub> fayının, bazaltik tüfleri kestiği yerden görünüşü.

Eski yol güzergahını kestikten sonra Berdiga formasyonuna ait birimler içinde son bulur. KB-GB doğrultuludur.

F<sub>3</sub> fayının yeni yol güzergahını kestiği yerde, ezilme zonu belirgin olarak görülür. (Foto-13). Yükselen blok üzerinde çizikli fay yüzeyi (slickenside) (foto-14) 'te görülmektedir. Bu normal gravite fayının uzunluğu 3 km'dir. Yaklaşık kuzey güney yönlü faylanmalar yeni yol güzergahı boyunca şev problemlerini oluşturmuştur.

#### F<sub>4</sub> Fayı

F<sub>3</sub> fayına paralel bir şekilde uzanır. KB-GE doğrultuludur. Ezilmiş fay zonu boyunca oluşan kısmen derin olan alanın üzeri Neojen tortulları ile örtülmüş vaziyettedir. Bu yüzden fay zonunu takip etmek zordur. Normal pravite fayı olduğu düşünülmektedir.

Başar köyü civarında, Berdiga formasyonuna ait kireçtaşları ile Hamsiköy formasyonu'na ait Çamlıbel üyesi arasından geçer. Düşen blok daha genç olan birimdir. Fayın derenin diğer



Foto-13  
F<sub>3</sub> fayının yeni yol güzergahını kestiği yerde ezilme zonu

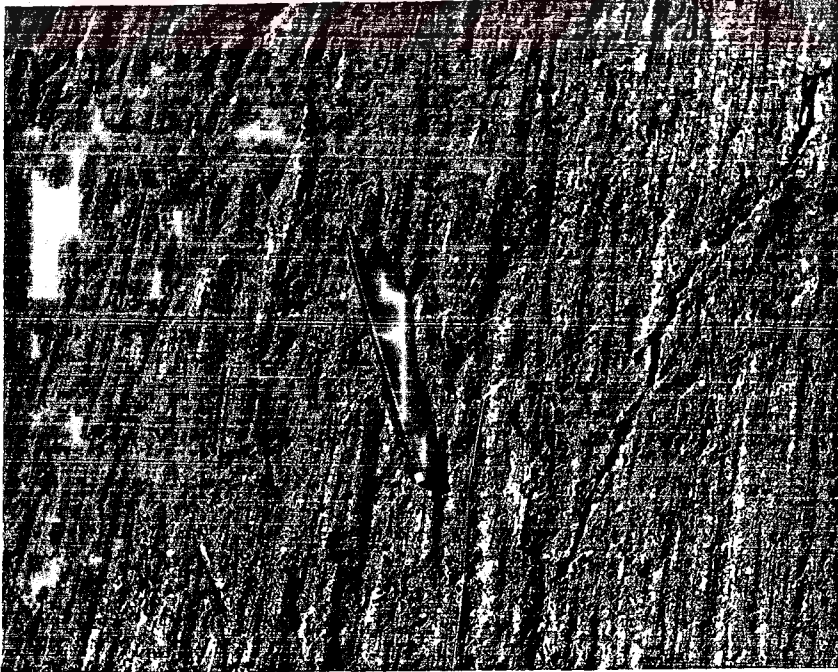


Foto-14  
F<sub>3</sub> fayının oluşturduğu çizikli fay yüzeyinin (slickenside) görünüşü

tarafına geçip geçmediği hakkında veri bulunamamıştır. Uzunluğu yaklaşık 2 km kadardır.

Diğer lokal faylar:

Yeni yol güzergahı 38+400 ncü metrede Liyas yaşlı bazaltlar ile Başar kireçtaşları arasında vadi boyunca bir faylanmanın olduğu saptanmıştır. Fayın doğrultusu F<sub>3</sub> ve F<sub>4</sub> faylarına paraleldir. Burada spilitik bazaltlar, Hamsiköy deresinin kuzey tarafında kireçtaşlarının altından dönerek jeolojii tamamlarlar.

Önceden de bahsedildiği gibi diğer lokal faylar çatlaklardan itibaren meydana gelmişlerdir. Doğrultuları KB-GD, D-B istikametindedir.

#### 2.3.4. Kıvrımlar

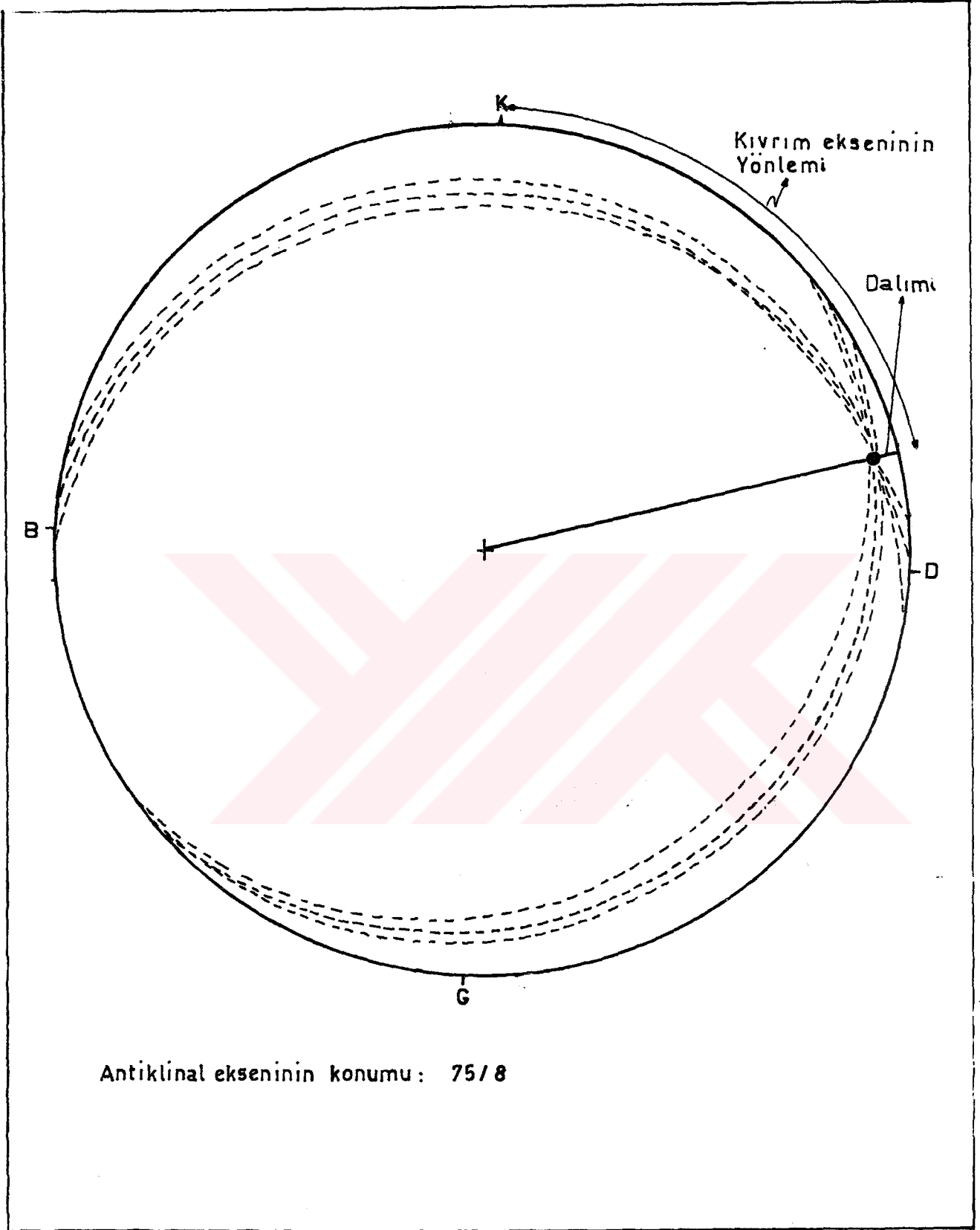
Yaklaşık KB-GD doğrultusunda kıvrımlanma meydana gelmiştir. Dolayısıyla kıvrım eksenlerinin konumu bu istikamete diktir.

Hamsiköy antiklinali, Hamsiköy derenin her iki yanında bulunan Berdiga formasyonuna ait kireçtaşlarında oluşmuştur. Muhtemelen deformasyonu oluşturan basınç kuvvetinden itibaren kıvrımlanma gelişmiştir. Kıvrım ekseninin konumu bu kuvvet yönüne diktir. Yapılan "  $\beta$  ve  $\pi$  diyagramları" antiklinal ekseninin konumunu 75/8 vermiştir. Bulunan bu değere göre yaklaşık Hamsiköy deresi tabanı aynı zamanda antiklinal eksenidir (şekil 7).

Küçük çapta kireçtaşları içinde kıvrımlar görülmüştür. Bu kıvrımlanmaların sebebi olarak, etkin volkanizma ve yersel hareketler olduğu düşünülmüştür.

#### 2.3.5. Ekonomik Jeoloji

Hamsiköyden Gürgenağaç'a kadar olan kısımda, eski yol güzergahı boyunca ve Başar köyünde kireç ocaklarına rastlanılmıştır. Bunların çoğu açık ocak işletmeleri şeklindedir (Open pit mine). Gürgenağaç'ta kiremit imalathanesi vardır. Bu imalathanede Neojen killeri girdi olarak kullanılmaktadır. Yöre halkının



Şekil 7 Hamsiköy deresinin her iki yanında yer alan Berdiga formasyonuna ait kireçtaşlarındaki antiklinal ekseninin  $\beta$  diyagramı ile konumunun belirlenmesi

parke taş olarak nitelendirdiği, kökeni spilitik bazalt ve andezitik tüf olan kayaların ev ve avlu yapımında kullanıldığı gözlenmiştir.

Çalışma alanı dışında, Güzelyayla köyün güneyinde M.T.A.'nin açmış olduğu sondajlarda Cu, Pb, Mo gibi cevher minerallerine rastlanıldığı ve bunların işletilme olanaklarının araştırıldığı yetkililerden öğrenilmiştir. Burada, cevherleşmenin hidrotermal getirimler neticesinde olduğu ve skarn zorlarından bahsedildiğini belirtmek isterim.

Çalışma alanının kuzeyinde Kıranoba yaylasında (2000 m) eski maden ocaklarına rastlanılmıştır. Bugün bu ocaklar terk edilmiş durumdadır.

## BÖLÜM 3

### GÜRGENAĞAÇ-ZİGANA TÜNELİ ARASININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

#### 3.1. Giriş

Zigana tüneline doğru yeni yol güzergahı boyunca sırayla şu birimler geçilir: Dikkaya Dasiti, Mamsiköy Formasyonu, Berdiga Formasyonu ve Güzelyaylaköy Spilitleridir.

Yol güzergahında tünelden itibaren 43 ncü ve 39 uncu kilometreler arasında yer yer, Hamsiköy formasyonuna ait Çamlıbel üyesinin tabanındaki olistastromal oluşuklara rastlanır.

Berdiga formasyonuna ait kireçtaşları ile, Güzelyayla köy spilitleri yol güzergahının son 1 kilometresinde rastlanır.

#### 3.2. Jeolojik Özellikler

Çalışma alanında formasyon düzeyinde incelenen birimlerin genel jeolojik özellikleri, yol güzergahında görülen kayalar da benzer özelliktedir. Bununla birlikte ayrışma özelliklerinde farklılıklar gözlenir.

##### 3.2.1. Dikkaya Dasiti

Zigana tüneline başlarlar, 48 ile 47 nci km. ler arasında son bulurlar. Zigana tüneline bulunduğu 51-444 ncü metreden Maçka istikametinde, 49'cü kilometrenin sonlarına kadar dasitle- rin rengi genelde beyazımsı, kahverengimsidir. Bu metreler arasında (özellikle 50 nci kilometre ile 50+500 ncü metreler arası) ayrışma etkilidir (ayrışmış kaya). Dasit, çok çatlaklı kaya ile zemin türü malzeme arasında geçiş gösterir. 50 ve 49 ncu kilometreler arasında dasit az ayrışmış kaya sınıfı özelliğindedir.



Güzergah boyunca dasitler, çalışma alanının diğer yerlerinde görülen dasitlere nazaran biraz daha küçük taneli bir görünüm arzederler. İri pirit kristalleri kayaç içine saçılmış vaziyettedir.

### 3.2.1.1. Dikkaya Dasitinde Süreksizlik Ara Uzaklıkları ve Açıklığı

Dasitlerde süreksizlikleri çatlaklar ve lokal faylanmalar oluşturur. Faylar, genelde gravite fayı türündendir. Pekçoğu çatlaklardan itibaren oluşmuştur.

49+170 ile 49+140 metreleri arasında mor renkli dasitlerde doğrultuya dik alınmış 50 çatlak ölçüsünden elde edilen veriler aşağıdadır.

- Bu metrelerde çatlak açıklıkları 1 mm ile 3 cm arasında değişmektedir (açık çatlaklı kaya).

- Her 1 metredeki doğrultuya dik alınmış hat üzerindeki çatlakların sayıları değerlendirilmiş ve toplam 50 ölçümün neticesinde bir ortalama değer bulunmuştur. Buna göre; metredeki ortalama çatlak sayısı  $\lambda=11,2$  olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında güzergah boyunca (dasitlere ait) doğrultuya dik 1 metredeki çatlak sayıları ve ölçümlerinin yapıldığı metreler şunlardır:

49+315 m = 8 çatlak, 49+270 m = 9 çatlak  
 49+250 m = 11 çatlak, 49+200 m = 14 çatlak  
 49+180 m = 18 çatlak ölçülmüştür.

- Yukarıdaki 50 ölçünün yapıldığı çatlaklardaki çatlak aralıkları 8 cm ile 40 cm arasında değişmektedir. Çatlak ara uzaklığına göre dasitler "yakın" ile "orta yakınlıkta" çatlaklı kaya sınıfına girerler.

### 3.2.1.2. Dolgu Türü

Dasitlerdeki çatlaklar (Foto-15)'de görüldüğü gibi, açık çatlaklı olanlar dolgusuz, ince çatlaklı olanlar kil ve silt dolguludur. Dolgu maddesinin tane boyutu 0.02 ile 0.002 veya 0.002 'den küçüktür.



Foto-15

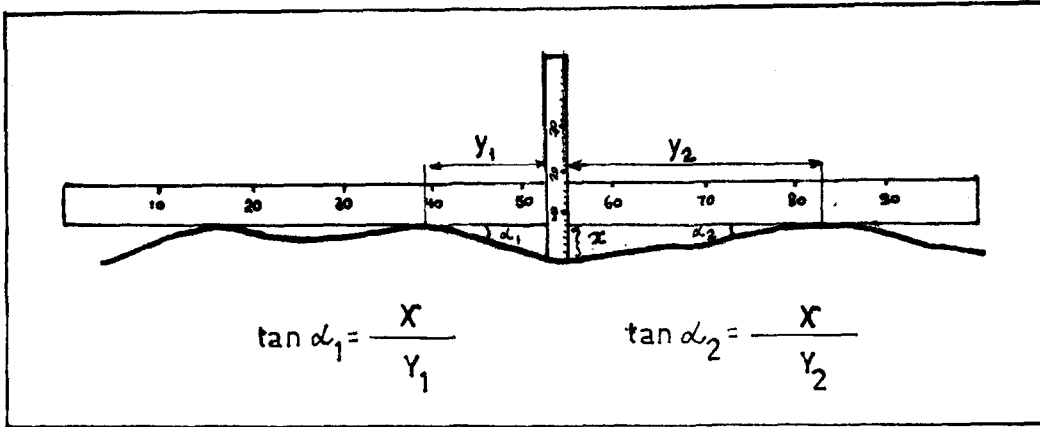
49+140 nci metredeki mor renkli dasitlerde  
çatlak açıklıkları ve çatlak ara uzaklıkları

### 3.2.1.3. Dasitlerde Çatlak Pürüzlülüğü

Kaya şev ve yamaçların duraylılığını etkilediği için önemlidir.

Çatlak pürüzlülüğü değeri saptanırken, Piteau (1970)'nun makroskobik çözümlere dayanarak yapmış sınıflamadan yararlanılmıştır

Pürüzlülük ve dalgalanmanın (ondülasyon) saptanmasında 1 m. uzunluğunda cetvel ve buna dik olarak raptedilen 30 cm. uzunluğunda ikinci bir cetvelden yararlanılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Çatlak yüzeyindeki dalgalanmanın ölçülmesi

Ölçüm şu şekilde yapılmıştır: Cetvel çatlak yüzeyinde, dalgalanma eksenlerine dik gelecek şekilde tutulmuş ve duruşta x ve Y mesafeleri okunmuştur.

Çalışılan yol güzergahı üzerinde iki farklı renkte olan dasitlerde çatlak pürüzlülüğü ölçümü yapılmıştır. Birinci kısım, Zigana tünel girişi ile Trabzon'dan itibaren 49+000 ncı kilometreye kadar olan mesafede (2440 m.), ikinci kısım 49+236 metreleri arasında olmak üzere (1841 m.), pürüzlülük ölçümlerinin yapıldığı metreler ve bu metrelerdeki hesaplanan açı değerleri Çizelge 2 de gösterilmiştir. Birinci kısımda  $J_{r_{ort}} = 6.5^\circ$ , mor renkli dasitlerde ise  $J_{r_{ort}} = 8^\circ$  bulunmuştur. Bulunan bu değerlere göre dasitler "Hafif pürüzlü" kaya sınıfına girerler. Bulunan bu pürüzlülük açısı, (saha gözlemlerini göz önünde tutarak) süreksizlik yüzeylerinde,  $\phi$  (ultimate)  $28^\circ$  olduğu halde, bazı şevlerde,  $\phi$  (ultimate)+pürüzlülük açısı şeklinde içsel sürtünme açısı alınmıştır. Bu durumda,  $\phi = 35^\circ$  değeri şev duraylılığında kullanılmıştır.

Çizelge.2. Dasit ve tüflerde pürüzlülük değerleri

KAYAÇ TÜRÜ	ÖLÇÜ SAYISI	PÜRÜZLÜLÜK AÇISI			S.D	
		MAX	MIN	ORT.		
D A S İ T	AÇIK RENKLİ	79	20.6	2	6.5	2.73
	MOR RENKLİ	62	21.3	1.3	7.1	3.22
ANDEZİTİK- BAZALTIK TUF	115	28.8	1	8		5.14

#### 3.2.1.4. Dasitlerde Kaya Kalitesi

3.2.1.1 'de 1 m deki ortalama çatlak sayısı 11.2 olarak bulunmuştur ( $\lambda = 11.2$ ).

Priest ve Hudson (1976) birim uzunluktaki bir doğru boyunca (1 m.) saptanan süreksizlik sayısını göz önüne alarak aşağıdaki bağıntıyı bulmuştur.

$$RQD = 100 \cdot e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1) \quad (1)$$

Formül 1'e göre dasitlerde kaya kalite değeri;  $RQD = 67.8$  bulunur. Bu veriye göre dasitler "Orta kalitede" kaya sınıfına girer.

### 3.2.2. Hamsiköy Formasyonu

#### -Kıranoba üyesi

Yeni yol güzergahında, Başar köyü altından (39+500 m.) başlar, Çamlıbel üyesinin tabanını teşkil eden olistostromal oluşumlarla geçişli olarak ve de yer yer yol güzergahını keserek 42. kilometreye kadar ilerler (Trabzon'dan itibaren). Bu noktada, olistostromal oluşuklarla örtülüdürler. 43 ncu kilometreden itibaren tekrar yüzeylenirler. 47.nci kilometrenin başlarında son bulurlar. Bu noktada dasitlerle örtülürler.

Hamsiköy formasyonu, Kıranoba üyesinin tüm özelliklerini taşırlar.

#### 3.2.2.1. Süreksizlik Ara Uzaklıkları ve Açıklıkları

Dasitlerde olduğu gibi süreksizlikleri çatlaklar, lokal faylar ve büyük çapta olan  $F_2$  fayı temsil eder.  $F_2$  fayı yol güzergahını Trabzon'dan itibaren ~44 km'de keser (foto-12). Faylar, gravite fayı türündendir.

Çalışılan şevler boyunca, ölçülen çatlak açıklığı mesafesi 0.1 ile 2 cm arasında değişmektedir. Bu değerlere göre, (çatlak açıklığına göre) kaya sınıflamasında "Açık çatlaklı" kaya sınıfına girerler (Foto 15). Çatlak ara uzaklığı 5 cm ile 65 cm arasında değişir. Bu değerlere göre "yakın" ve "orta yakınlıkta" çatlaklara sahip kaya sınıfına girerler.



Foto-16  
Tüflerde çatlak açıklığı  
Yer: Yeni yol güzergahı 44+550 m.

#### 3.2.2.2. Dolgu Türü

Yüzeeye yakın ince çatlaklı tüfler dolgusuz, "orta derece" çatlaklı olan tüfler kil ve kalsit dolgulu olduğu gözlenmiştir.

#### 3.2.2.3. Çatlak Pürüzlülüğü

Yeni yol güzergahı boyunca, birime ait pürüzlülük ölçümü yapılan yerler, süreksizliklerin konumu ve metredeki çatlak sayıları çizelge.2'da verilmiştir. Ortalama pürüzlülük açısı ( $J_{r_{ort}}$ )  $8^{\circ}$  olarak bulunmuştur. Bulunan bu değere göre Andezitik-bazaltik tüfler "hafif pürüzlü" kaya sınıfına girer.

Pürüzlülük ölçümü 3.3.1.3 de anlatıldığı gibi yapılmıştır.

Pürüzlülük ölçümü neticesinde bulunan değer, Andezitik-bazaltik karakterli tüflerdeki  $\phi$  (ultimate) değerine ( $28^{\circ}$ ) bazı şevlerde eklenmiştir. Bu seçim yapılırken arazi gözlemleri göz önünde bulundurulmuştur. Çünkü, pürüzlülük değerleri değişik şevlerde değişik değerler almaktadır.

Çizelge.3.Tüflerde jeolojik parametreler

Ö Z E L L İ K				
YER Trabzon→tünel	KONUM	Ç.A.U	$\lambda$ (ört)	Pürüzlülük J(derece)
44+590	66 / 65	10-65	8	7.6
45+550	113 / 4	5-46	19	9.1
45+790	150 / 50	10-38	9	11.6
45+860	76/75	30-50	9	5.2
46+116	156/45	10-62	7	6.5
Ortalama		5-65	10.4	8



Foto-17

45+860 metrede pürüzlülük, çatlak ara uzaklığı, metredeki çatlak sayısının saptandığı tüfler, çatlak yüzeyi konumu: 76/75

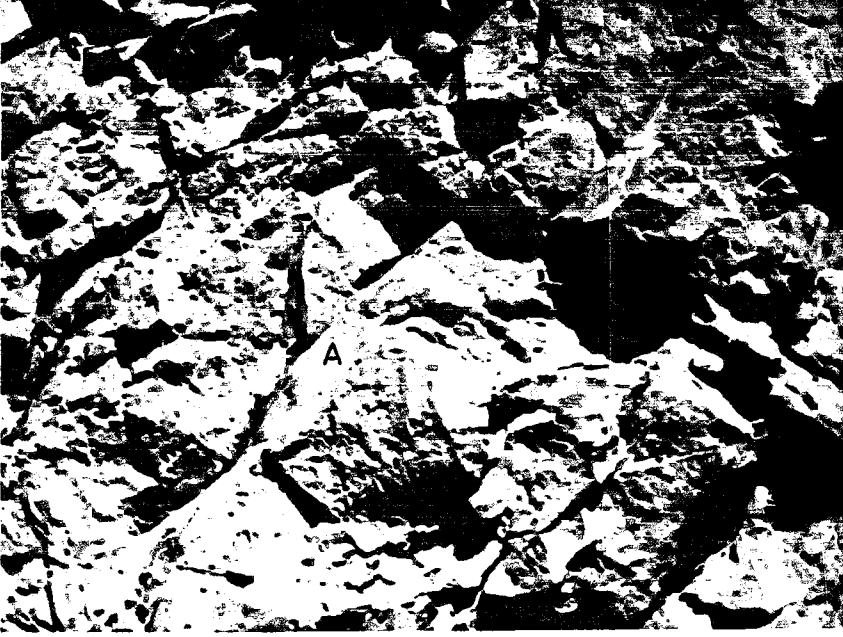


Foto-18  
44+590 ncı metrede, çatlak ara uzaklığı,  
metredeki çatlak sayısı ve pürüzlülük,  
ölçümü yapılan şev (Birim tüf)  
pürüzlülük ölçümü yapılan çatlağın  
konumu : 66/65 (A)

#### 3.2.2.4. Kaya Kalitesi

$$RQD = 100 \cdot e^{-0,1 \cdot \lambda} \cdot (0,1\lambda + 1) \quad (1)$$

$$RQD = \%72$$

Yukarıdaki veriye göre tüfler "Orta kalitede" kaya sınıfına girerler.

#### 3.2.3. Hamsiköy Formasyonu

##### -Çamlıbel üyesi

Birimin tabanında olistostromal oluşumlar vardır. Yeni yol güzergahının 43 ve 40 ncı kilometreleri arasında yer yer görülmürlür, yol üzerinde, çeşitli çapta ve boyda, değişik kökenli malzemenin bir arada bulunduğu ve bu değişik tür elemanların zemin türü bir hamurla (matrix) bağlandığı yığılımlardır. Tipik olarak pembemsi, kırmızımsı renktedirler. Şev duraylılığı

açısından sorun teşkil etmemektedirler. Çünkü çoğu traşlanmış ve istenilen yatımlara getirilmişlerdir. Su problemi olan bu tür şevlere ise istinat duvarları çekilmiştir. Ayrıca, analizlerde malzemeye bir içsel sürtünme açısı vermek mümkün görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı malzemenin jeomekanik özellikleri saptanamamıştır.

#### 3.2.4. Berdiga Formasyonu

Yeni yol güzergahında, 38+345 ve 37 nci kilometrenin başlarına kadar olan dar bir alanda görülür. Güzergah üzerinde gri renkleri ve az çatlaklı görünüşleri ile dikkat çekerler. Tabaka kalınlıkları 30 cm 'den 3 m 'ye kadar değişir. Yol şevleri boyunca tabakalanma nadir olarak görülür. Fakat kireçtaşlarından ibaret yol şevlerinde çatlak takımlarını görmek mümkündür.

##### 3.2.4.1. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı

Çatlak açıklığı milimetre düzeyindedir. Bu durumda "ince çatlaklı" kaya sınıfına girerler. Süreksizlikler arasındaki uzaklık 30 cm ile 3 m. arasında değişir. Bu durum çatlaklar arasındaki mesafe 30-70 cm arasındadır. Tabakalar arasındaki mesafe ise 3 m. den fazladır. Bu durumda "orta yakınlıkta" çatlaklı kaya ve "çok kalın" tabakalı kaya sınıfına girerler.

##### 3.2.4.2. Dolgu Türü

Süreksizlik yüzeyleri genelde kalsit bazende aragonit dolguludur.

##### 3.2.4.3. Kaya Kalitesi

38+345 ile 38+270 m. leri arasındaki, kireçtaşlarına ait yol şevinde, doğrultuya dik 1 m. deki çatlak sayıları;

$$\lambda_1 = 3 , \lambda_2 = 7 , \lambda_3 = 8 , \lambda_4 = 5 , \lambda_5 = 3$$

$$\lambda_{\text{ort}} = 5,2 \text{ bulunur.}$$



$$RQD = 100 \cdot e^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1) \quad (1)$$

$$RQD = \%89$$

Formül 1 'e göre kireçtaşlarının "iyi kalitede" kaya olduğunu ortaya koyar.

### 3.2.5. Güzelyaylaköy Spilitleri

Yeni yol güzergahında, 37+700 ile 37+400 m. leri arasında görülürler. Yukarıdaki metrelerin öncekinde ve sonralarında kireçtaşları vardır. Spilitik bazaltlar bir kafa şeklinde kireçtaşları arasında yüzeylemişlerdir. 37+400 m.den sonra Hamsiköy deresi içine yönelerek çalışma alanında jeolojii tamamlarlar.

Güzergah boyunca, çalışma alanının diğer yerlerinde yüzeylendikleri gibi mor, koyu gri renkleri ile görünürler. Yer yer dere tabanındaki kadar ayrıışmışlardır. Bu durumda renkleri, koyu kahverengi ile siyah arasında değişir. Ana çatlak takımları ve bunların konumları, çalışma alanının diğer yerlerinde görülen yüzeylenmelerine uygundur (Bölüm 1).

#### 3.2.5.1. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı

Süreksizlikler çatlaklar ve lokal faylanmalardan oluşur. Çatlak ara uzaklığı 5 cm ile 40 cm arasında değişmektedir. Ortalama çatlak ara uzaklıkları çalışılan şevler boyunca ölçülmüştür. Çatlak açıklıkları 0,1 mm ile 1 cm arasında değişmektedir.

Yukarıdaki değerlere göre spilitik bazaltlar "yakın çatlaklı" kaya ve çatlak açıklığına göre de "açık çatlaklı" kaya sınıfına girerler.

#### 3.2.5.2. Dolgu Türü

Çalışma alanı içerisindeki diğer spilitik bazalt yüzeylemelerinde görüldüğü gibi çatlaklar kalsit ve zeolit dolguludur.

Çatlak açıklığı 1 cm 'ye yakın veya 1 cm olan spilitik bazaltların ya çatlak sularının getirdiği çamurlu maddelerle ya da kil dolgulu olduğu görülmüştür. Bu durum yol güzergahının 37+400 ncü metresinde böyledir.

### 3.2.5.3. Güzelyaylaköy Spilitlerinde Çatlak Pürüzlülüğü

Çatlak pürüzlülüğü ölçülmemiştir. Malzemenin açık çatlaklı ve dolgulu olduğu göz önüne alındığından, süreksizlik yüzeylerinde bir pürüzlülük açısı ölçümüne gerek duyulmamıştır. Bu yüzden şev duraylılık analizlerinde  $\phi$  (ultimate) değeri direkt olarak alınmıştır. ( $\phi(\text{ultimate})=35^\circ$ )

Spilitik bazaltlar Piteau'nun yapmış olduğu sınıflamaya göre yüzey durumu "Düz" kayna sınıfına girer. Kaya yüzeyine dokunulduğunda yüzeyin pürüzsüz olduğu anlaşılabilir.

### 3.2.5.4. Güzelyaylaköy Spilitlerinde Kaya Kalitesi

Spilitleşmiş bazaltlara ait çalışılan yol şevlerindeki ölçümlere göre; 1 m. deki çatlak sayılarının ortalaması olarak  $\lambda=12$  bulunmuştur.

$$RQD = 100 \cdot e^{-0,1\lambda} \quad (0,1 \lambda + 1)$$

$$RQD = \%66$$

Yukarıda bulunan değere göre spilitik bazaltlar "orta kalite" kaya sınıfında yer alırlar.

## 3.3 Fiziko-Mekanik Özellikler

### 3.3.1 Deney Örneklerinin Hazırlanması

Arazide konumları, kuzey yönünün işaretlenmesi ile belirtilen yaklaşık 50x50x30 cm boyutlu bloklar laboratuvara taşınmıştır. Bloklardan karot alma makinesi yardımı ile 38 mm çapında, her birim için 4 tane olmak koşulu ile 16 karot, 31 mm çapında her birim için 9 tane olmak koşulu ile 36 karot alınmıştır. Karotlar 3 birim için A yüzünden (K-G) 1 birim için B yüzünden (D-B) alınmıştır.

Alınan karotlar, karot boyu, çapının iki katı olacak şekilde taş kesme makinasında kesilmiştir. Karot uçları (cutrock) makinası ile düzeltilmiş ve birbirine paralelliği sağlanmıştır.

### 3.3.2 Fiziksel Özellikler

Çalışma alanı içindeki birimlerin (Spilitik bazalt, Andezitik bazaltik tüf, Dasit, Kristalize kireçtaşı) fiziksel özelliklerini saptamak için yapılan laboratuvar deneylerinde Türk standartları 699 Mart 1974 UDK 691-2 "Doğal Yapı Taşları Muayene ve Deneysel Esasları" uygulanmıştır. Deneyler, bloklarda bir yüz için 13 örnek üzerinde yapılmıştır. (Ek 3). Deneylerde kuru birim hacim ağırlık ( $B_k$ ), özgül ağırlık (G), porozite (P), ağırlıkça su emme ( $g_s$ ) ve hacimce su emme ( $h_s$ ) değerleri hesaplanmış ve ortalamaları Çizelge.4.'de verilmiştir.

Çizelge-4. Çalışma alanı içindeki birimlerin fiziksel özelliklerinin ortalama değerleri

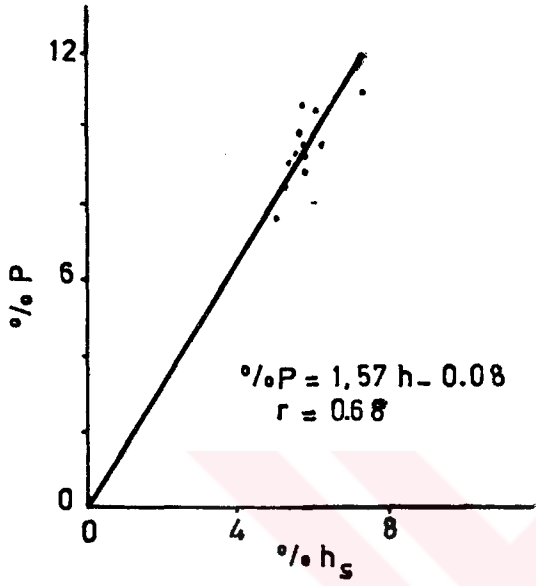
KAYA TÜRÜ	Ö Z E L L İ K					Doygun Birim hacim ağırlık
	Birim hacim Ağır. $B_k$	Özgül Ağır. G	Porozite% P	Ağırlıkça su emme % $g_s$	Hacimce su emme % $h_s$	
Dasit	2.43	2.69	9.47	2.32	5.65	2.49
Bazalt	2.68	2.73	1.65	1.04	2.81	2.71
Kireçtaşı	2.78	2.82	1.31	0.43	1.20	2.80
And-baz tüf	2.646	2.76	4.12	1.27	3.36	2.68

Çizelge.4 incelendiğinde kristalize olmuş kireçtaşları ile bazaltların poroziteleri, buna bağlı olarak da su emme yüzdeleri çok düşüktür. Buna karşılık özgül ağırlıklarının yüksek olduğu görülmektedir. Altare olmuş dasitlerde ve genç volkanizma ürünü olan andezitik-bazaltik tüflerin porozitelerinin daha yüksek

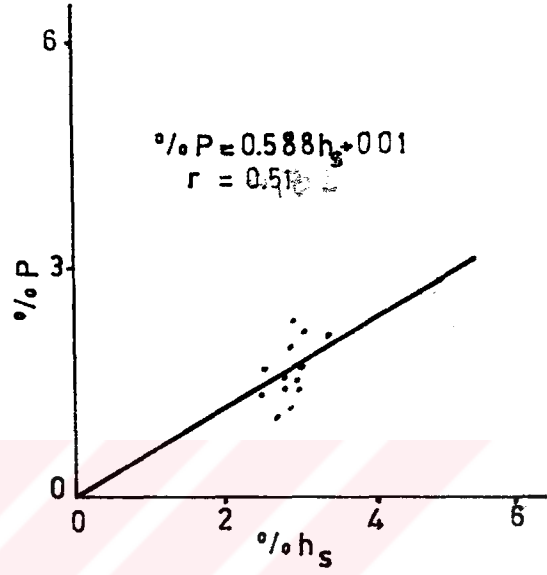
Şekil 9 Çalışma alanı içindeki birimlerde Porozite-hacimce su emme ilişkisi

## Hacimce su emme-Porozite ilişkisi

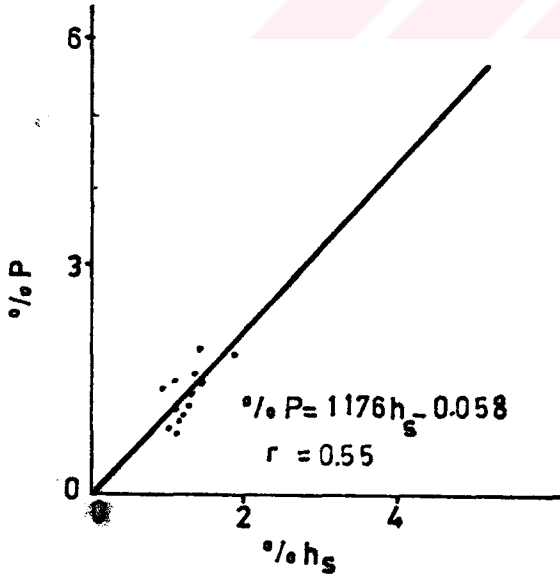
Dasit



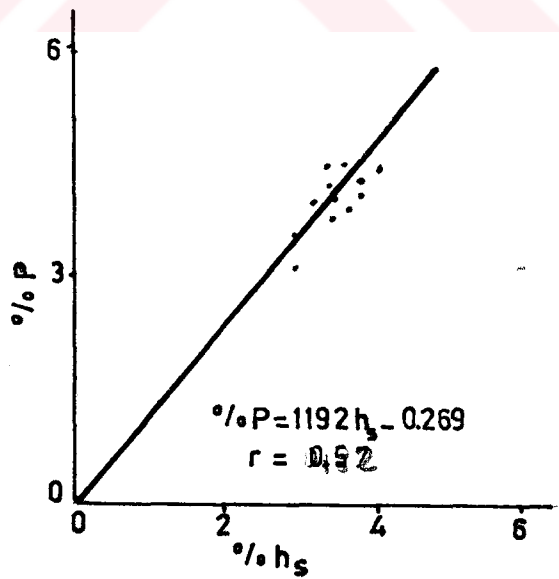
Bazalt



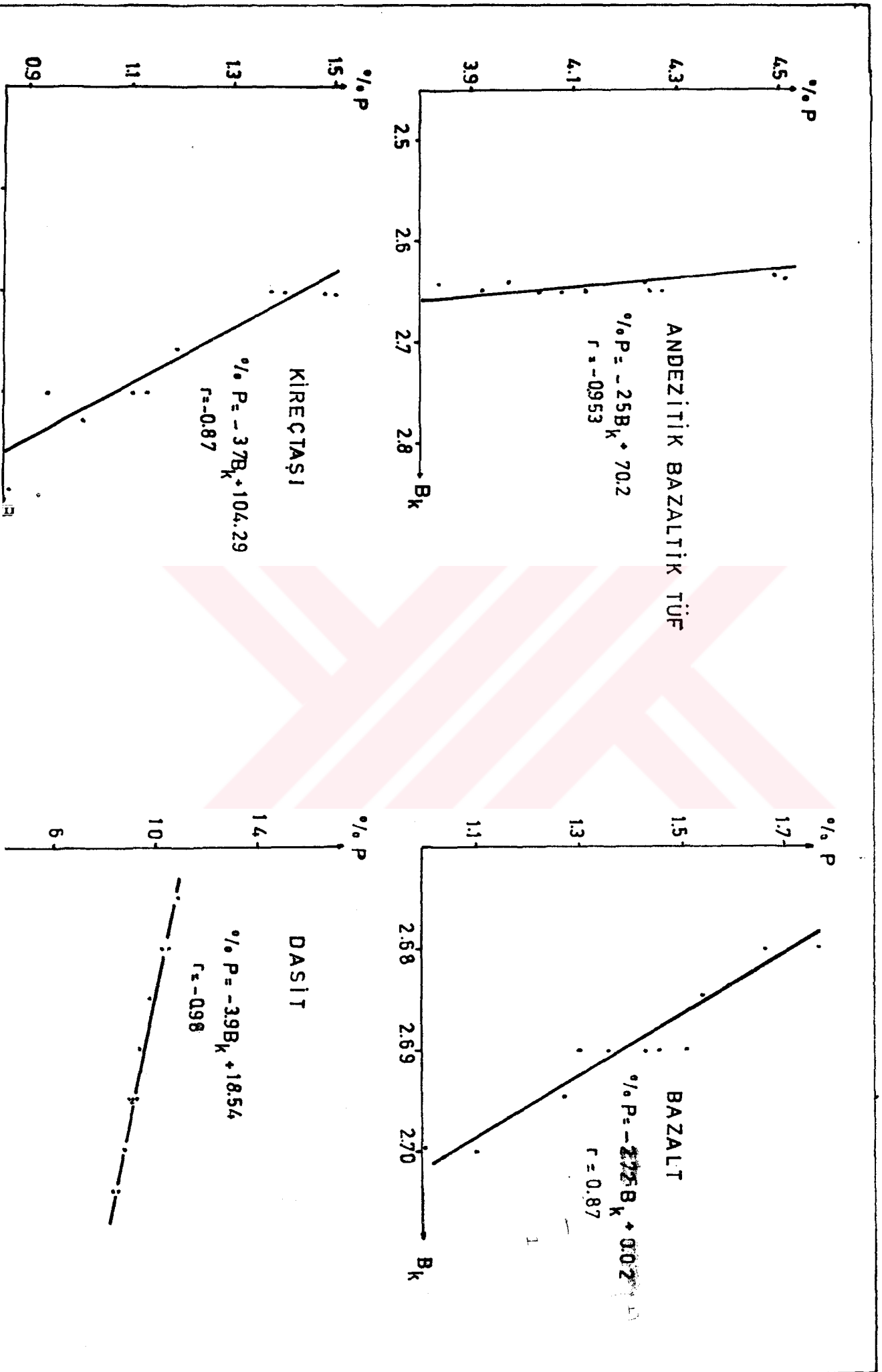
Kireçtaşı



Andezitik tuf.



Şekil 10. Porozite kuru birim hacim ağırlık ilişkisi



olduğu ve buna bağlı olarak su emme yüzdelerinin daha büyük ve buna karşılık birim hacim ağırlıklarının daha düşük olduğu görülmektedir.

### Sertlik

Laboratuvarda sertlik Schmidt çekici ile ölçülmüştür. Alet kayalar üzerine bir yay yardımı ile fırlatılan silindirik çubuğun geri tepmesi esasına göre ölçü yapar. Alet üzerinde her birim iki geri tepmeyi belirler. Bu parametreye göre aletin üzerindeki göstergeden geri tepme sayısı okunur.

Laboratuvarda dasit, kristalize kireçtaşı, andezitik-bazaltik tüflerin (A) yüzeylerinden, bazaltın ise (B) yüzeyinden, blok kenarlarında ve ortasında olmak üzere 12 geri tepme değeri okunmuş ve ortalaması alınmıştır (Çizelge.5).

Beer'in Schmidt çekici geri tepme sayısını göz önünde bulundurarak yaptığı sınıflamaya göre, bazaltlar, andezitik tüfler, dasit ve masif kireçtaşları "Sert kaya" sınıfında yer alır.

Çizelge.5. Çalışma alanı içindeki birimlerden alınan bloklarda Schmidt çekici geritepme sayısı ortalama değerleri

KAYA TÜRÜ	Ö Z E L L İ K			
	KAYACIN YÜZEYİ	ORTALAMA GERİ TEP. SA.	STANDART SAPMA	KAYACIN NİTELİĞİ
	A,B,C	R	S <sub>t</sub>	
BAZALT	2B	42.5	2.72	Sert kaya
ANDEZİT- BAZALTIK TÜF	4A	39	5.4	Sert kaya
DASİT	1A	40.5	3.78	Sert kaya
KİREÇTAŞI	3A	43	2.3	Sert kaya

### 3.3.3 Mekanik Özellikler

Kayaların mekanik özelliği, değişik yönde gerilmelere karşı gösterdiği dirençtir. Gerilmelerin, kaya direncini aşması halinde kırılma olayı meydana gelir. Kırılma makroskobik olay olması na rağmen, aslında kaya içindeki mikroskobik işlemlerin sonucudur.

#### Tek Eksenli Basınç Direnci Deneyi

Kaya bloklarından, Türk Standartları 2029/Nisan 1975 UDK 622.02 "Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini" esaslarına göre, çalışma alanı içindeki her birime ait bloklardan yönlendirilmiş yüzeye dik istikamette onar örnek hazırlanmıştır. Deneyler oynar başlıklı basınç deneyi aletinde yapılmıştır. Alette uygulanan yükün hızı kronometre yardımı ile ölçülmüş ve deneylerde yükleme hızı genelde  $150 \text{ kg/cm}^2/\text{dakika}$  olmuştur. Deney sonuçları Ek\_3'de gösterilmiştir. Belirli bir yüzden alınan örneklerin basınç direnci ortalaması ise Çizelge\_6'de verilmiştir.

Çizelge\_6. Çalışma alanı içindeki birimlere ait tek eksenli basınç direnci ortalama değerleri

KAYA TÜRÜ	Ö Z E L L İ K		
	Basınç direnci $\text{kg/cm}^2$	Standart sapma	Kayacın yüzeyi
Bazalt	1447	256.92	B
Andezitik- Bazaltik tüf	1089	244.53	A
Dasit	854	124.26	A
Kireçtaşı	1772	161.54	A

Tek eksenli basınç deneyinde örnek boyu, çapın iki katı olarak ( $L=2D$ ) alınmıştır. Fakat örneklerin gerek kesilmesi gerekse uçlarının "Cutrock aletinde" düzeltilmesi esnasında  $L=2D$  oranında değişiklik olduğu görülmüştür. Deneysel çalışmalarda çap-boy arasındaki oranın basınç direncini etkilediği bilinmek-

tedir. Özellikle kireçtaşlarında bu problem ile karşılaşılmış ve 38 mm çaplı karotlarda boy normal "L" değerinden düşük olduğunda tek eksenli basınç direnci değerleri  $2000 \text{ kg/cm}^2$  'nin üzerinde bulunmuş ( $\sigma'_b$ ) ve bu değerlere Szlavin, J. (1974) düzeltme formülü uygulanmıştır.

Szlavin, J. (1974) Basınç direnci düzeltme formülü

$$\sigma_b = \frac{\sigma'_b}{0,304 \frac{D}{L} + 0,848}$$

$\sigma_b$  = Gerçek basınç direnci  $\text{kg/cm}^2$

$\sigma'_b$  = Deney sonucu bulunan basınç direnci  $\text{kg/cm}^2$

L = Örnek çapı (cm)

D = Örnek çapı (cm)

Tek eksenli basınç deneyinde örnekler değişik şekillerde, çoğunlukla da ters koni şeklinde kırılmıştır. Özellikle dasitlerde tüm kırılmalar bu şekilde olmuştur. Bazı örnekler çatlaklar boyunca kırılmıştır. Özellikle kireçtaşlarında ilksel tabakalanma izleri boyunca, bazaltlarda ise çatlak yüzeyleri boyunca kırılma olmuştur. Bazaltlarda çatlak yüzeyleri boyunca kırılma değeri  $P=3500-4500 \text{ kg}$ , kireçtaşlarında ise basınç kuvveti değeri  $P=6500-8000 \text{ kg}$  arasında değişmiştir. Bazaltlarda çatlak yüzeyleri boyunca ayrışma ve neticede kahverenkte izler görülmüştür.

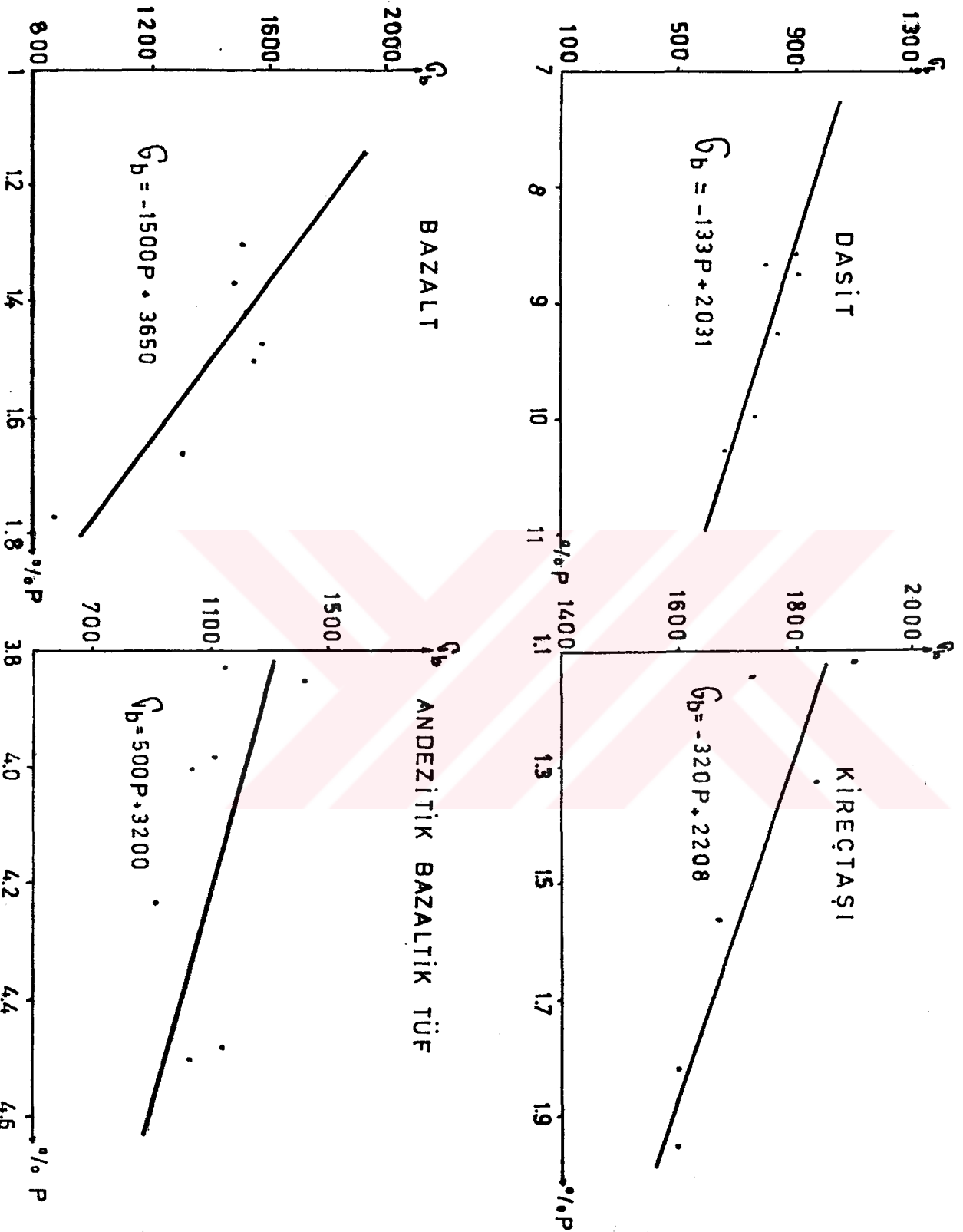
Tek eksenli basınç deneyi değişik çaplı (38, 31 mm) örnekler üzerinde yapılmış ve  $L=2D$  oranı korunduğu müddetçe çap ile basınç direnci arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı saptanmıştır.

Deere ve Miller (1966) kayaları tek eksenli basınç direncine göre aşağıdaki gibi sınıflandırmışlardır.

Kaya tarifi	Tek eksenli basınç direnci $\text{kg/cm}^2$
Çok yüksek dirençli	>2000
Yüksek dirençli	1000-2000
Orta dirençli	500-1000
Düşük dirençli	250-500
Çok düşük dirençli	<250

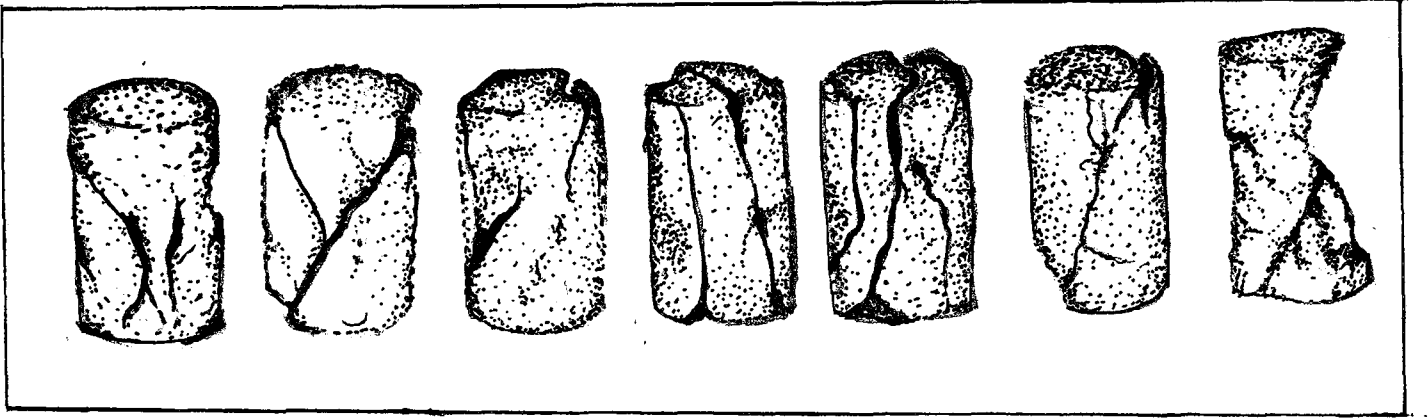


Şekil 12 Tek eksenli basınç direnci — Porozite ilişkisi



Mühendislik amaçları için yapılan yukarıdaki sınıflamada Bazalt, Andezitik-bazaltik tuf, kireçtaşı "Yüksek dirençli" kaya sınıfına, dasitler ise "Orta dirençli" kaya sınıfına girer.

Şekil.11. Dasitlerde tek eksenli basınç deneyi sonunda oluşan kırılma şekilleri



#### Üç Eksenli Basınç Deneyi

Kayaların kayma direncini etkileyen parametreler, kayaların içerdiği süreksizlik yüzeylerinin, kohezyonu (c) ve içsel sürtünme açısıdır ( $\phi$ )

Çalışma alanı içindeki birimlerin, kohezyon ve içsel sürtünme açısı üç eksenli basınç deneyi ile saptanmıştır. Deneyler laboratuvarında 31 mm 'lik karotlar üzerinde yapılmıştır.

Üç eksenli basınç deneyinde yanal gerilme  $\sigma_3$  0, 25, 50 kg/cm<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Deney sonuçları Çizelge 10 da verilmiştir.

Her bir birimin Mohr kırılma zarfı, tek eksenli basınç dirençleri ortalama değerleri ile (Çizelge.6. ) üç eksenli basınç dirençleri değerlerinden yararlanılarak bulunmuştur (Şekil 13-14).

Deney neticesinde, her birime ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri (Çizelge.7.) 'da gösterilmiştir. Bulunan içsel sürtünme açıları ve kohezyon değerleri sağlam kaya içindir. Çatlak yüzeylerinin içsel sürtünme ve kohezyon değerleri daha düşük olacaktır.

Yukarıdaki birimlerin süreksizlik içermesi halinde, Süreksizlik yüzeylerindeki içsel sürtünme açılarınının değerleri Duncan, N. (1969) 'dan alınmıştır.

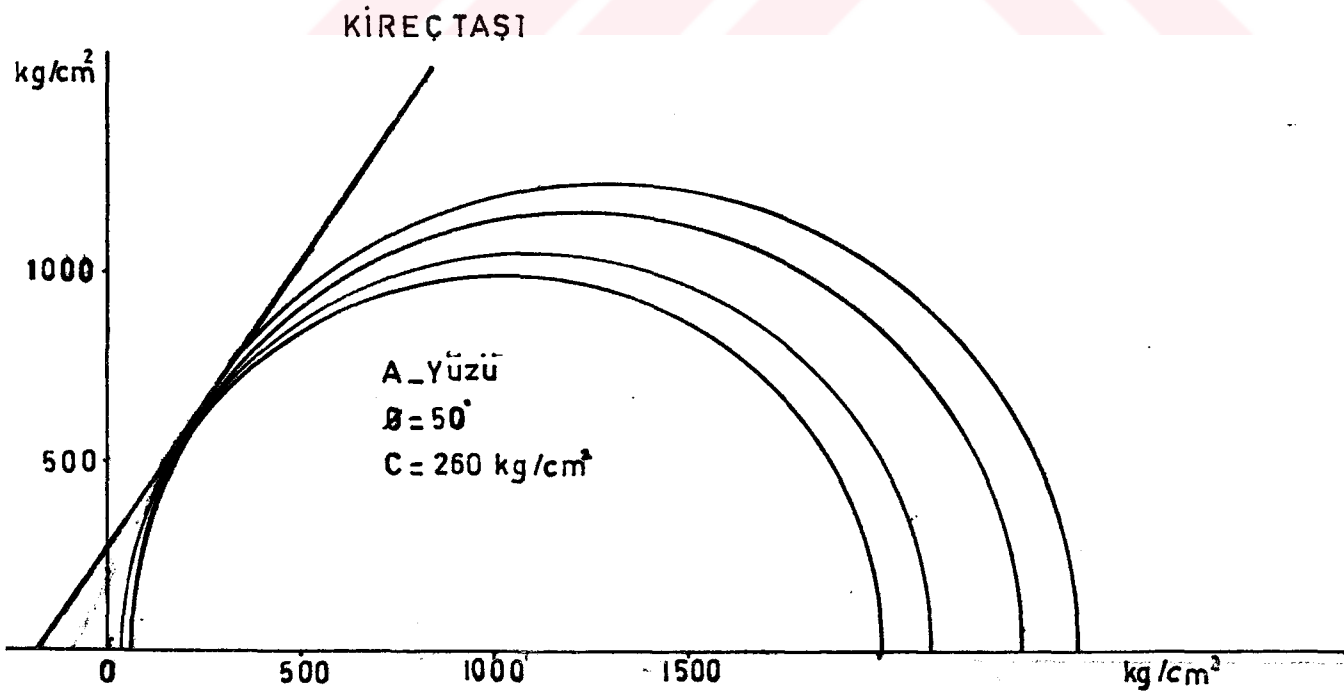
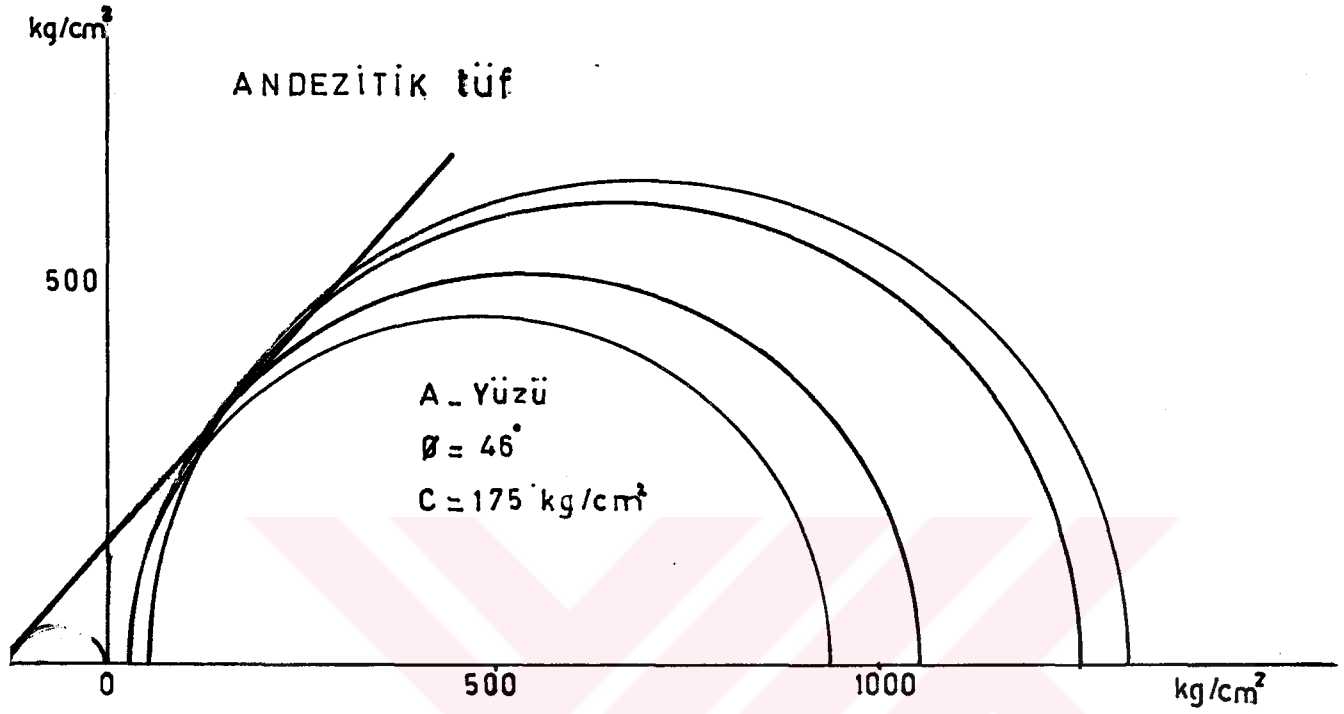
- Dasit ;  $\phi$  (ultimate) =  $28^{\circ}$
- Tüf ;  $\phi$  (ultimate) =  $28^{\circ}$
- Bazalt ;  $\phi$  (ultimate) =  $35^{\circ}$
- Kireçtaşı ;  $\phi$  =  $35^{\circ}$

Çizelge.8. Üç eksenli basınç deneyi sonuçları

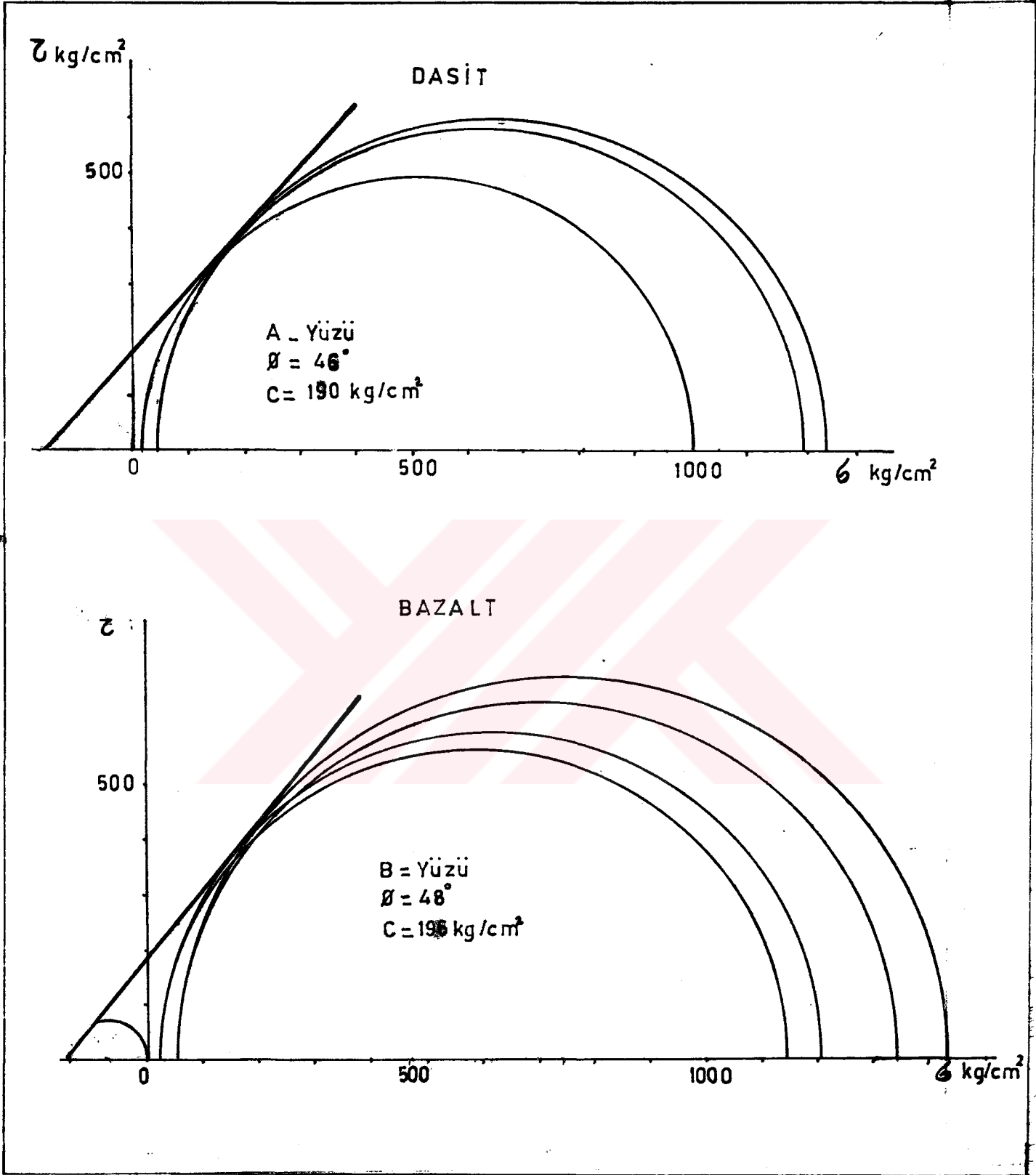
KAYA TÜRÜ	DASİT		BAZALT		KİREÇTAŞI		TÜF	
ÖRNEK YÜZÜ	A		B		A		A	
YANAL GERİLMİ kg/cm <sup>2</sup>	25	50	25	50	25	50	25	50
DÜŞEY GERİLMİ kg/cm <sup>2</sup>	809	1213	1154	1353	2023	2533	928	1260
	1061	1260	1207	1439	2155	2387	1054	1326
ORTALAMA	935	1236.5	1180.5	1396	2089	2460	991	1293
STANDART SAP.	203		131		228.7		183.7	

Çizelge.7. Çalışma alanı içindeki birimlere ait içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri

KAYA TÜRÜ	ÖZELLİK	
	içsel sürtünme açısı	Kohezyon kg/cm <sup>2</sup>
DASİT	46°	190
BAZALT	48°	196
KİREÇTAŞI	50°	260
TÜF	46°	175



kil13 Andezitik tuf ve kireçtaşlarında üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre yapılan Mohr diyagramı



Şekil 14 Dasit ve Bazaltlarda üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre yapılan Mohr diyagramı

### 3.3.4 Elastik Özellikler

#### -Dinamik Elastisite Modülü Tayini

Son yıllarda kayaçların elastik özelliklerinin saptanmasında elastik dalga hızlarından ve rezonans frekanslarından yararlanılmaktadır.

Rezonans frekansının saptanmasında deney örneklerinin boyu, çapının 3 ile 5 katı arasında olması gerekmektedir. Çalışmalarımızda  $L=2D$  boyutlu örnek kullanıldığından rezonans frekansı ölçülememiştir. Sadece boyuna dalga hızının örneği katetme zamanı ölçülmüştür. Deneylerde ultrasonik deney aletinden yararlanılmıştır.

Çalışma alanı içindeki dört birimde dinamik elastisite modülü, Youash (1970)'in önerdiği

$$E = D.W.f^2$$

formülünden yararlanılarak bulunmuştur. Formülde;

E : Dinamik elastisite modülü,  $1b/in^2$

W : Örneğin ağırlığı,  $1b$

f : Boyuna titreşim frekansı, devir/sn

D :  $0.01318 \frac{L}{d^2}$ ,  $sn^2/in^2$  (silindirik örnek için)

L : Örnek boyu, in

d : Örnek çapı

Formül metrik sisteme dönüştürüldüğünde aşağıdaki şekli almaktadır.

$$E = 5.16 \frac{L}{d^2} .W. \left(\frac{1}{2t}\right)^2 .10^6$$

Bu halde;

E= Dinamik elastisite modülü,  $kg/cm^2$

W= Örnek ağırlığı, gr

L= Örnek boyu, cm

d= Örnek çapı, cm

t= Elastik dalganın örneği katetme zamanı,  $\mu sn$

Çalışma alanı içindeki birimlerden alınan  $L=2D$  boyutlu örnekler üzerinde elastik dalganın, örnekleri katetme zamanları (Ek.3.) ölçülmüş ve yukarıdaki formül yardımıyla dinamik elastisite modülleri bulunmuştur. Dinamik elastisite modülü değerleri (çizelge-9.)'da gösterilmiştir.

Çizelge.9: Çalışma alanındaki birimlere ait ortalama dinamik elastisite modülü değerleri

KAYA TÜRÜ	ÖZELLİK		
	Dinamik elastisite modülü $10^5 \text{ kg/cm}^2$	Kayacın yüzeyi	Standart sapma
DASİT	2.84	A	0.20
BAZALT	3.53	B	0.25
KİREÇTAŞI	6.32	A	0.55
TÜF	2.89	A	0.12

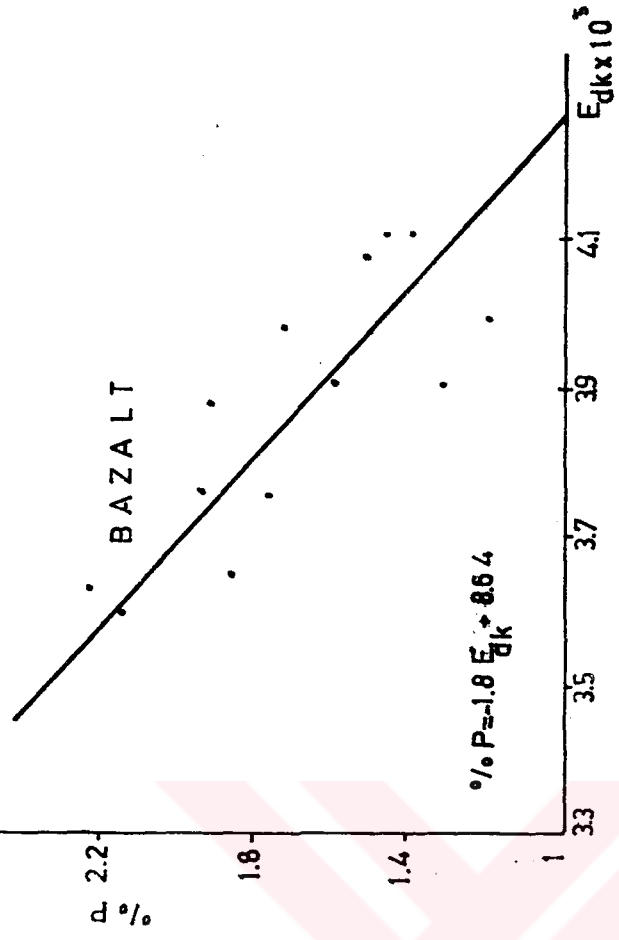
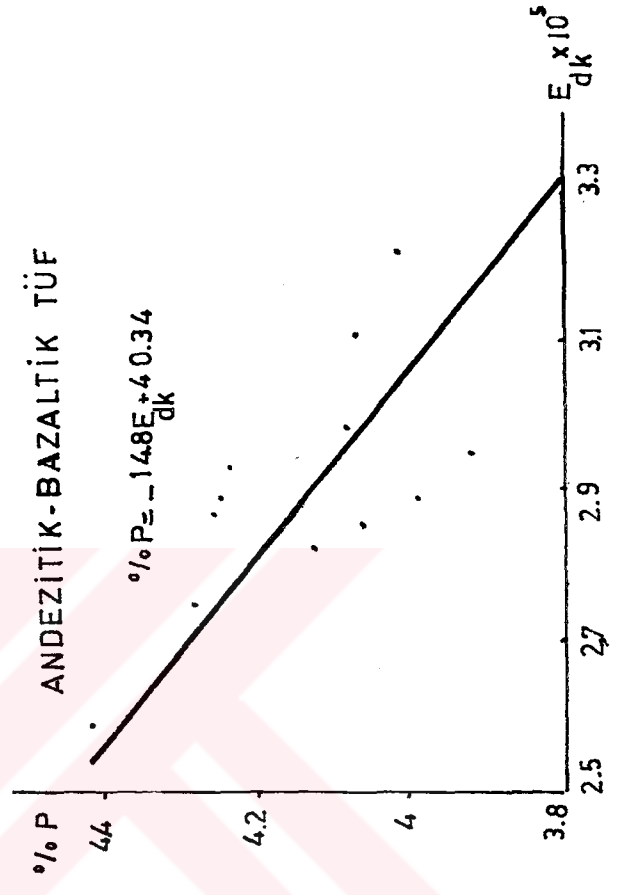
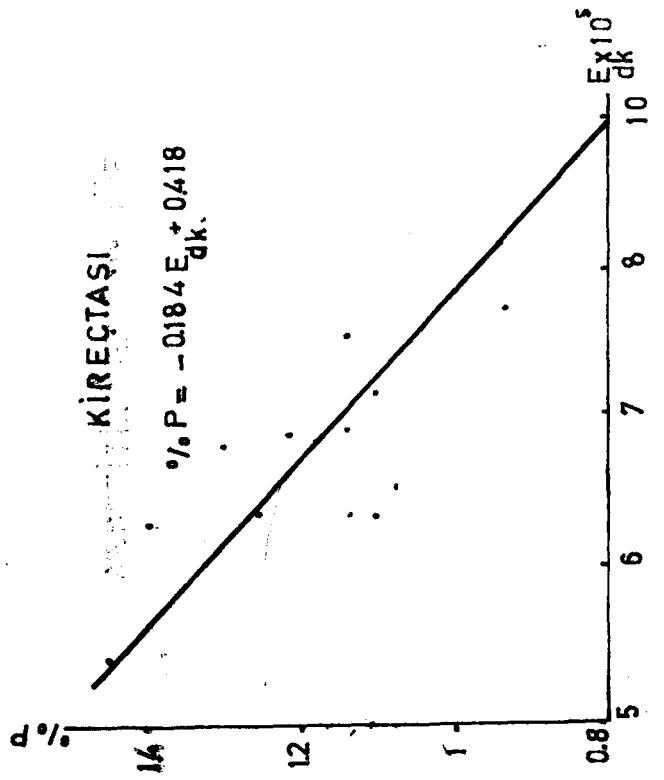
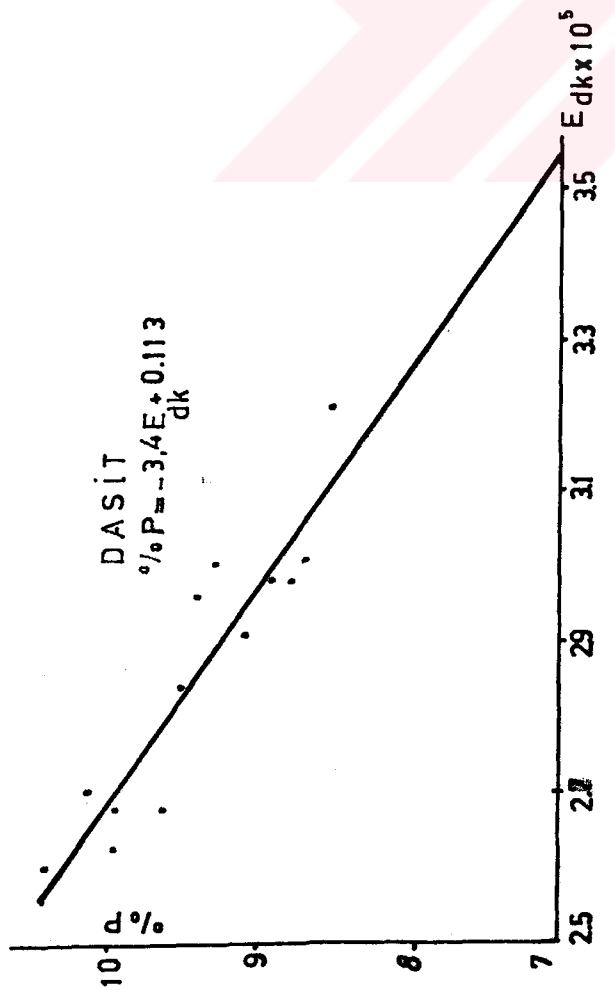
#### -Hız Tayini

Kayaların ultrases iletkenliği, kayaların elastik ve bazı fiziksel özelliklerinin saptanmasında kullanılması gittikçe yaygınlaşmaktadır. Kayalar içerisinde ilerliyen P ve S dalgalarının hızlarından yararlanarak kayaların elastik özellikleri araştırılmakta ve birtakım sınıflamalara gidilmektedir.

Çalışma alanı içindeki birimlerden alınan karotlar DIGI EG-C12 ultrasonik alette deneye tabi tutulmuştur.

Örnek uçları ile aletin verici ve alıcı kafalarında temasın tam olarak sağlanması için örnek uçları gres yağı ile yağlanmıştır. Sonik aletin dijital göstergesinde ultrasonik dalgaların örnek içinden geçiş zamanı mikrosaniye ( $\mu\text{sn}$ ) olarak okunmuştur. Herbir birime ait 13 örnek olmak üzere toplam 52 örnekte okuma yapılmıştır.

Çizelge 10'deki sonuçlar incelendiğinde, boyuna dalga hızının andezitik-bazaltik tüflerde ve dasitlerde yaklaşık aynı olduğu, bazaltlarda boyuna dalga hızının biraz daha yüksek olduğu ve kireçtaşlarında oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Illiev, I.G. (1967) kayadan aldığı örnekler üzerinde sonik deneyler yapıp kayaları sınıflandırmıştır. Bu sınıflamaya göre bazaltlar, andezitik-bazaltik tüfler, dasitler "Orta derecede ayrılmış kaya" kireçtaşları ise "Hafif derecede ayrılmış kaya" sınıfına girer.





Çizelge-10. Çalışma alanı içindeki birimlerde ölçülen ortalama hız değerleri

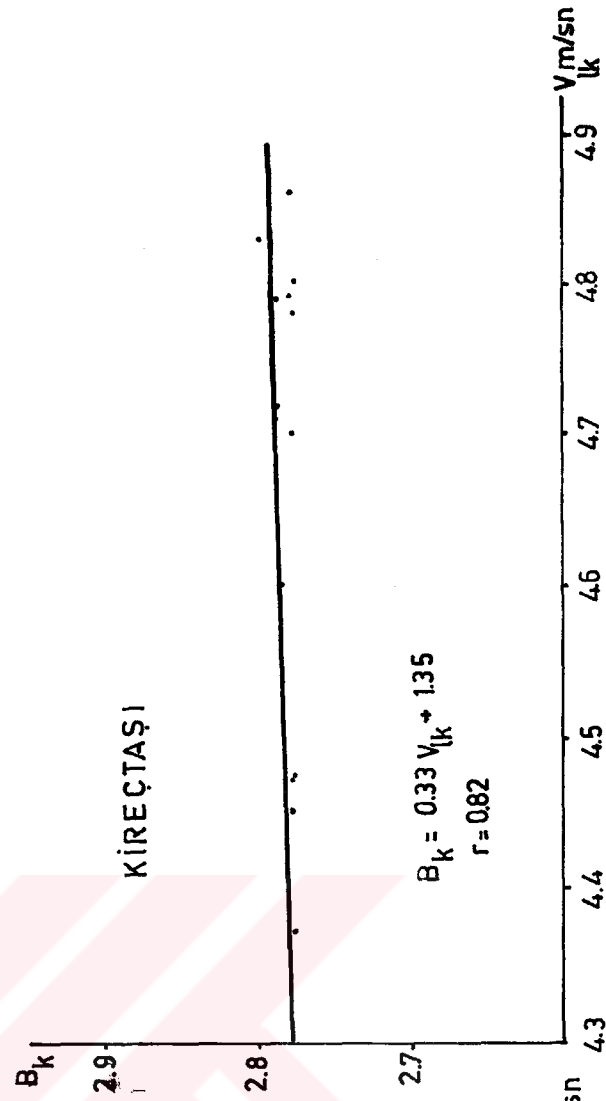
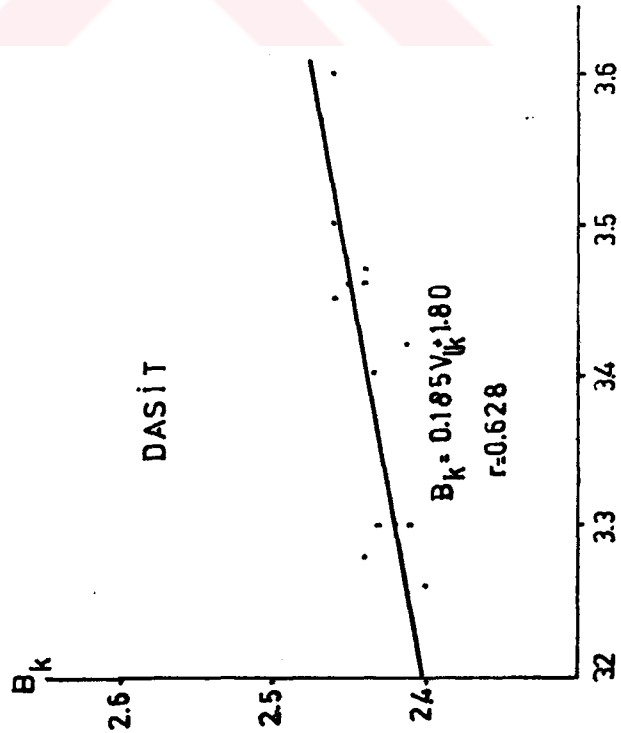
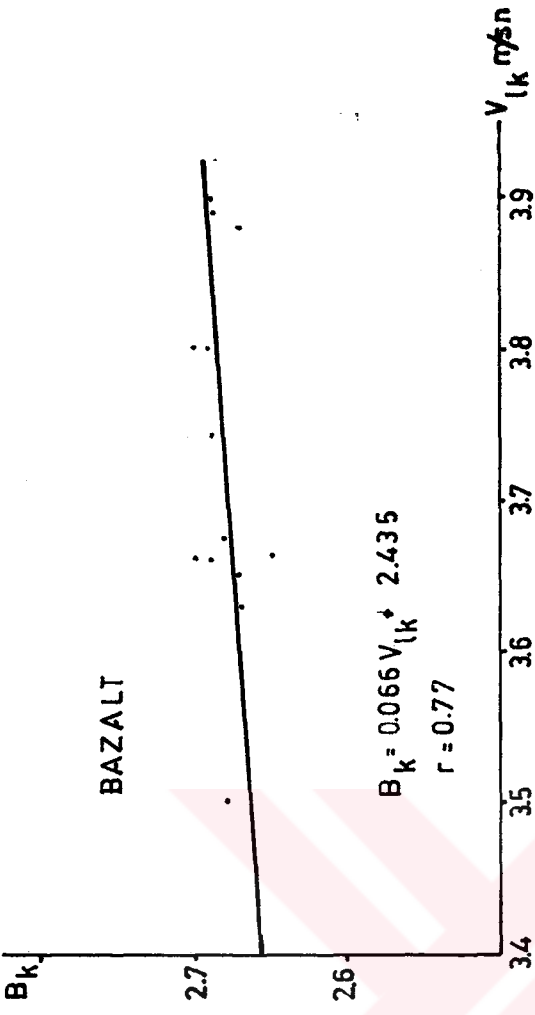
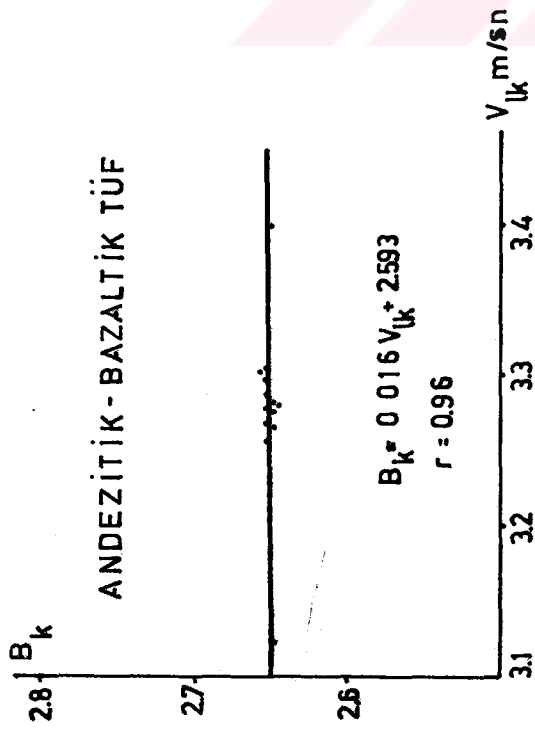
KAYA TURU	ÖZELLİK		
	Kayacın yüzeyi	Ort.hız kuru örn. m/sn	Ort.hız doğgun örn.m/sn
Bazalt	B	3746.5	3973.4
Andezitik, bazaltik tuf	A	3287.3	3794.4
Dasit	A	3397.6	3468.3
Kireçtaşı	A	4732.9	4934.4

Çizelge 10 'un yorumu:

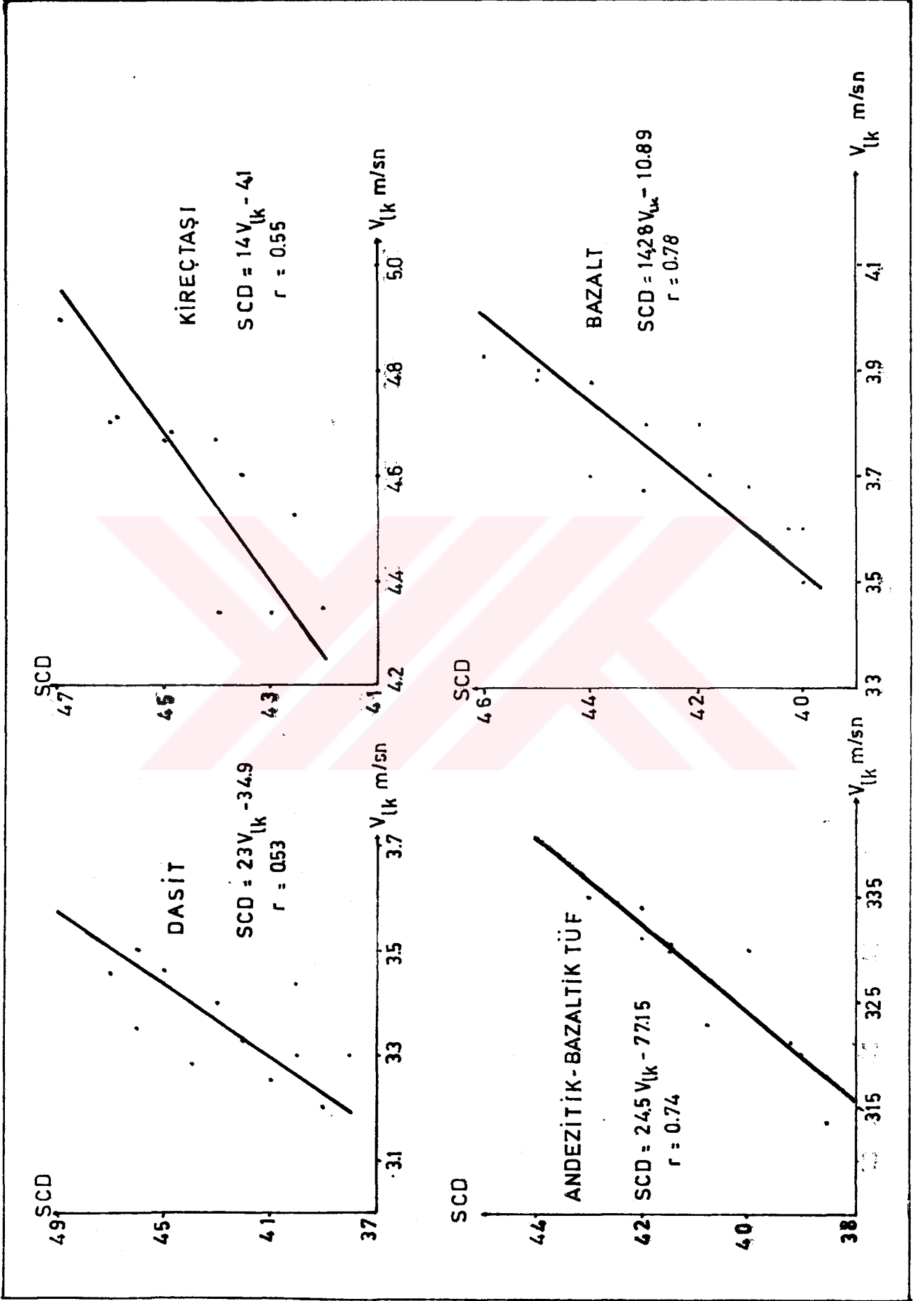
Ortalama hız değerleri doymun haldeki örneklerde daha yüksek kuru haldeki örneklerde ise daha düşüktür.

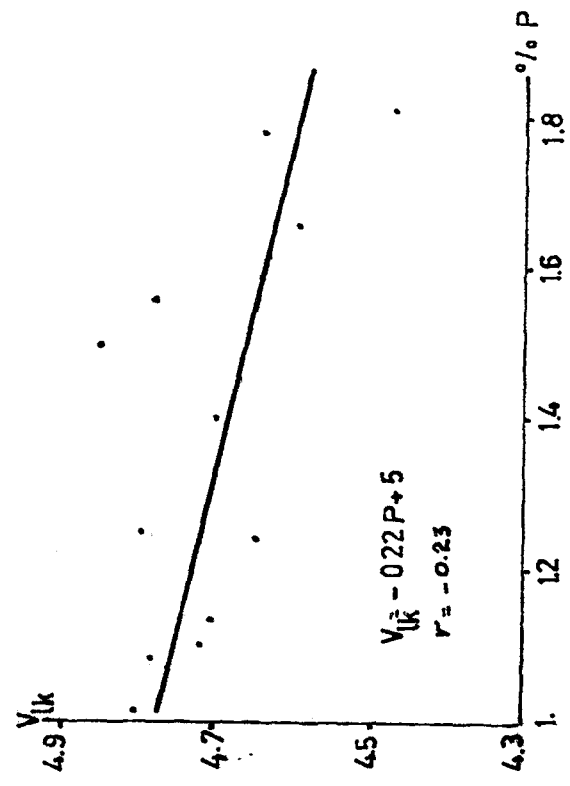
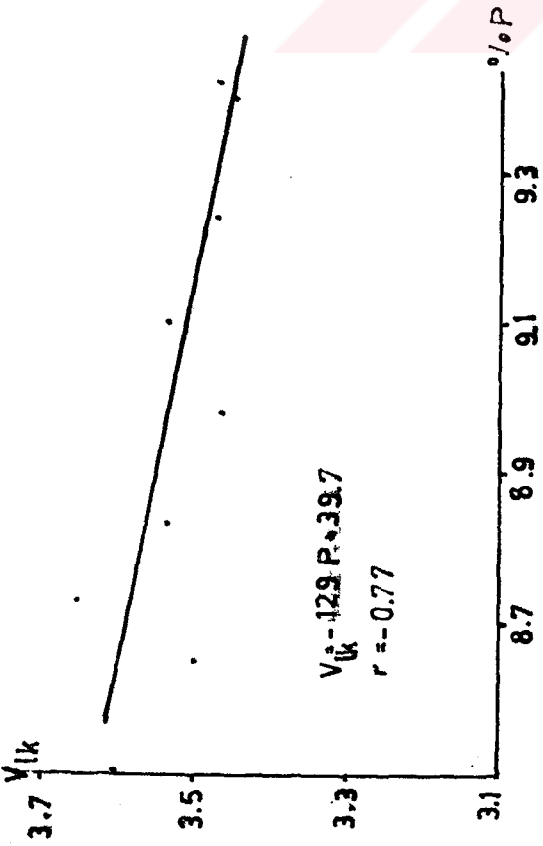
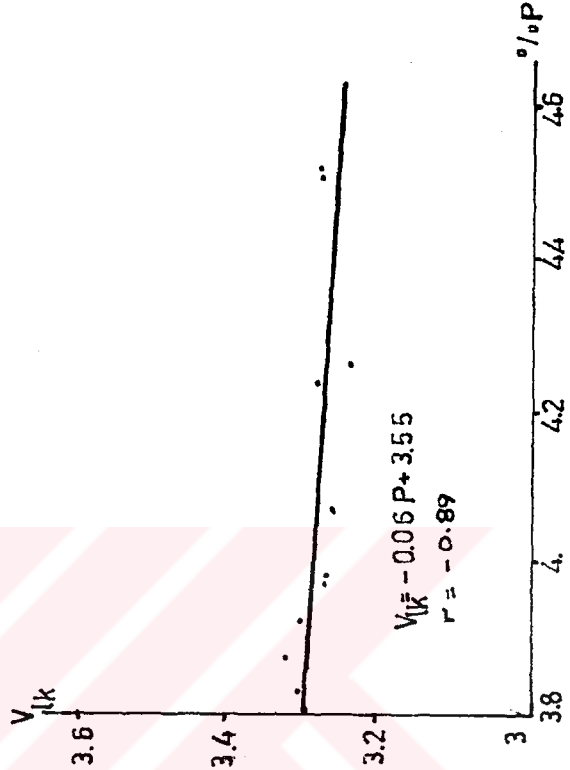
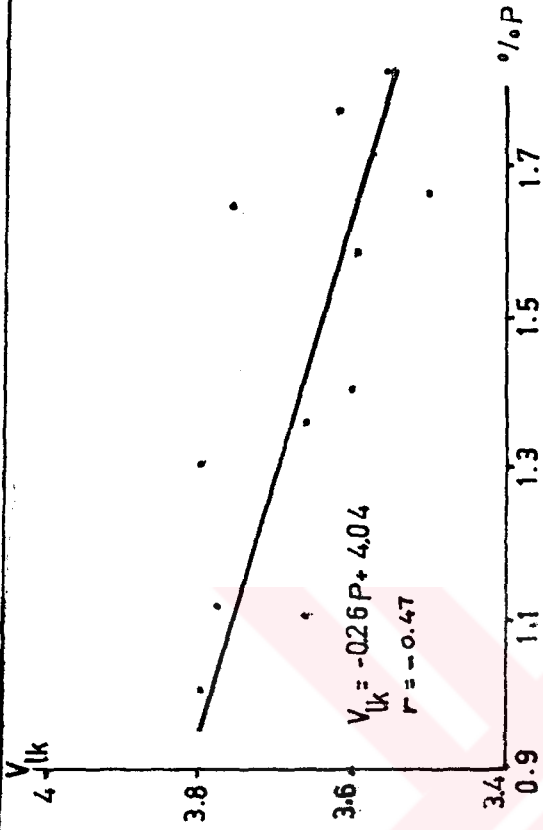
Boyuna dalga hızının örneği katetme zamanı doymun haldeki örneklerde daha kısadır. Boyuna dalganın saniyede almış olduğu yol doymun örneklerde daha yüksektir. Bu durum kayanın içerdiği sudan veya karot örnekleri içindeki mikro düzeydeki süreksizliklerin su ile dolu olmasından (doymun hal) ileri gelmektedir.

Boyuna dalganın saniyede almış olduğu yol Berdiga Formasyonunu oluşturan kireçtaşlarında en yüksek Hamsiköy Formasyonu Kıranoba üyesinde ise en düşük değerdedir.



Şekil 17. Çalışma alanı içindeki birimlerde Sertlik-hız ilişkisi





### 3.3.5. Deney Sonuçlarının Yorumu

Boyuna dalga hızı ile porozite, porozite ile dinamik elastisite modülü ters orantılı olup eksilen fonksiyon özelliğinde, sertlik ile boyuna dalga hızı, kuruburum hacim ağırlık ile boyuna dalga hızı düz orantılı olup artan fonksiyon özelliğindedir.

Çalışma alanı içindeki birimlerde porozite düştükçe boyuna dalga hızının arttığı, buna karşılık dinamik elastisite modülünün azaldığı deneylerle belirlenmiştir. Buna ilişkin olarak boşluklu (vaküollü) bazaltlarda porozitenin yüksek ve buna bağlı olarak düşük dinamik elastisite modülüne sahip olduğu belirlenmiştir. Açık renkli dasitlerde de (50 ve 48 . ci km ler arası) bu özelliğin varlığı saptanmıştır.

Kaya şevlerinin duraylılık analizlerinde önemli unsurlardan biriside çatlak suyu basıncıdır. Bu cümleden olmak üzere, duraylılığı belirlenecek olan kayacın su ile olan ilişkilerinin iyi bilinmesinin gerekliliği ortaya çıkar (kayacın su muhtevası, su tutma özelliği, porozitesi gibi).

Yüksek poroziteli, boşluklu bazaltik tüflerde, açık renkli dasitlerde çatlak suyu basıncının etkili olacağı ve buna bağlı olarak şev problemlerinin bu birimlerde gerçekleşebileceği ihtimali önemli olmaktadır.

Sonuç olarak; duraylılığı sağlanacak kayacın iyi tanınması onun, fiziko-mekanik özelliklerinin sağlıklı bir şekilde saptanıp yorumlanması ile mümkün olmaktadır.

## BÖLÜM 4

### GÜRGENAĞAÇ-ZİGANA TUNELİ ARASI YOL ŞEVLERİNİN DURAYLILIĞI

#### 4.1. Giriş

İnsanlar tarafından açılmış eğik yüzeylere şev denir.

Bazı mühendislik hizmetlerinin gerçekleştirilebilmesi için şevlerin duraylılığının sağlanması gerekmektedir. Baraj inşaatı, yol yapımı, açık ocak işletmelerinde olduğu gibi daha birçok alanda şevler sorun oluşturmaktadır.

Doğada görülen kayaların türüne, Litolojik ve Yapısal özelliklerine, stratigrafik dizilimlerine bağlı olarak, şevlerde değişik tipte kitle hareketleri oluşmaktadır. Bu kitle hareketlerini dört ana grupta toplanmaktadır. Bunlar, yoğun çatlaklı kaya ve zeminlerde oluşan dairesel kayma, süreksizlik yüzeyleri boyunca meydana gelen düzlemsel kayma, kesişen iki süreksizliğin oluşturduğu kaya kamalarının, düzlemlerin arakesitine bağlı olarak kaymaları ve süreksizliklerin dik ve dike yakın olması halinde kaya düşme ve devrilmeleridir.

Bu tür kitle hareketlerinde etkili olan faktörlerin başında; süreksizlik yüzeylerinin içsel sürtünme açıları ( $\phi$ ), şev düzleminin yükseklik ve eğiminin ilişkisi ve şev düzlemi ile süreksizlik düzlemlerinin birbirlerine göre konumları gelmektedir. kitle hareketlerinde etkili olan bu faktörlerin saptanması ile kaya şevlerinde olası kitle hareketlerinin tipi ve hangi süreksizlikler boyunca oluşabileceği saptanabilmektedir.

Şevlerde oluşabilecek veya olması muhtemel kitle hareketlerinin önceden saptanması mühendislik hizmetlerine ekonomi sağlayacağı gibi bir hız da vereceği muhakkaktır.

#### 4.2. Analiz Yöntemleri

Kaya şevlerinin stabilite analizleri için çeşitli yollar ileri sürülmektedir. Belli koşullar altında kolayca uygulanabilecek çözüm ve çizim yöntemleri bulunmağa çalışılmaktadır. Fakat doğada bir durum diğerine uymamakta, süreksizliklerin eğimi, çatlak geometrisi, puruzluluğu, dolgu malzemesi ve su durumu her

zaman değişebildiğinden, kaya şevlerinin duraylılığı için geneli kapsayan ve uygulanması kolay bir yöntem geliştirilememiştir. En çok kullanılan stabilite analiz yöntemleri;

- Ampirik yöntemler
- Gerilme analiz yöntemleri
- Limit denge yöntemi
- Fiziksel model yöntemleri
- Stereografik iz düşüm yöntemi

Son yıllarda şev duraylılığı problemlerinde stereografik izdüşüm yöntemi sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada, şev duraylılık analizleri stereografik izdüşüm yöntemi ile yapılmıştır.

#### 4.3. Stereografik İzdüşüm Yöntemi

Son yıllarda kaya şevlerinde olası kitle hareketlerinin saptanmasında küresel projeksiyonların kullanılması en uygun yöntem olarak gösterilmektedir. Ve bu yöntemle "Jeolojik verilerin şev duraylılığına etkileri" kolaylıkla araştırılabilmektedir. Küresel projeksiyonların değişik tipleri değişik amaçlar için kullanılmaktadır.

Küresel projeksiyonların yardımı ile yapılan olası şev duraylılığı analizinde, şev düzleminin doğrultu ve eğimi, şevin açıklığı kayalardaki süreksizlik yüzeylelerinin içsel sürtünme açıları ( $\phi$ ) ve süreksizliklerin doğrultu ve eğiminin bilinmesi gerekir. Bu veriler arazi ve laboratuvarlarda yapılan ölçü ve deneylerle toplanır. Toplanan bu verilerin tümü projeksiyon ağı üzerine yerleştirilir.

Burada şev düzlemi, büyük dairesi ile belirtilir. Süreksizlikler arasındaki içsel sürtünme açısı daire dışından itibaren alınarak çizilen daire ile gösterilir. Bu analiz yönteminde şev düzlemi ile içsel sürtünme dairesinin sınırladığı alan, duraylılık açısından "Tehlikeli bölge"yi oluşturur. Kesifen iki düzlemin arakesit doğrultusu kutbunun bu alan içine düşmesi, düzlemlerin oluşturduğu kaya kamalarının kayabileceğini gösterir. Burada kayma olabilmesi için ara kesit doğrultusu eğiminin, şev eğiminden daha küçük olması gerekir.

Süreksizlik düzlemleri ile şev düzlemi kutup noktalarının birbirine göre konumları değişik türde kitle hareketlerinin oluşabileceğini gösterir.

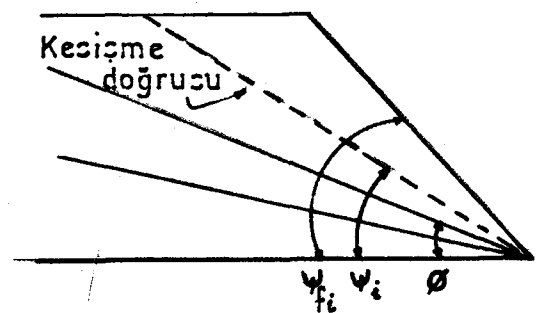
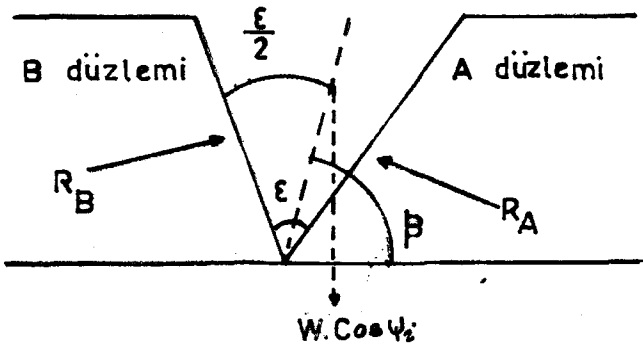
Şev duraylılığının sağlanmasına yönelik, eş alanlıprojeksiyon ağı yardımı ile yapılan grafik ve analitik çözüm yöntemleri, jeolojik verilerin birbirlerine göre konumlarından hareketle yapılan şev duraylılık analizlerinin geliştirilmiş şekilleridir. Bu yöntemlerin avantajı, sürtünme, kohezyon, su basıncı, gerilme çatlaklarının etkileri, çelik halat ve sismik ivmeden ötürü oluşan dış kuvvetlerin etkilerini de duraylılık analizinde göz önüne alınmasından ileri gelir.

#### 4.4. Şev Duraylılığında Uygulanan Analitik ve Grafik Yöntemler

Analitik ve grafik yöntemler kaya şevlerinde çok sık rastlanılan kama tipi kayma hareketlerine uygulanmıştır. Her iki yöntemde de, kaymanın sadece sürtünme ile engellendiği ve kayma düzlemlerinin kohezyonlarının sıfır olduğu varsayılmıştır. Üçüncü yöntem ise; kohezyon ve su basıncını içeren kama tipi kayma analizidir (4.4.3).

##### 4.4.1. Analitik Yöntem

Analitik yöntem, kaya kamalanmalarının analizinde kullanılır. Yöntemin uygulanışında  $\beta$  ve  $\epsilon$  açılarının, süreksizlik yüzeylerindeki içsel sürtünme açısının ve kayma düzleminin eğiminin bilinmesi gerekmektedir. Aşağıdaki şekilde yukarıdaki faktörler gösterilmiştir.



Şekil-19. Kesişme doğrusu boyunca alınan kesit

Kesişme doğrusuna dik alınan kesit



$R_A$ ,  $R_B$  değerleri kayma yüzeylerindeki sürtünme kuvvetleridir.  $\beta$ , arakesit doğrusunun yatay düzlemle yapmış olduğu açıdır. ( $\epsilon$ ) ise kayma yüzeyleri arasındaki açı olup kaymayı kontrol eden en önemli faktördür. ( $F_s$ ) değeri, kayma düzlemi eğiminin ( $\psi_i$ ), şev eğiminin  $\psi_{fi}$  olduğu düzlemsel kaymanın emniyet katsayısıdır. (K)'ya kama faktörü denir.

Yöntemin dezavantajı, yalnız sürtünmeyi içermiş olmasıdır. Halbuki kamalanmada kayma yüzeylerinin kohezyonuda önemlidir.

Analitik yöntemin formülü;

$$G_s = \frac{R_A + R_B}{W \sin \psi_i}, \quad R_A + R_B = \frac{W \cos \psi_i \sin \beta}{\sin 1/2 \epsilon}$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_i} = k F_s$$

#### 4.4.2. Grafik Yöntem

Yalnız sürtünmeyi içeren kama tipi kaya blokların stabilite diyagramları şevlerin tamamen drene edildiği durumlarda uygulanır. Bu durumda güvenlik sayısı;

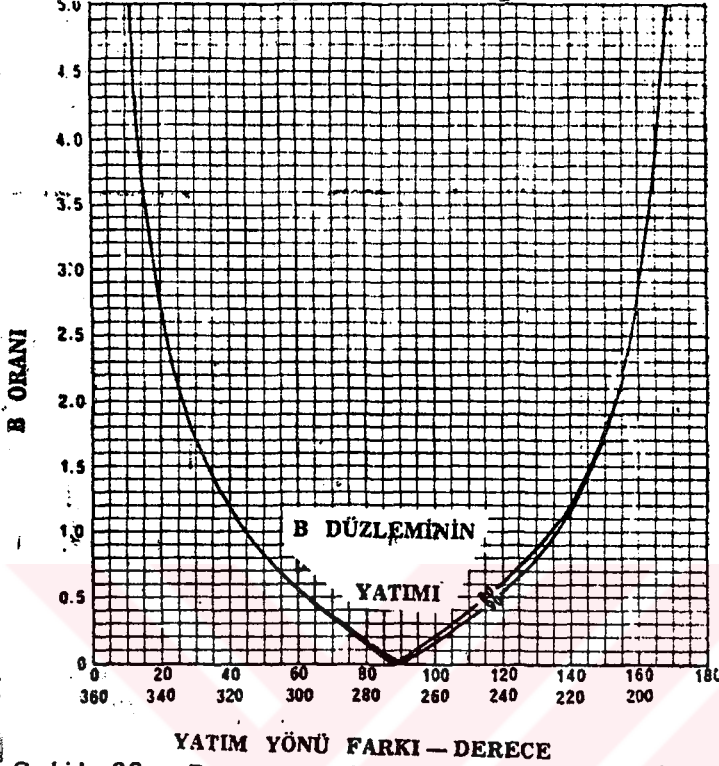
$$G_s = A \tan \phi_A + B \tan \phi_B \quad \text{dir.}$$

A ve B katsayıları iki düzlemin doğrultu ve eğimine bağlıdır. Grafik yöntemle yapılan analizlerde (A) düzlemi daima yatımı küçük olan düzlemdir.

Yöntemin uygulanışı ise şöyledir: Araziye duraylılığı araştırılacak şevlerin içerdiği süreksizliklerin yatım yönü ve yatım açıları ölçülür. Bu verilerden elde edilecek kutup kümeleşmeleri ikişer ikişer analiz edilir. Kama tipi kayma olasılığı olan arakesit doğrularının kutbu göz önüne alınır. Aşağıdaki şekildeki gibi grafiklerden yararlanarak A ve B katsayıları bulunur. Grafikte görüldüğü A ve B süreksizliklerinin yatım yönü farkı apsişi, (A) diyagramı kullanılıyor ise (A) oranı, (B) diyagramı kullanılıyor ise (B) oranı ordinatı teşkil eder. Grafik içindeki eğriler (A) diyagramı kullanılıyor ise (A) süreksizliğinin yatı-

mını, (B) diyagramı kullanılıyor ise (B) süreksizliğine ait düzlemin yatımını gösterir.

Grafiklerden bulunan (A) ve (B) değerleri yukarıdaki denklemde yerine konarak güvenlik sayısı bulunur.



Şekil 20. B Oranını bulmaya yarayan grafik.

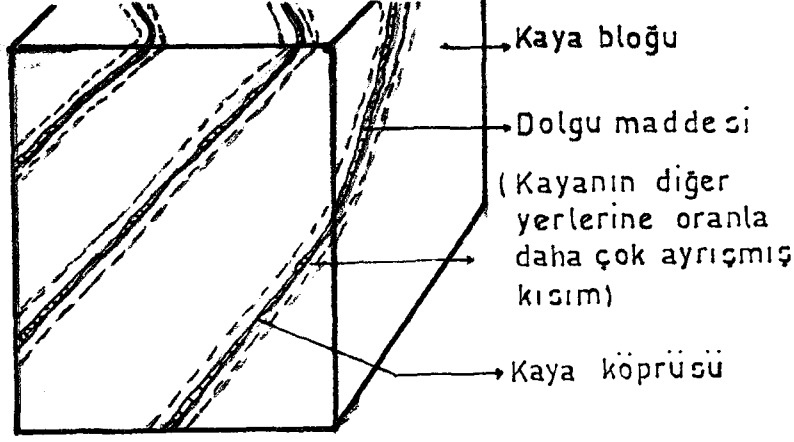
#### 4.4.3. Kohezyon ve Su Basıncını İçeren Kama Tipi Kayma Analizi

Bu kitapta, yöntem; kayma sadece sürtünme ile engellenemediği durumlarda kullanılmıştır. Bu durumda kohezyon ve su basıncı; aşağıdaki formül gereğince göz önünde tutulur.

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan \phi_B$$

Formülünde;

$C_A$  ve  $C_B$  : A ve B düzlemlerinin kohezyon dayanımlarıdır. Süreksizliklerin dolgu maddesi ile doldurulması halinde; (yüzey suları, ayrışma, erime... vs. gibi nedenlerle) etkili olan ve formüllerde kullanılması gereken Şekil 21 de görülen dolgu maddesinin kohezyonudur. Bu kohezyon değeri, dolgu maddesinin türüne göre  $0.25 \text{ kg/cm}^2$  ile  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  arasında değişmektedir.



Şekil.21.Sürekliyelerdeki dolgu maddesi ve ayrışmanın daha etkili olduğu kısımlar

Dolgu maddesinin kalınlığı da önemli olmaktadır. Bu kalınlık arttıkça kohezyon dayanım değeri düşmektedir. Kil dolgulu olanlarda kohezyon değeri minimuma, kalsit, kuvars, aragonit dolgulu olanlarda kohezyon değeri maksimuma yaklaşır. Fay yüzeyleri boyunca oluşan fay breşinin kohezyon dayanımı 0 ile 2 kg/cm<sup>2</sup> arasında tutulmuştur. Burada arazi gözlemlerinin de bu değerlerin seçilmesinde önemi büyüktür (Attewell, P.B., Farmer, I.W., 1976).

$\phi_A$  ve  $\phi_B$  ; A ve B düzlemlerinin içsel sürtünme açıları,

$\gamma$  : Kaymanın yoğunluğu (ton/m<sup>2</sup>)

$\gamma_w$  ; Suyun yoğunluğu (ton/m<sup>2</sup>)

H ; Kama bloğunun toplam yüksekliği

X, Y, A ve B; Kama geometrisine bağlı birimsiz katsayılarıdır.

Bu katsayılar şev geometrisine bağlı olarak eş alanlı projeksiyonda saptanan açısal parametrelerin aşağıdaki formüllere yerleştirilmeleri ile bulunur. Eş alanlı projeksiyonda saptanan açılar;

$$\theta_{na.nb}, \theta_{2.na}, \theta_{1.nb}$$

$$\theta_{4-2}, \theta_{5-4}, \theta_{5-2}$$

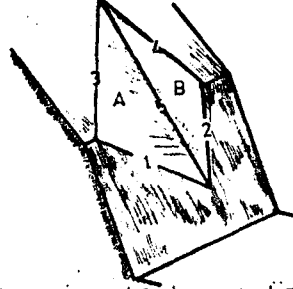
$$\theta_{1-3}, \theta_{3-5}, \theta_{5-1} \text{ ve } \psi_s \text{ açısı}$$

Katsayıların bulunmasında uygulanan formüller:

$$X = \frac{\sin \theta_{24}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}}, \quad Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}}$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b \cos\theta}{\sin\psi_s \sin^2\theta} \frac{\cos\theta}{n_a \cdot n_b}$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a \cos\theta}{\sin\psi_s \sin^2\theta} \frac{\cos\theta}{n_a \cdot n_b}$$



Şekil 22. Kesişme doğrularını ve düzlemlerini gösteren kama geometrisi

yukarıdaki katsayılar bulunduktan sonra güvenlik sayısı hesaplamasına gidilir.

Formülün uygulanmasında kabul edilen varsayımlar:

- Su basınç dağılımı; kayma bloğunun geçirgen olmadığı ve suyun bloğun üstündeki 3 ve 4 nolu kesişme doğruları boyunca girdiği.
- Suyun, şev aynasını 1 ve 2 nolu kesişme doğruları boyunca terk ettiği. (Şekil - 22 )
- Maksimum su basıncının (5) nolu kesişme doğrusu boyunca oluştuğu.
- Su basınç dağılımının çok fazla yağışların olduğu koşulları göstermesi
- Şev üst yüzeyinin bulunması.

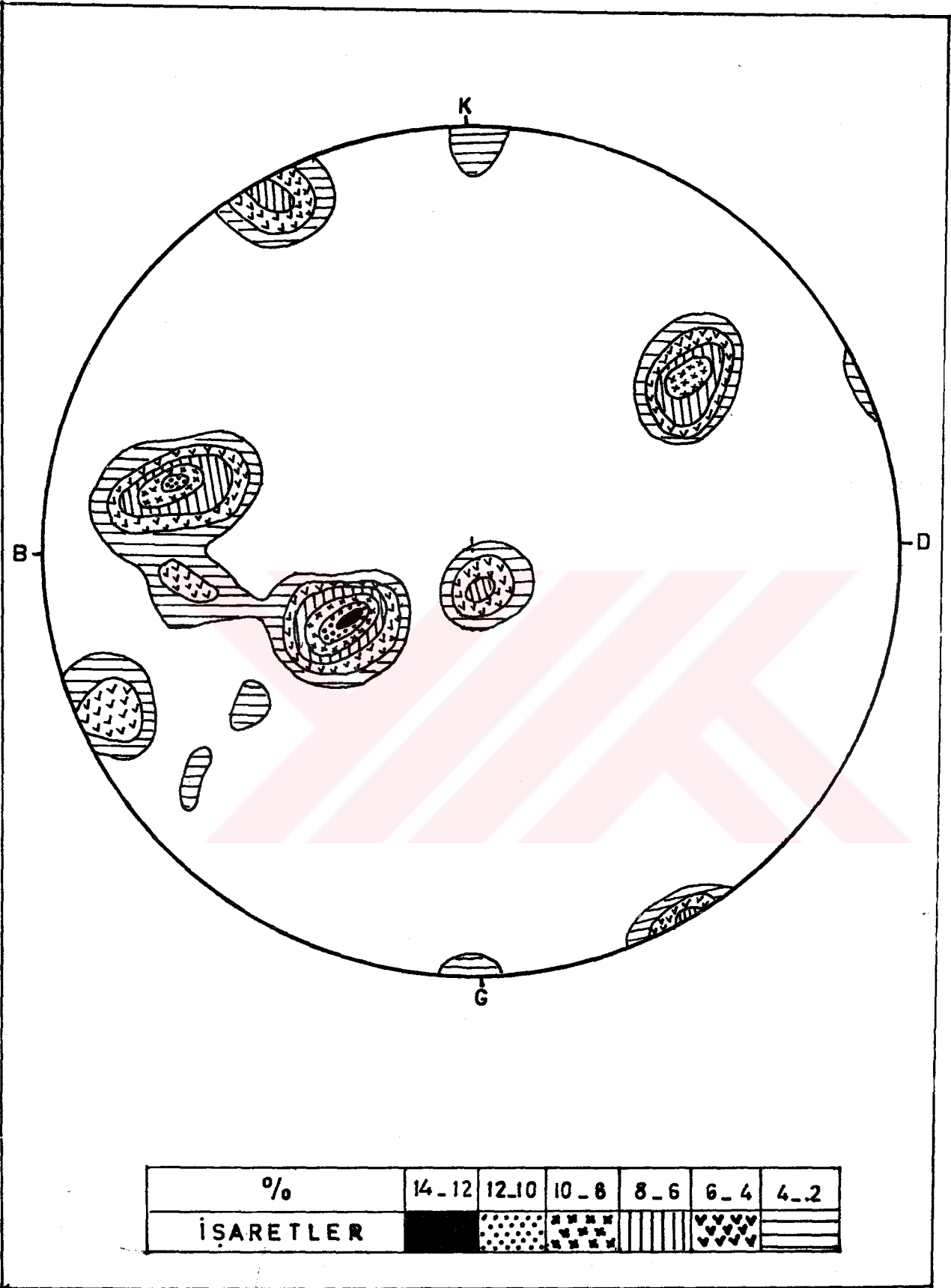
#### 4.5. Gürgenağaç-Zigana Tüneli Arasındaki Yol Şevlerinin Analizi

Zigana tüneline Gürgenağaç arasında toplam 16 yol şevi incelenmiştir.

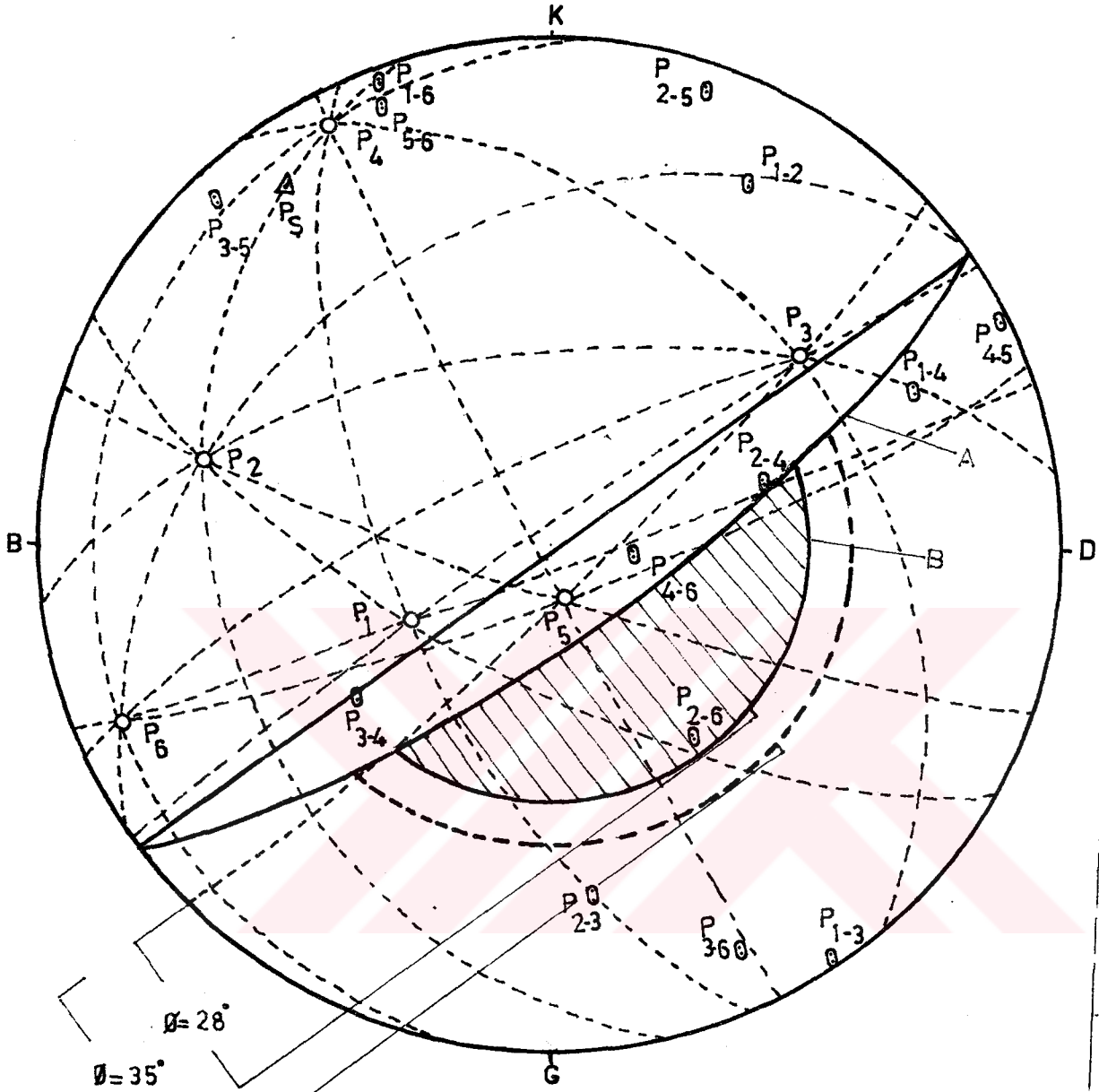
Tünelden-Gürgenağaca doğru numaralanmış ve jeolojik harita üzerinde gösterilmiştir (Ek 1).

##### ŞEV-1

Zigana Tüneli-Gürgenağaç yolunun 51.106-51+000 m. arasında yer alır. Bu şev Dikkaya dasitinde açılmıştır. Şevde toplam 79 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır. (Şekil 23). Bu kutup noktalarından geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak, bu arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede



Sekil 23.51.106\_51.000 metreleri arasında kalan yol sevihinin eş alanlı projeksiyon yardımı ile yapılan 79 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı.



A : Şev düzlemi (145/76)

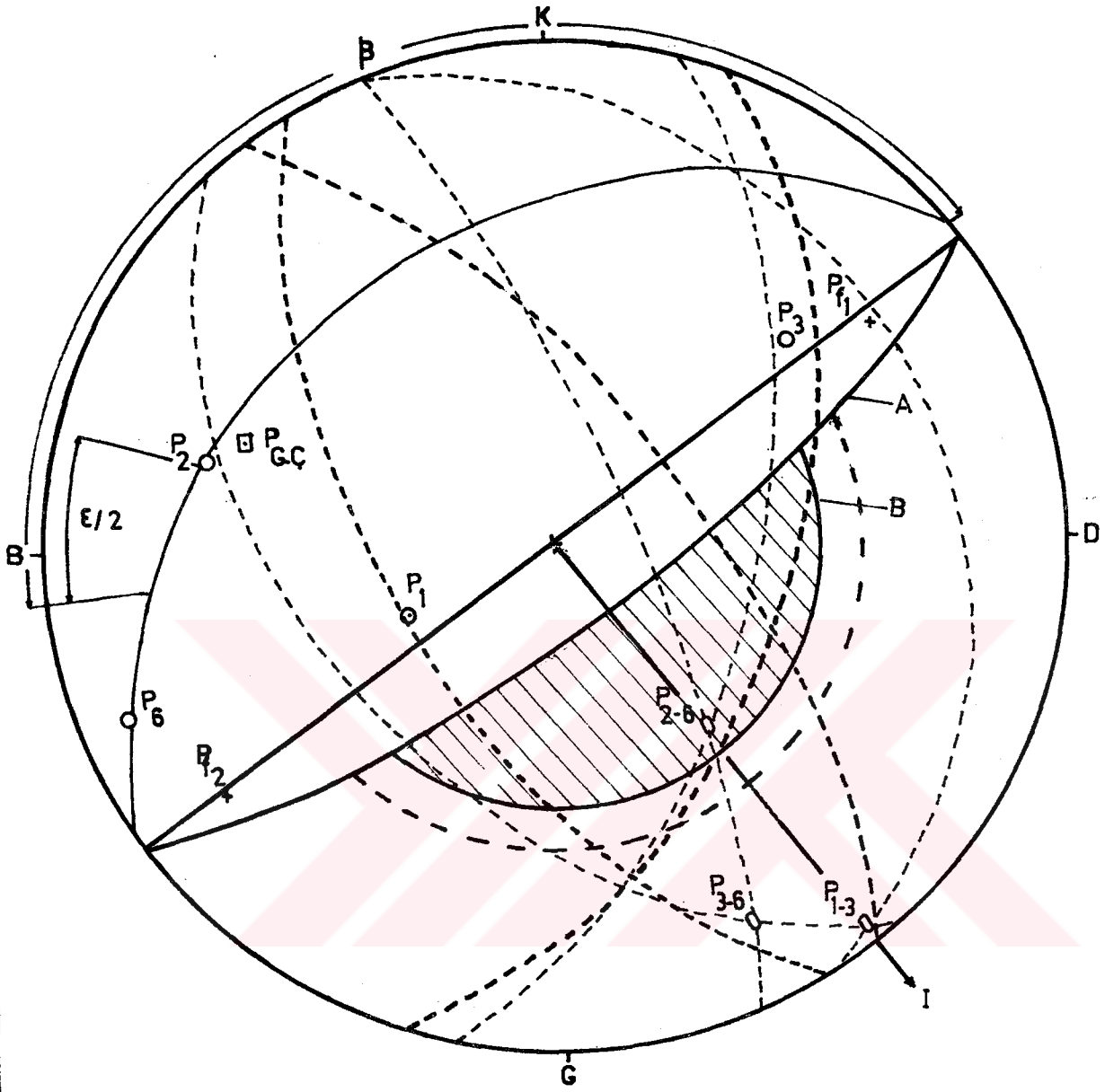
Δ : Şev düzleminin kutbu

B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge

○ : Çatlak takımlarına ait kutup noktaları

⊙ : Çatlak takımı arakesit doğrularına ait kutup noktaları

Şekil 2.51-106\_51.000 metreleri arasında kalan yol şevinde eşalanlı projeksiyon yardımı ile yapılan duraylılık analizi.



□: Gerilme çatlığının kutbu (110/53)

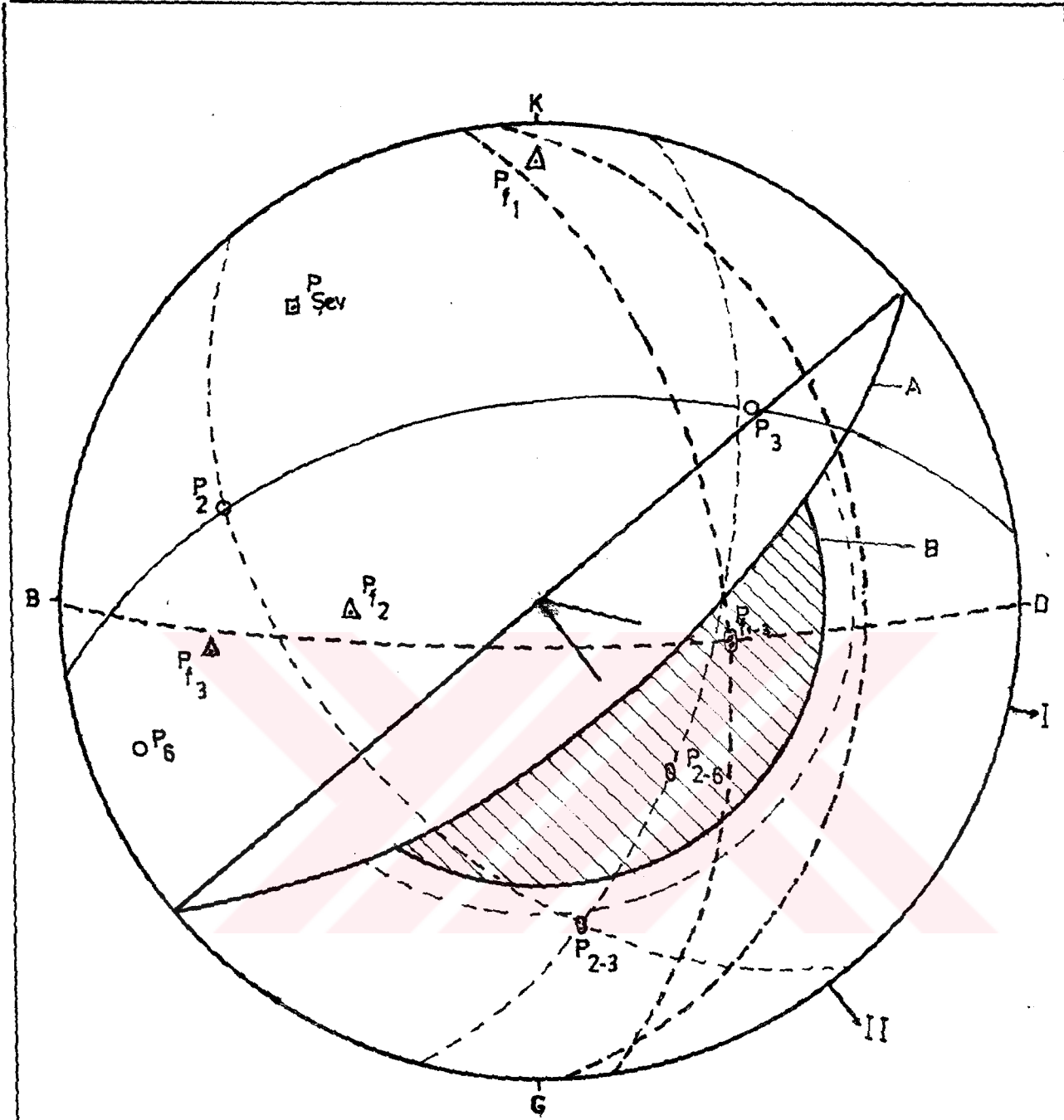
+ : Fay düzleminin kutbu

I : Olası kayma yönü (G37D)

$\epsilon$  : Kama açısı

$\beta$  : Arakesit doğrusunun yatay düzlemle yaptığı açı

Şekil 2951-106\_51-060 metreleri arasında kalan, şevin ilk kısmında gerilme çatlığının şev duraylılığına etkisi ve olası kayma yönü (I).



- A : Şev düzlemi (140/68)  
 B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge ( $\theta=28^\circ$ ,  $\alpha=35^\circ$ )  
 $\Delta$  : Fay düzlemlerinin kutup noktaları  
 $\circ$  : Çatlak takımları arakesit doğrularına ait kutup noktaları  
 $\circ$  : Çatlak takımları ait kutup noktaları

Şekil 25. Şevin ikinci kısmında (51+060-51+000)  $f_1, f_2, f_3$  faylarının şev duraylılığına etkisi ve olası kayma yönleri (I, II)



olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 24). Kayma olasılığı olan süreksizlikler ve bunların oluşturduğu kaya kamaları tekrar ele alınarak olası kayma yönü, gerilme çatlağının şev duraylılığına etkisi (Şekil 25) incelenmiştir. Şevin ikinci kısmında(51+060-51+000) ( $f_1, f_2, f_3$ ) faylarının şev duraylılığına etkileri ve olası kayma yönleri saptanmıştır (Şekil 26).

$P_{3-2}$  arakesit doğrusunun kutbunun incelenmesi;

Analitik Çözüm:

$$A \text{ düzlemi } (P_3) = 230/50$$

$$B \text{ düzlemi } (P_2) = 104/58$$

$$\beta = 96^\circ$$

$$\frac{\epsilon}{2} = 46^\circ, \quad \psi_{2-3} = 32^\circ$$

$$\phi_1 = 28^\circ \quad \phi_2 = 35^\circ$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi_1}{\tan \psi_{2-3}} = \frac{0.99}{0.70} \times \frac{0.53}{0.62} = 1.40 \times 0.85 = 1.19$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi_2}{\tan \psi_{2-3}} = \frac{0.99}{0.70} \times \frac{0.7}{0.62} = 1.4 \times 1.13 = 1.58$$

Grafiksel Analiz:

$$\text{Yatım farkı} = 8^\circ \quad \text{yatım yönü farkı} = 126^\circ$$

$$A=1.2 \quad B=1 \quad \phi_1 = 28^\circ \quad \phi_2 = 35^\circ$$

$$G_s = A \tan \phi_1 + B \tan \phi_1 = 1.2 \times 0.53 + 1 \times 0.53 = 1.16$$

$$G_s = 1.2 \times 0.7 + 1 \times 0.7 = 0.84 + 0.7 = 1.54$$

$f_1$  ve  $f_3$  faylarının arakesitinin kutbunun incelenmesi,

$$\text{Şev düzlemi} = 140/68$$

$$\text{Fay düzlemi } (3) \rightarrow A \text{ düzlemi} = 82/58$$

$$\text{Fay düzlemi } (1) \rightarrow B \text{ düzlemi} = 180/83$$

$$\frac{\epsilon}{2} = 47 \quad \beta = 120^\circ \quad \psi_{\text{FAY}(1-3)} = 44^\circ \quad \phi_1 = 28^\circ \quad \phi_2 = 35^\circ$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi_1}{\tan \psi} = \frac{0.86}{0.73} \cdot \frac{0.53}{0.96} = 1.17 \cdot 0.55 = 0.64$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi_2}{\tan \psi_1} = \frac{0.86}{0.73} \cdot \frac{0.7}{0.96} = 1.17 \times 0.73 = 0.85$$

Yatım farkı =  $25^\circ$  Yatım yönü farkı =  $100^\circ$  A=0.6 B=0.3

$$G_s = A \tan \phi_1 + B \tan \phi_1 = 0.6 \times 0.53 + 0.3 \times 0.53 = 0.45$$

$$G_s = A \tan \phi_2 + B \tan \phi_2 = 0.6 \times 0.7 + 0.3 \times 0.7 = 0.62$$

P<sub>2-6</sub> arakesit doğrusunun kutbunun incelenmesi;

Analitik ve Grafikselsel Analizi

P<sub>2</sub> A düzlemi = 104/58

P<sub>6</sub> B düzlemi = 67/78

$$\beta = 142^\circ$$

$$\frac{\varepsilon}{2} = 19^\circ$$

$$\psi_{2-6} = 53^\circ$$

$$\phi_1 = 28^\circ$$

$$\phi_2 = 35^\circ$$

$$G_{s1} = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi_1}{\tan \psi_{2-6}}$$

$$G_{s1} = \frac{0.61}{0.32} \cdot \frac{0.53}{1.32}$$

$$G_{s1} = 1,9 \times 0.4 = 0.76$$

$$G_{s2} = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi_2}{\tan \psi_{2-6}} = \frac{0.61}{0.32} \cdot \frac{0.7}{1.32} = 1,9 \times 0.53 = 1.00$$

Yatım farkı:  $20^\circ$ , yatım yönü farkı:  $37^\circ$

Bu değerlere göre grafikten A=1.0 B=0.6

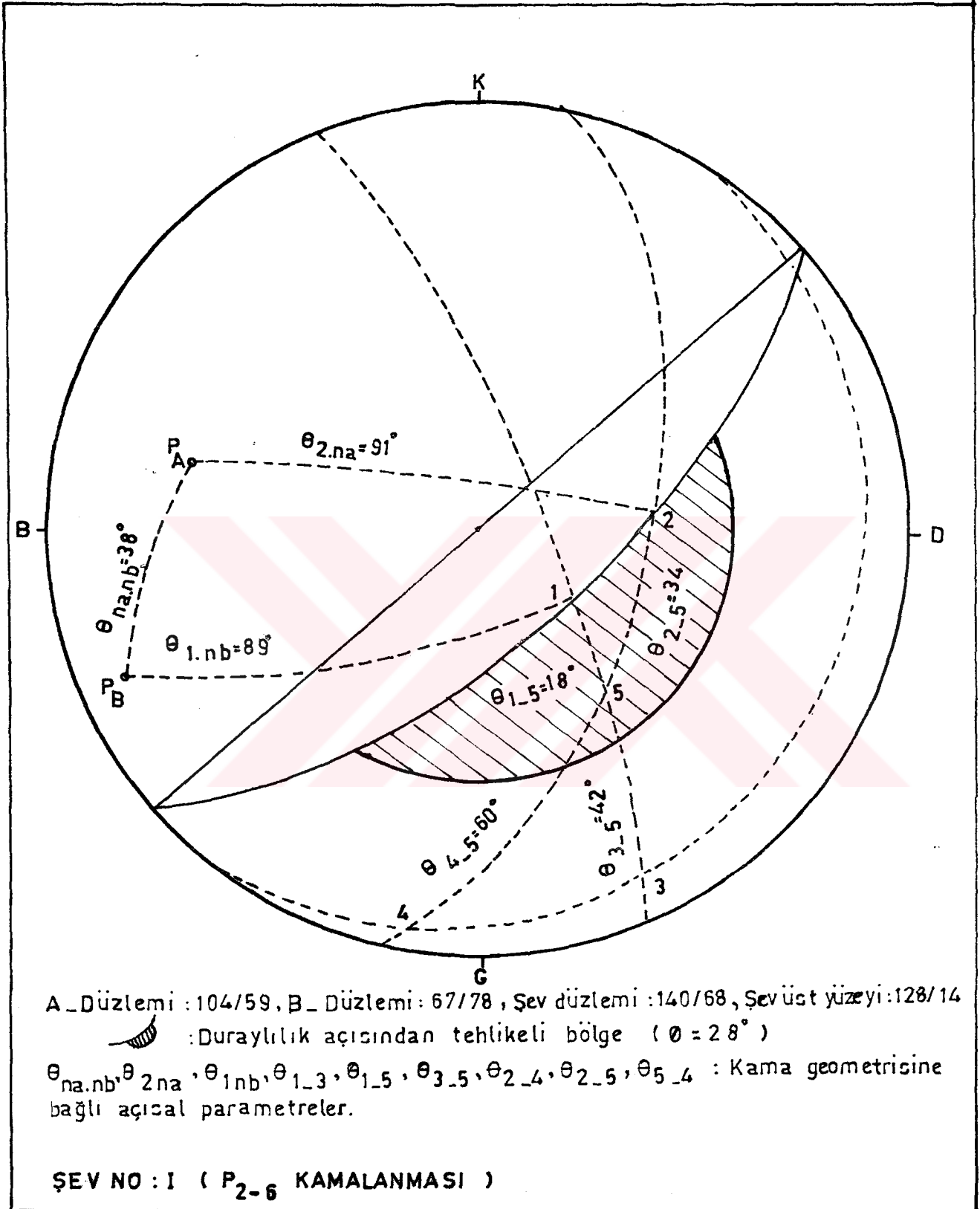
$$G_{s1} = A \tan \phi_1 + B \tan \phi_1$$

$$G_{s1} = 1,0 \times 0.53 + 0.6 \times 0.53 = 0.53 \times 0.32 = 0.85$$

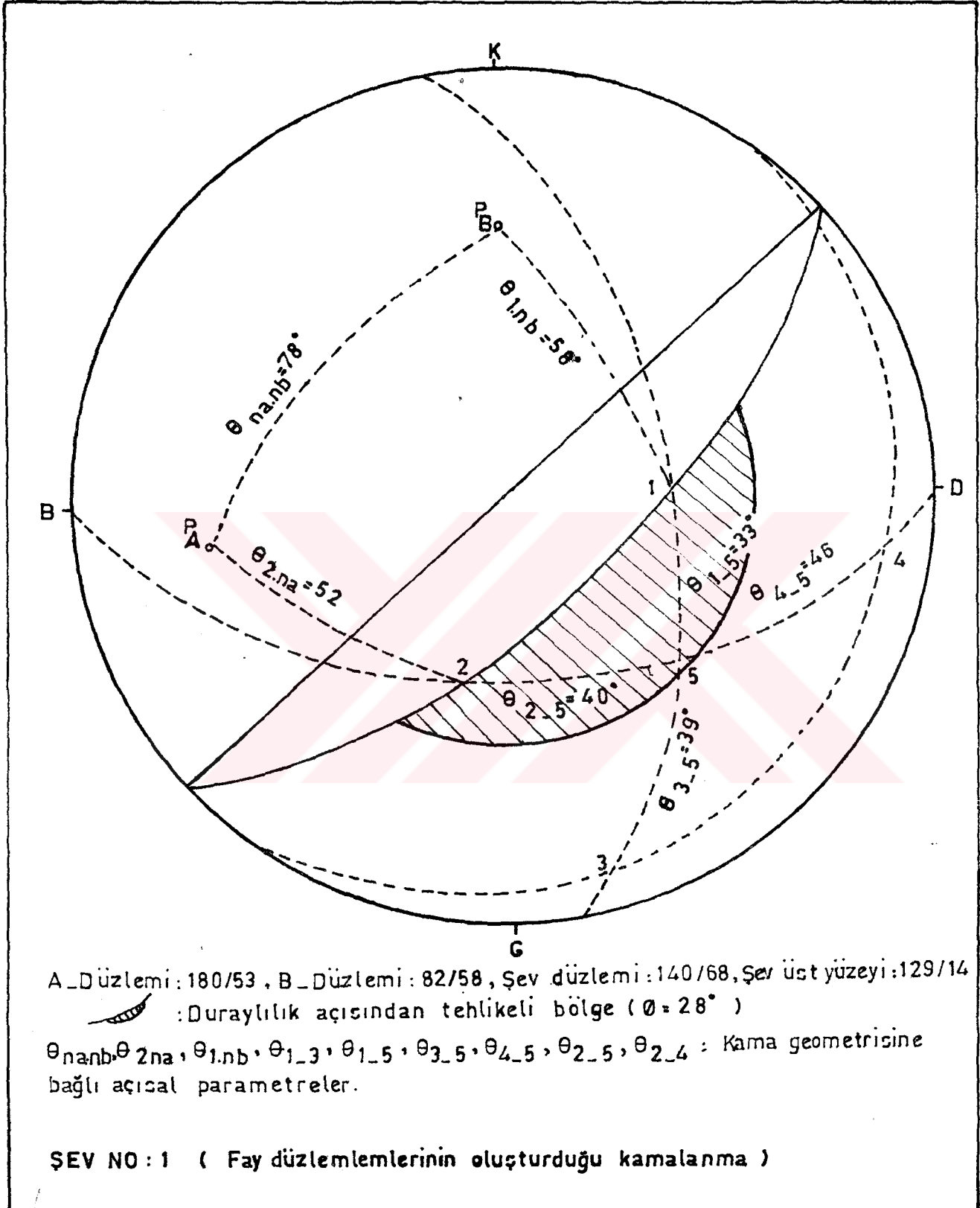
$$G_{s2} = A \tan \phi_2 + B \tan \phi_2$$

$$G_{s2} = 1,0 \times 0,7 + 0.6 \times 0.7 = 0.7 + 0.42$$

$$G_{s2} = 1.12$$



Şekil-27-51-106\_000 metreler arasında yer alan yol şevine ait (Dasitik tüf) P<sub>(2-6)</sub> kamalanmasında, kama geometrisine bağlı yapısal elemanların eş alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.



Şekil:28.51.106\_000 metreler arasında kalan yol şevine ait (Dassitik tüf) kama tipi olası kitle hareketinde, kama geometrisine bağlı yapısal elemanların eş alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.

P<sub>2-6</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:  
Şev yeri : 51+106-000 metreler arası

İncelenen eklem takımı P<sub>2-6</sub>

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik sayıları, G<sub>S<sub>A</sub></sub>: 0.76 , G<sub>S<sub>G</sub></sub> : 0.85

$$P_A : 104/59 , P_B : 67/78$$

$$\text{Şev düzlemi} : 140/68 , \text{Şev üst yüzeyi} : 129/14$$

Eş alanlı projeksiyon yardımıyla bulunan değerler; (Şekil.27)

$$\theta_{na.nb} : 38 , \theta_{1.nb} : 89 , \theta_{2.na} : 91 , \psi_5 : 53^\circ$$

$$\theta_{15} : 18 , \theta_{35} : 42 , \theta_{13} : 60$$

$$\theta_{25} : 34 , \theta_{54} : 60 , \theta_{24} : 104$$

$$H : 16.5 \text{ m.} , C : 3 \text{ ton/m}^2 , \phi : 28^\circ$$

$$X = \frac{\sin\theta_{24}}{\sin\theta_{45} \cos\theta_{2.na}} = \frac{0.97}{0.86 \times (-0.017)} = -69.28$$

$$Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35} \cos\theta_{1.na}} = \frac{0.86}{0.67 \times (+0.017)} = +78.18$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.53 - 0.2 \times 0.78}{0.8 \times 0.38} = 1.23$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.2 - 0.53 \times 0.78}{0.8 \times 0.38} = -0.7$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan\phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.7 \cdot 16.5} (3 \cdot 8.9) + (1.23 - \frac{-69.28}{5.4}) \cdot 0.53 + (-0.7 - \frac{78.18}{5.4}) \cdot 0.53$$

$$F = 1.8 + 7.45 - 8.04$$

$$F = 1.21$$

$F_1$  ve  $F_3$  faylarının oluşturduğu kaya kamalanmasında, süreksizliklerin kohezyon ve su basıncı içermesi hali:

Şev yeri : 51+060-000 metreler arası

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik

sayıları :  $G_{SA} : 0.4$  ,  $G_{SG} : 0.45$  ( $\phi=28^\circ$ )

$P_A : 82/58$  ,  $P_B : 180/53$

Şev düzlemi: 140/68 , Şev üst yüzeyi: 129/14

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile bulunan değerler;(Şekil.28)

$$\theta_{na.nb} : 78^\circ , \theta_{1.nb} : 58 , \theta_{2.na} : 52$$

$$\theta_{15} : 33 , \theta_{35} : 39 , \theta_{13} : 72$$

$$\theta_{25} : 40 , \theta_{45} : 46 , \theta_{24} : 86 , \theta_5 : 44^\circ$$

$$H : 16.5 \text{ m.} , C : 100 \text{ kN/m}^2 - 50 \text{ kN/m}^2$$

$$C : 10 \text{ ton/m}^2 - 5 \text{ ton/m}^2$$

$$X = \frac{\sin \theta_{24}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.99}{0.72 \times 0.61} = 2.25$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.95}{0.63 \times 0.53} = 2.87$$

$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.53 - 0.6 \times 0.2}{0.69 \times 0.95} = 0.62$$

$$B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.6 - 0.53 \times 0.2}{0.69 \times 0.95} = 0.75$$

$$F = \frac{3}{2.7 \times 16.5} (10 \times 5.12) + (0.62 - 0.41) 0.53 + (0.75 - 0.53) 0.53$$

$$F = 3.44 + 0.22 = 3.66$$

$$C = 50 \text{ kN/m}^2 \text{ için;}$$

$$F = 1.72 + 0.22 = 1.94$$

## YORUM:

51+106 ile 51+000 metreleri arasında kalan 106 metrilik şevin duraylılık analizi için eklem takımlarının kutup noktaları yerleştirilmiştir. İçsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) süreksizlik yüzeylerinde  $28^\circ$  ( $\phi_{ultimate}$ ) ve  $35^\circ$  olarak alınmıştır. Projeksiyon üzerinde belirlendiği gibi duraysız alana sadece  $P_2$  ve  $P_6$  süreksizliklerini birleştiren büyük dairenin kutup noktası olan  $P_{2-6}$  kutbu düşmüştür. Bu kutba bağlı olarak kaya kamalanmaları olması şevde muhtemeldir. Diğer tür kitle hareketlerinden olan düzlemsel kayma, ilk bakışta olası gibi görülmektedir. Fakat yapılan analizin neticesi hareketin gerçekleşme olasılığının bulunmadığını göstermektedir. Çünkü, aşağıdaki koşullardan birisi yerine gelmemektedir (2.koşul).

1- Şev elemanının kutbu  $P_4$  kutbu arasındaki açı  $20^\circ$  den daha büyüktür.

2-  $\psi_i > \psi_{fi} > \phi$  olması gerekirken;

$\psi_{fi} > \psi_i > \phi$  ilkesi mevcuttur. Yani süreksizlik yüzeylerinin eğim değerleri şev düzleminin eğim değerlerinden daha büyüktür. Bu durumda  $P_4$  kutbuna bağlı süreksizlikler şev düzlemini kesmemektedir.

Diğer tür kitle hareketlerinden olan kaya düşme ve devrilmeleri bu şevde beklenmemektedir.

Yeni yol güzergahı boyunca yola göre şevin konumunun farklı değerler alması, bu şev boyunca şev düzleminin değişmesi (şevin doğrultu ve eğimi), değişimin neticesi olarak süreksizliklerin şev duraylılığına etkisi farklı olmaktadır. Şevin ilk 50 metresinde şev konumu 145/76 iken ikinci 50 m. de şevin konumu 140/68 olmaktadır. Bu durumda  $P_2$  ve  $P_3$  süreksizlik takımlarının oluşturduğu  $P_{2-3}$  eklem takımı duraysız bölge sınırı üzerinde kalmıştır. Ve bu süreksizliklere bağlı olarak ikinci bir kamalanma ihtimali ortaya çıkmıştır. Yapılan grafik ve analitik değerlendirmelerin neticesi olarak  $P_{2-3}$  eklem takımına bağlı süreksizliklerde kamalanma ihtimalinin olmadığı saptanmıştır.  $\phi_1 = 28^\circ$  için  $G_s = 1.2$ ,  $\phi_2 = 35^\circ$  için  $G_s = 1.5$  değerleri bulunmuştur.

$P_2$  kutbunu oluşturan süreksizliklerin büyük dairesi (104/59) yaklaşık olarak ( $5^\circ-6^\circ$ ), (110/53) konumlu olan gerilme çatlağının büyük dairesine paraleldir. Gerilme çatlağının bu konumu  $P_{2-6}$  eklem takımında meydana gelebilecek bir kamalanma ihtimalini artırmaktadır. Olası kayma yönü  $S37^\circ E$  yönündedir.

Muhtemelen (1) numaralı fay,  $P_3$  kutbunu oluşturan süreksizlikler boyunca oluşan bir hareket neticesinde oluşmuştur. Çünkü fay düzlemi ile bu süreksizliklerin büyük daireleri bir paralellik içerisinde kutup noktaları da birbirine yakındır.

$P_{2-6}$  eklem takımında; kayma sadece sürtünme ile engellendiği varsayıлып, güvenlik sayısı hesabına gidildiğinde;

$$\phi = 28^\circ \rightarrow G_{SA} = 0.76, \quad G_{SG} = 0.85$$

$$\phi = 35^\circ \rightarrow G_{SA} = 1.00, \quad G_{SG} = 1.12 \text{ bulunmuştur (Sayfa.80.)}$$

Aynı eklem takımında kohezyon ve su basıncı göz önüne alındığında;

$$C = 3 \text{ ton/m}^2, \quad \phi=28^\circ \quad F=1.21 \text{ bulunmuştur.}$$

$f_1$  ve  $f_3$  faylarının arakesitinin kutbu incelendiğinde;

$$\phi = 28^\circ \rightarrow G_{SA} = 0.4, \quad G_{SG} = 0.45$$

$$\phi = 35^\circ \rightarrow G_{SA} = 0.55, \quad G_{SG} = 0.62 \text{ bulunmuştur (sayfa.79.)}$$

Fay breşinin kohezyonu (The cohesive strength of the breccia fault material):  $100 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ ton/m}^2$

$$\phi = 28^\circ \text{ için; } F=3.66 \text{ bulunur.}$$

$$\phi = 28^\circ \text{ ve } C=50 \text{ kN/m}^2 \text{ için } F=1.94 \text{ bulunur.}$$

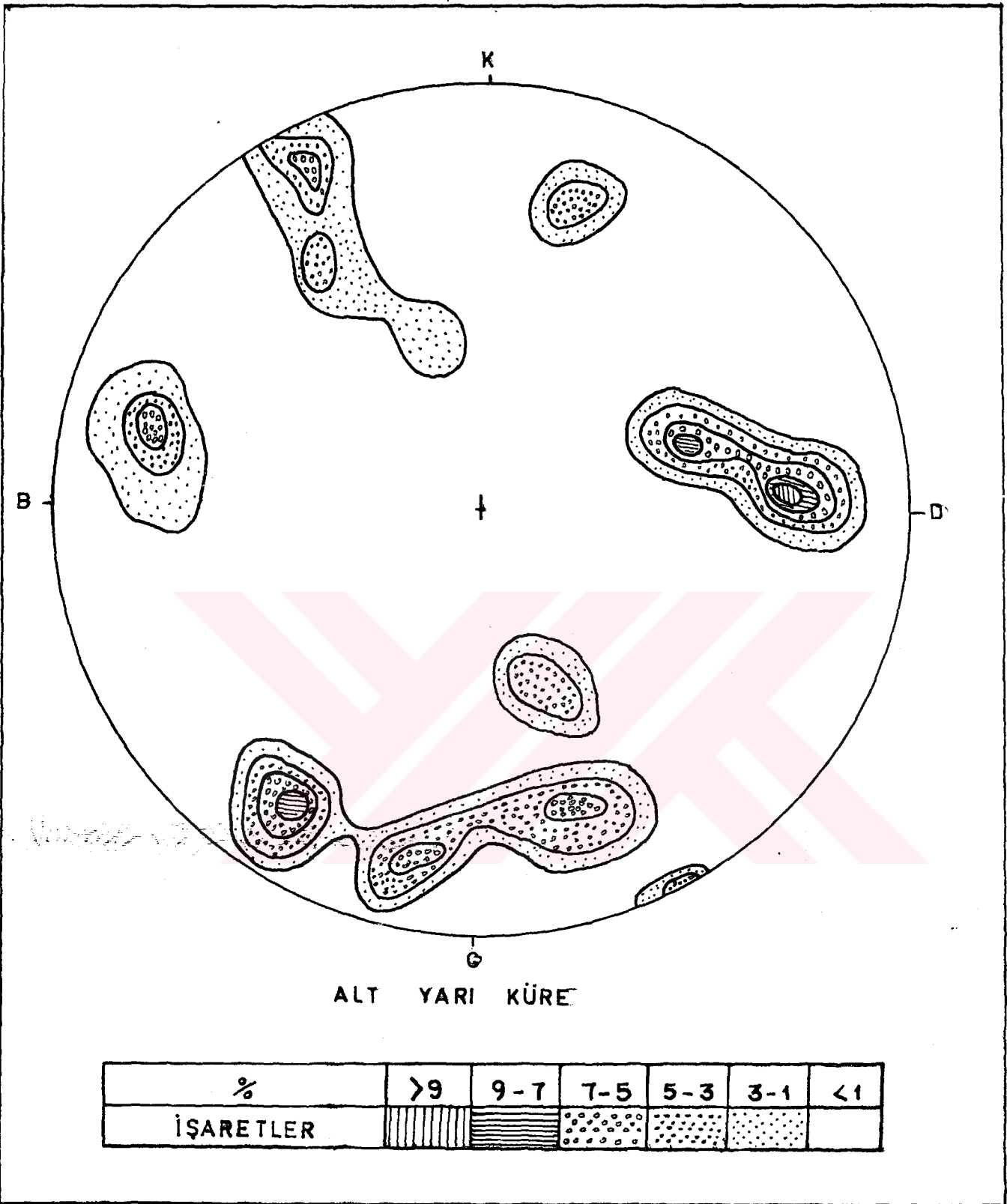
Yukarıdaki değerlerden de anlaşılacağı üzere süreksizliklere bağlı olarak bir şev probleminin oluşmayacağı fakat  $P_2$  kutbuna bağlı süreksizlere paralel duruşlu 110/53 gerilme çatlağının daha ilerde bir sorun oluşturması beklenebilir.

Şevin ilk 50 m. sinde bulunan ve konumları 240/63, 52/68 olan faylar şev düzlemini kesmemekte bu yüzden de duraylılığa etkileri bulunmaktadır.

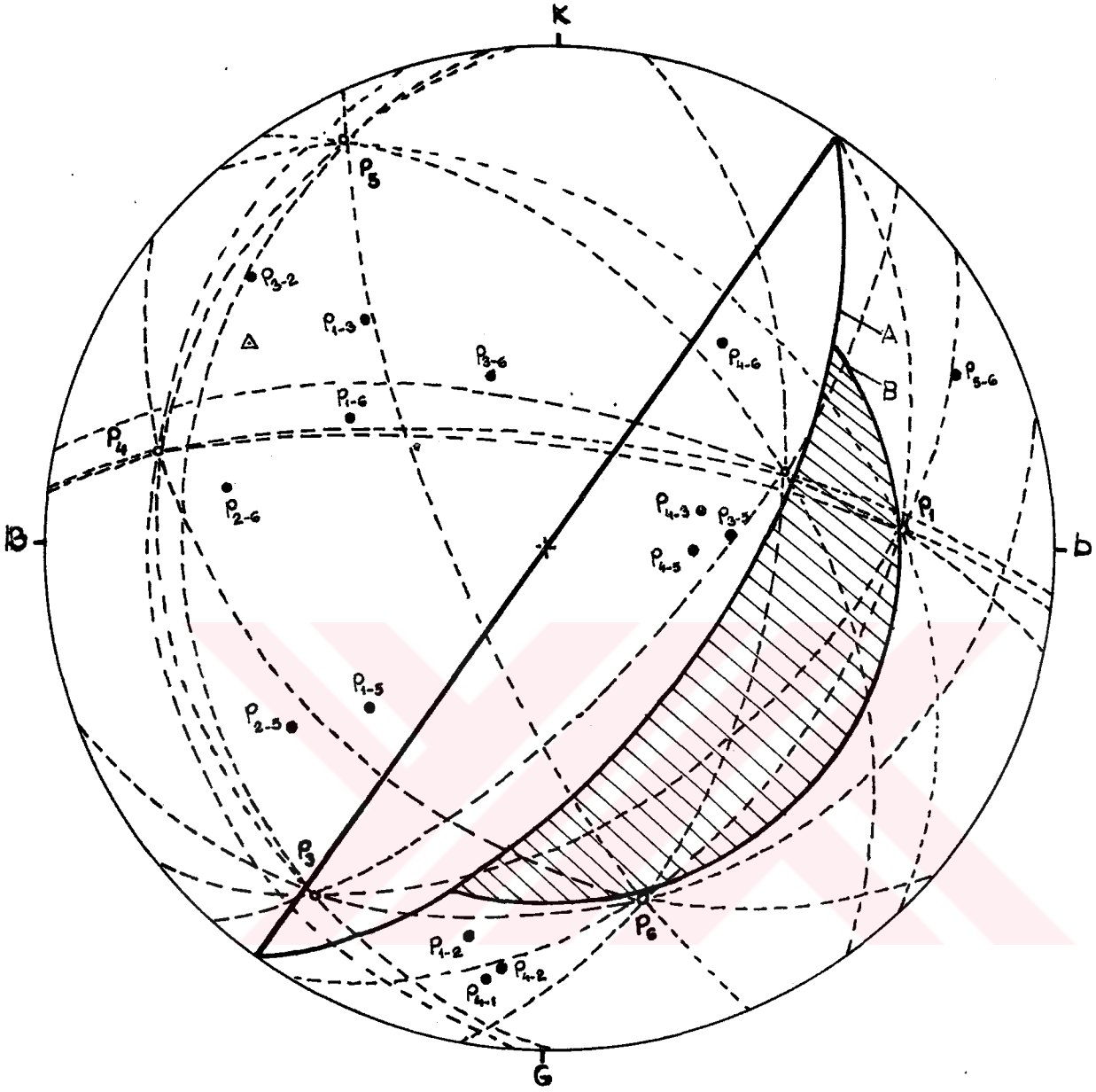
ŞEV-2

Zigana Tüneli-Gürgenağaç yolunun 50+485-50+210 metreleri arasında yer alır. Bu şev Dikkaya dasitinde açılmıştır. Şevde toplam 60 çatlak ölçüsü alınmıştır. Ölçüler eş alanlı projeksiyon açısı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil 29). Bu kutup noktalarından





Sekil- 29. 50+485 - 50+210 metreleri arasındaki yol seviye ait eş alanlı projeksiyon ağı yardımıyla elde edilen 60 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı



A : Şev düzlemi

B : Çatlaklardaki sürtünme açısı

Δ : Şev düzleminin kutbu

○ : Çatlak takımlarına ait kutup noktaları

● : Çatlak takımları arakesit doğruları kutbu

⌋ : Duraylılık açısından tehlikeli bölge

Şekil. 30- 50+485- 50+210 metreleri arasındaki yol sevi-  
ne ait kontur diyagramından yararlanılarak  
yapılan duraylılık analizi

geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak, bu arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından incelenmiştir (Şekil 30).

Şev-2 de, süreksizlik arakesit doğrularına ait kutup noktaları duraylılık açısından tehlikeli alan içine düşmemiştir. Şev duraylıdır.

#### YORUM

50+485 - 50+210 arasında, yer yer altere olmuş dasitlerdeki şev analizi (Stereoskobik-projeksiyon üzerinde kayma olasılığı analizi) yapılmıştır.

Çatlak takımları kutup noktalarına bağlı ( $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ ) olarak çatlak takımları arakesit doğruları  $28^\circ$  lik sürtünme dairesi içerisine (duraysız bölge) düşmemiştir.

$P_4$  kutbuna bağlı süreksizliklerde düzlemsel kayma olasılığı araştırılmış ve şev düzleminin kutbu ile bu süreksizliklerin kutup noktası olan  $P_4$  kutbu arasında  $22^\circ$  açı farkı bulunmuştur. Bu durum düzlemsel kayma olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Bu analizin ışığı altında şev şu anda duraylıdır.

50+485 'e kadarki yol güzergahı boyunca yer alan bazı şevlerde, dasitlerin yüzeysel sular nedeni ile aşırı alterasyonu gözlenmiştir. Bu arazi gözlemine dayanarak;  $P_4$  kutbuna bağlı olan süreksizliklerde alterasyon neticesinde sürtünmenin azalacağı dikkate alınır ise ileride bu süreksizliklere bağlı olarak bir hareket beklenebilir (Hareket yönü SE olacaktır).

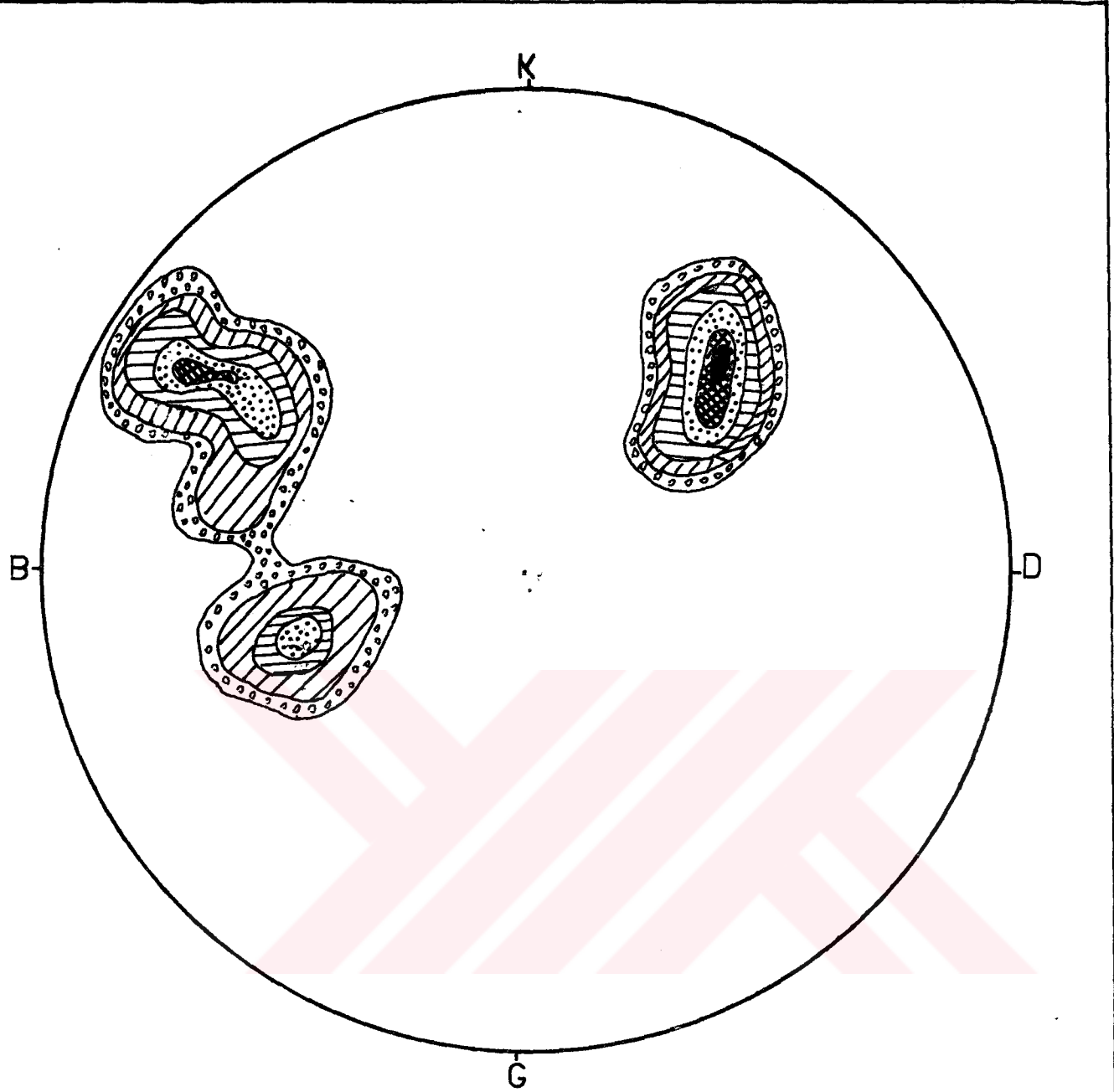
#### ŞEV-3

Zigana Tüneli-Gürgenağaç yolunun 50+000-49+700 m.leri arasında yer alır. Bu şev Dikkaya dasitinde açılmıştır. Şevde toplam 50 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil 31). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer

ikişer göz önüne alınarak bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 32). Kayma olasılığı olan süreksizlikler ve bunların oluşturduğu kaya kamaları tekrar ele alınarak olası kayma yönü, gerilme çatlakları ve fayın kayma yönlerine etkisi (Şekil 33) belirlenmiştir.

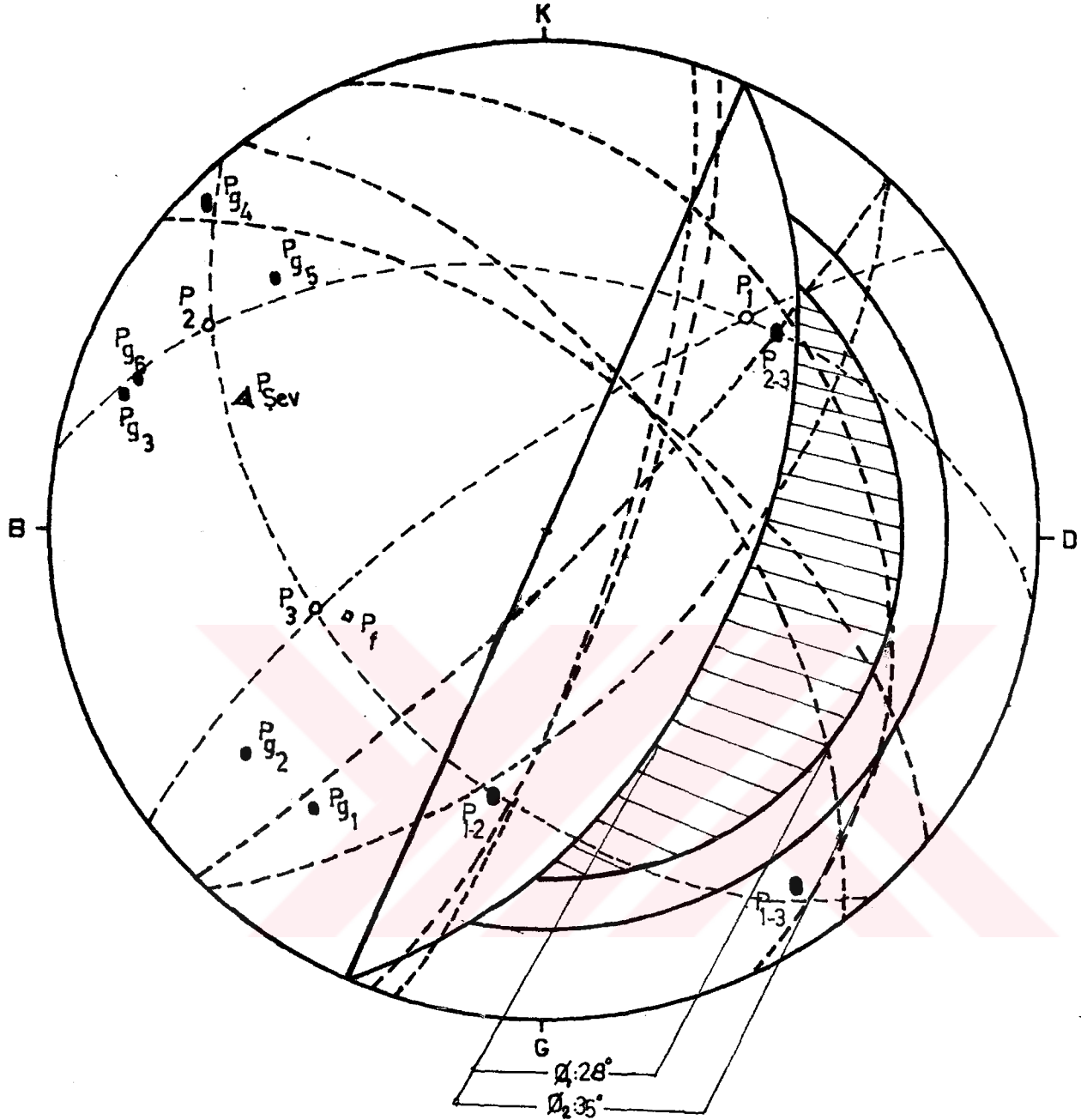
Duraylılık açısından tehlikeli bölge içine düşmüş, arakesit doğrularına ait kutup noktası bu şevde yoktur.

Düzlemsel kayma olasılığı olan,  $P_2$  kutup noktası  $P_{G_6}$ ,  $P_{G_5}$  (gerilme çatlakları kutup noktaları) kutup noktaları için araştırmalar yapılmıştır. Bunlara ait analitik ve grafik çözümler yorum bölümünde verilmiştir.



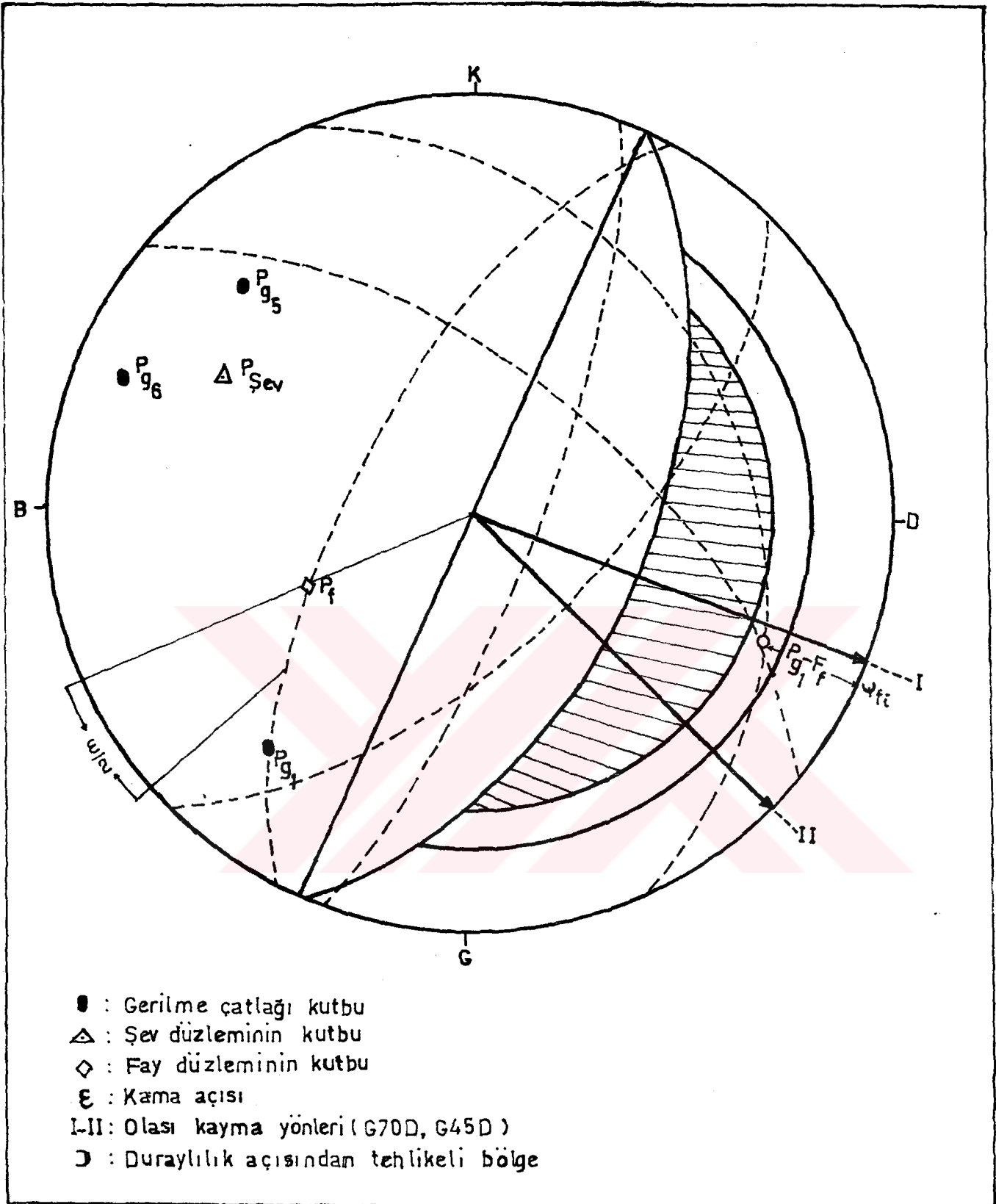
%	>10	10-8	8-6	6-4	4-2	2-1
İŞARETLER	■	▣	▤	▥	▦	▧

Şekil 31.50+000-49+700 metreleri arasındaki yol şevine ait eş - alanlı projeksiyon ağı yardımı ile elde edilen 50 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı.



- : Duraylılık açısından tehlikeli bölge
- : Gerilme çatlakları (1-40/63-2-52/63-3-108/78-4-135/83-5-134/64-6-110/77)
- ◇ : Fay düzleminin kutbu (65/35)
- △ : Şev düzleminin kutbu (113/57)
- : Çatlak takımlarına ait kutup noktaları
- : Çatlak takımları arakesit doğrularına ait kutup noktaları

Şekil-32. 50+000-49+700 metreleri arasında kalan yol şevinde, eş alanlı projeksiyon yardımı ile yapılan duraylılık analizi.



Şekil. 3.50-000-49-700 metreler arasındaki yol şevinin duraylılık analizi neticesi olarak belirlenen olası kayma yönleri.

## YORUM

Şekil 32 'de görüldüğü gibi  $P_1, P_2, P_3$  kutuplarını birleştiren büyük dairelerin kutup noktaları olan  $P_{1-2}, P_{1-3}, P_{2-3}$  duraysız alan içerisine düşmemiştir. Yalnız  $P_2$  kutbunu oluşturan süreksizliklerin şev dışına eğimli ve  $P_2$  kutup noktası ile şev düzlemi kutup noktası arasındaki açının  $14^\circ$  olması, bu süreksizliklerde düzlemsel kayma olasılığını artırmaktadır. Aynı şekilde  $P_{G6}$  (Konumu 110/77 olan gerilme çatlak kutbu) ve  $P_{G5}$  (konumu 134-64 olan gerilme çatlak kutbu) olan gerilme çatlakların kutup noktalarının, sırasıyla şev düzlemi kutup noktası arasındaki açının  $19^\circ$  ve  $18^\circ$  olması bu gerilme çatlaklarına bağlı olarak düzlemsel kayma olasılığını kuvvetlendirmektedir.

Kitlenin hareketi söz konusu olduğunda  $P_{G6}$  'ya bağlı kayma yönü (I); S70E yönünde,  $P_{G5}$  'e bağlı kayma yönü (II); S45E yönünde olacaktır.

Fay düzleminin kutbu ile (1) nolu gerilme çatlaklarının kutbunu birleştiren büyük dairenin kutbu stabil olmayan alan sınırındadır. Ve bir kamalanma oluşturmaktadır. Fay düzleminin konumu; 65/35 ve (1) nolu gerilme çatlaklarının konumu 40/63 'tür. Buradaki kamalanma ile ilgili olarak yapılan güvenlik sayısı analizi (Analitik ve grafik çözüm) içsel sürtünme açısı;

$$\phi_1 = 28^\circ \text{ için } G_{s\text{Analitik}} = 2.6$$

$$\phi_2 = 35^\circ \text{ için } G_{s\text{Analitik}} = 3.44$$

$$\phi_1 = 28^\circ \text{ için } G_{s\text{Grafik}} = 2.49$$

$$\phi_2 = 35^\circ \text{ için } G_{s\text{Grafik}} = 3.3$$

değerleri bulunmuştur. Kamalanma tek başına ele alındığında, kayma olasılığı görülmemektedir.

Tüm bu veriler hesaplamaların ışığında bu şevde (Şekil 33) I ve II yönlerinde düzlemsel kayma beklenebilir. Fakat en kuvvetli ihtimal kamalanma ile desteklenen ve kayma yönleri aynı olan, 6 nolu gerilme çatlaklarının ( $P_{G6}$ ) kayma yönü olan, I nolu yön (570E), muhtemel kayma yönüdür.

Şev üstü yaklaşık altere olasılık malzeme olduğundan şevin gerilme çatlaklarından itibaren temizlenip en az  $10^\circ$  yatırılması



önerilebilir. Bu durumda  $P_{G_5}$  kutbu ile şev kutbu ve  $P_{G_4}$  ile şev kutbu arasındaki açı  $20^\circ$  den fazla olacaktır. Bu sayede  $P_{G_5}, P_{G_6}$  gerilme çatlaklarının tesiri elemine edilebilecektir. Bir diğer çözüm; şev boyunca, 49+596 ile 49+856 metreler arasında istinat duvarı yapılmasıdır. Ekonomik çözüm ise; şevin  $10^\circ$  yatırılmasıdır.

$P_{G_1}$ -FAY - kutbunun duraylılık analizi;

$$\frac{\varepsilon}{2} = 17^\circ = 134 \quad \psi_{fi} = 26^\circ$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \frac{\tan \phi_1}{\tan \psi_{fi}} = \frac{\sin 134}{\sin 17} \frac{\tan 28^\circ}{\tan 26^\circ} \quad \phi_1 = 28^\circ$$

$$G_s = 2.36 \times 1.1 = 2.60$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \frac{\tan \phi_2}{\tan \psi_{fi}} = \frac{\sin 134}{\sin 2} \frac{\tan 35^\circ}{\tan 26^\circ} \quad \phi_2 = 35^\circ$$

$$G_s = 2.36 \times 1.45 = 3.44$$

Grafik Çözüm:

A düzlemi = 65/35      FAY

B düzlemi = 40/63      1 nolu gerilme çatlağı

A = 3      B = 1.7

$$\phi_1 = 28^\circ \text{ için} \quad G_s = A \tan \phi + B \tan \phi$$

$$G_{s1} = 3 \times 0.53 + 1.7 \times 0.53$$

$$G_{s1} = 2.49$$

$\phi_2 = 35^\circ$  için,

$$G_s = 3 \times 0.7 + 1.7 \times 0.7$$

$$G_s = 3.3$$

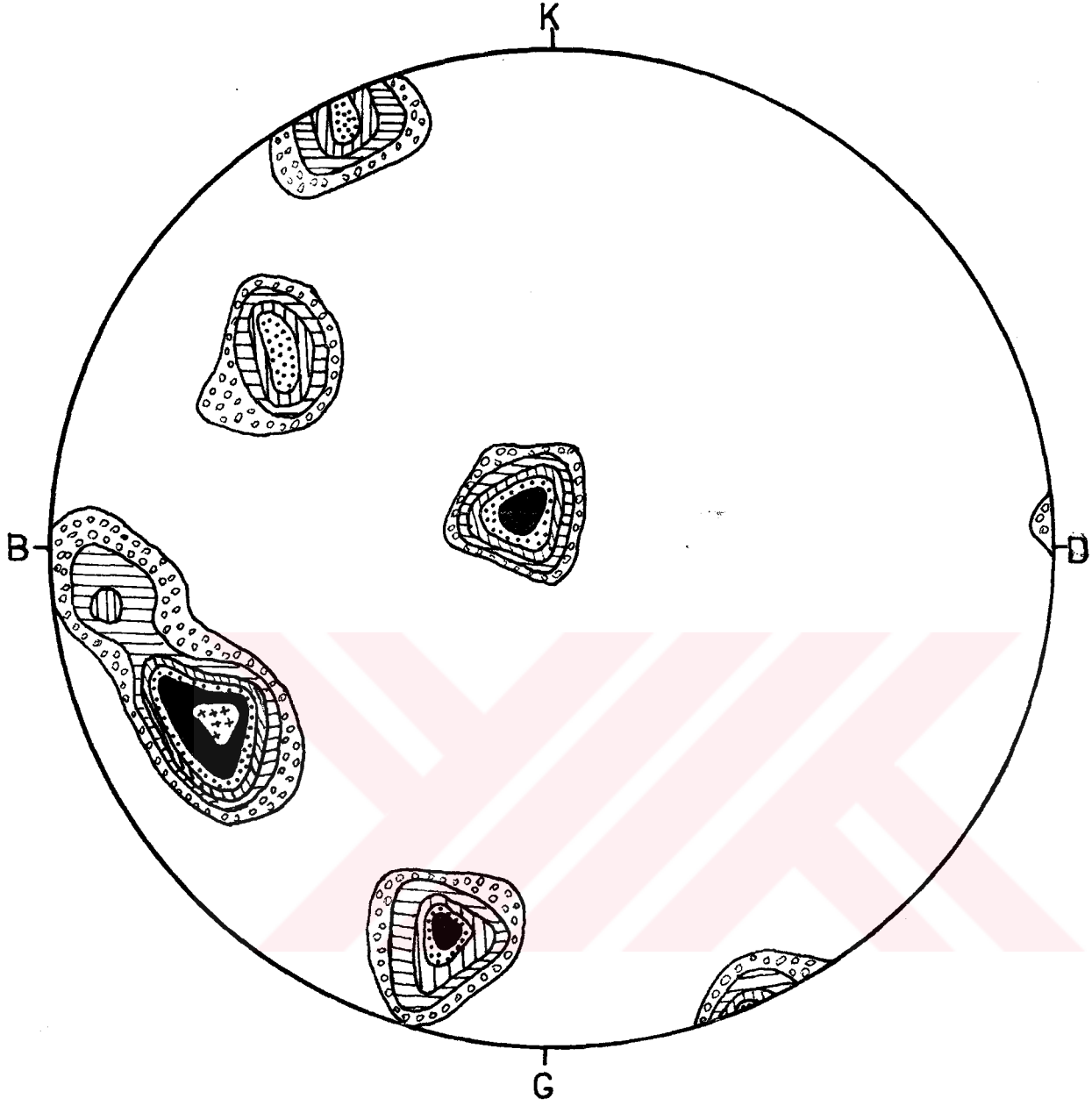


Foto-17

50+00-49+700 metreleri arasında yol  
şevinde oluşan gerilme çatlakları

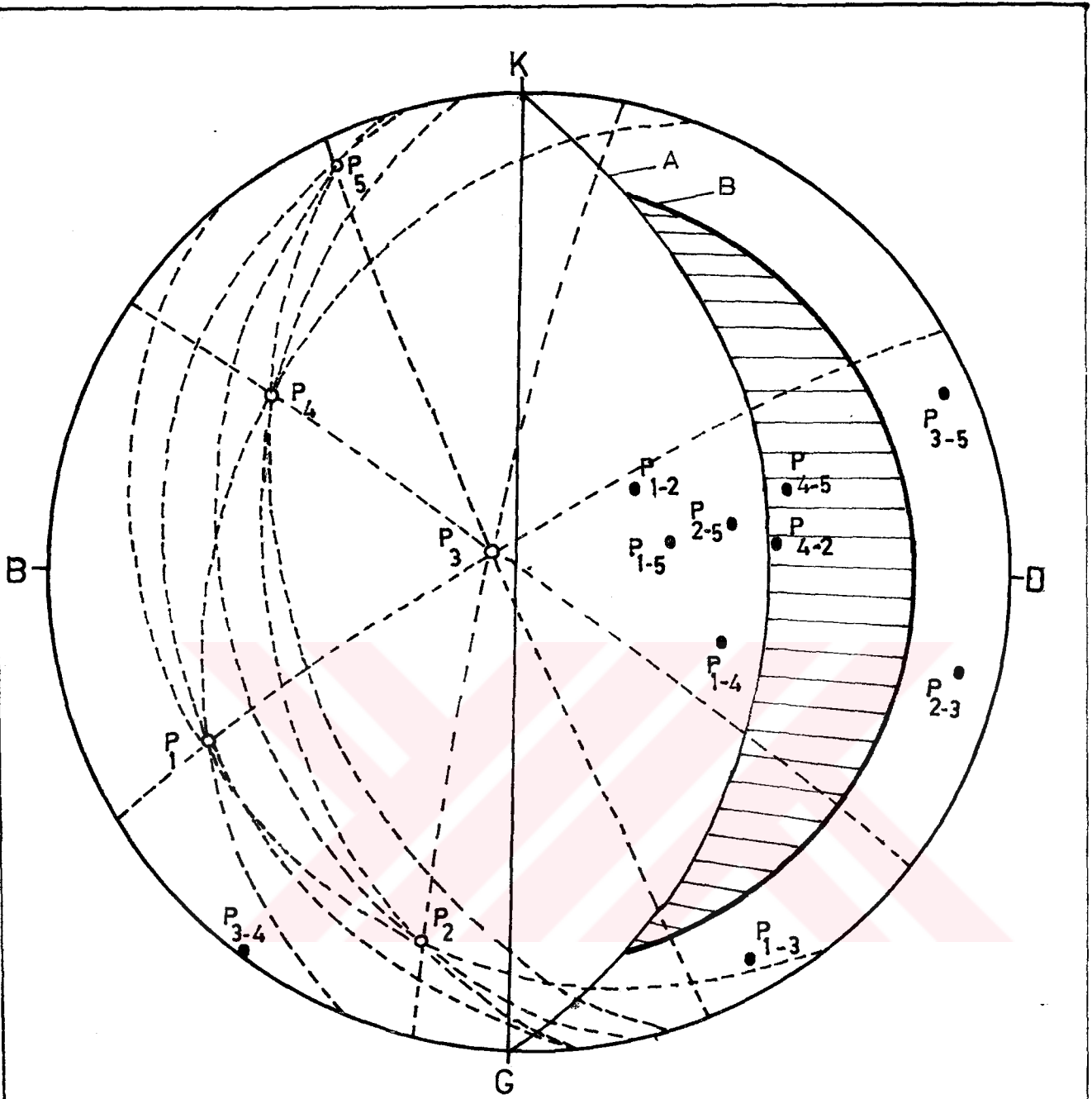
## ŞEV-4

Zigana tüneli-Gürgenağaç arasınının 49+470-49+360 metreleri arasında yer alan bu şev Dikkaya dasitinde açılmıştır. Şevde toplam 50 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır. (Şekil 34). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak, bunların arakesit doğrularınının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölge olup olmadığı araştırılmıştır. (Şekil 35). Kayma olasılığı olan süreksizlikler ve bunların oluşturduğu kaya kamaları saptanmıştır. (Şekil 35) Duraylılık açısından tehlikeli bölgede olanlar için analitik ve grafik çözümler uygulanmış ve güvenlik sayıları bulunmuştur (sayfa 100) Bulunan güvenlik sayılarına göre olası kayma yönleri saptanmıştır (Şekil 36).



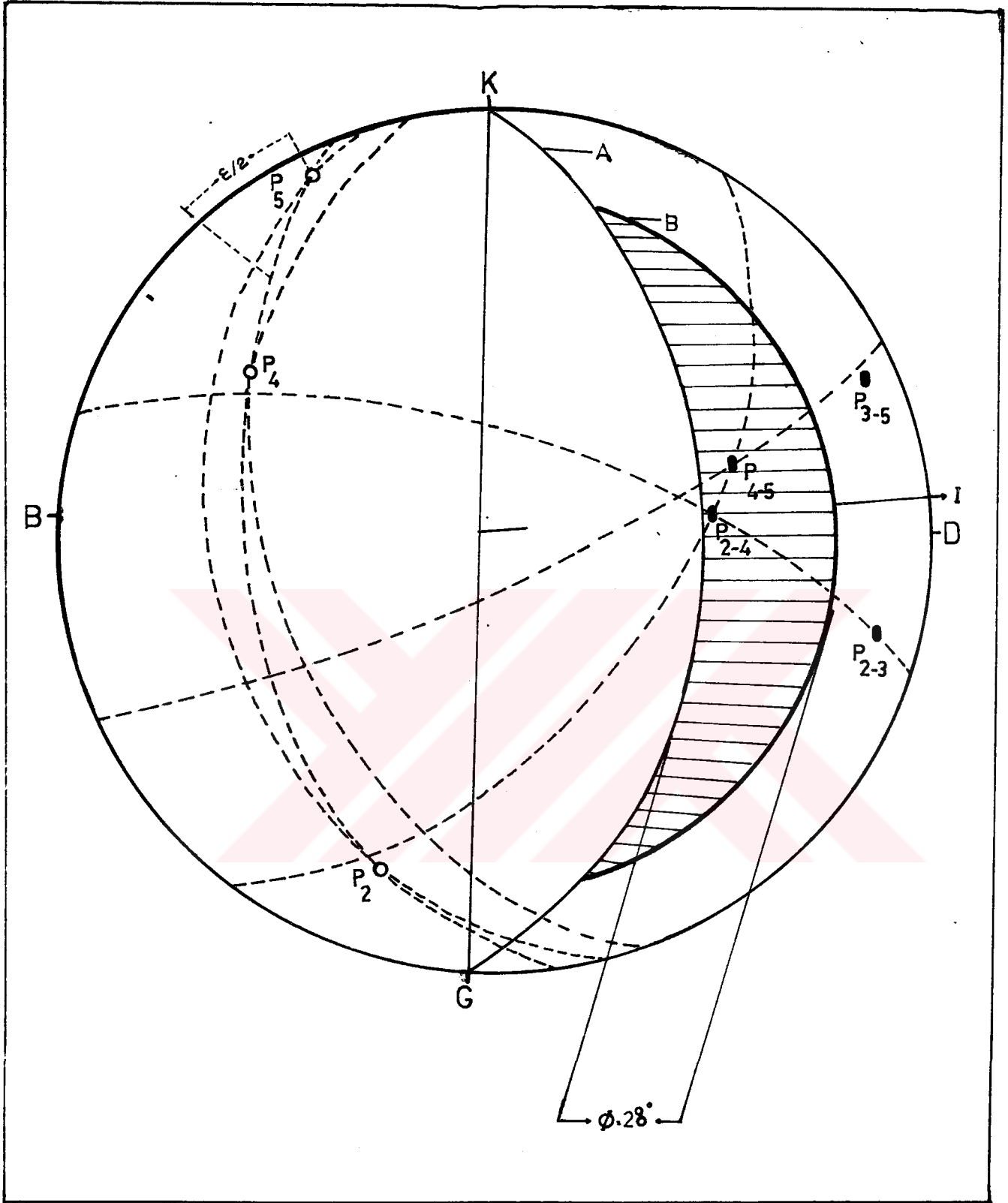
%	> 11	11-9	9-7	7-5	5-3	3-1
İŞARETLER	✕ ✕ ✕ ✕ ✕	■	• • • • •		— — — — —	• • • • •

Şekil 34 49+470-49+360 metreleri arasındaki yol şevine ait, eş alanlı projeksiyon ağı yardımı ile edilen 50 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı.



- A : Şev düzlemi
- B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge
- : Çatlak takımı kutup noktası
- : Çatlak takımları arakesit doğrularına ait kutup noktaları

Şekil.35: 49.470-49.360 metreler arasındaki yol şevine ait kon-  
tur diyagramından yararlanılarak yapılan duraylılık ana-  
lizi.



Şekil 38: 49.470-49.360 metreleri arasındaki yol şevinde  $P_4, P_5, P_2$  kutuplanmalarına bağlı olarak gelişen kaya kama-  
lanmalarının (Şev problemi oluşturan) eşalanlı pro-  
jeksiyonda görünümü.

Şekil 34 'de alınan kutup noktaları ( $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$ ) arasındaki büyük daireler çizilmiş ve bunları birleştiren büyük dairelerin kutup noktaları işaretlenmiştir.

$P_{4-5}$  ve  $P_{2-4}$  kutupları tehlikeli bölge içerisine girmiştir. Bu kutup noktalarına bağlı süreksizliklerin oluşturduğu kaya kamalanmalarında kayma olasılığı araştırılmış ve güvenlik sayısı hesabına gidilmiştir.

Sonuçta;

$P_{4-5}$  'e bağlı kamalanmadaki analitik çözüm  $\phi_1=28^\circ$  için  $G_{s\phi_1} = 0.83$ ,  $\phi_2=35^\circ$  için  $G_{s\phi_2} = 1.09$  değerleri grafik çözümünde ise;  $\phi_1=28^\circ$  için  $G_{s\phi_1} = 1.26$ ,  $\phi_2=35^\circ$  için  $G_{s\phi_2} = 1.68$  bulunmuştur.  $G_{s_{ort}} = 1.21$  'dir.

Bulunan değerler, kaymayı önleyen tek faktörün sürtünme olması durumunda geçerlidir. Fakat kaya kamalanmasını oluşturan süreksizlikler ve bunların arasında, gerek yüzey suları gerekse de dasitlerin kendi ayrışmalarından oluşan (Şekil 21) dolgu maddesi ve onun kohezyon dayanımının etkisi göz önüne alındığında bulunan güvenlik sayısı ( $F_{4-2}=0.7$ ) şevin yine de duraylı olmadığını göstermektedir (sayfa ). Dolgu maddesi kil ve silttir.

$$C = 25 \text{ kN.m}^{-2} = 3.62 \text{ lbf/in}^2$$

$P_{2-4}$  kutup noktasına bağlı süreksizliklerin şev duraylılığına bağlı etkilerini yok edebilmek için şevin en az  $6^\circ$  yatırılması önerilmektedir.

$$P_{4-5}; P_4 \rightarrow 126/55 \quad P_5 \rightarrow 156/82 \quad P_2 \rightarrow 16/69 \quad P_4 (A_{düz.}): 126/55, \\ P_5 (B_{düz.}): 156/83$$

$$\frac{E}{2} = 19 \quad \beta = 152 \quad \psi_1 = 38^\circ \quad A = 1.5 \quad B = 0.9$$

$$G_{s1} = \frac{0.47}{0.32} \frac{0.53}{0.78} = 1.47 \times 0.68 = 1$$

$$G_{s2} = 1.47 \times \frac{0.7}{0.78} = 1.47 \times 0.9 = 1.32$$

$$G_{s\phi_1} = 1.5 \times 0.53 + 0.9 \times 0.53 \\ = 0.79 + 0.47 = 1.26$$

$$G_{s\phi_2} = 1.5 \times 0.7 + 0.9 \times 0.7 \\ = 1.05 + 0.63 = 1.68$$

$$P_{2-4}; P_4 \quad 126/55 \quad P_2 \quad 16/69$$

$$P_4 \text{ (A düz.)}: 123/54, \quad P_2 \text{ (B düz.)}: 16/69$$

$$A = 0.8 \quad B = 0.5$$

$$\frac{\epsilon}{2} = 47^\circ \quad \beta = 102^\circ \quad \psi = 46^\circ$$

$$G_{S1} = \frac{0.97}{0.73} \times \frac{0.53}{1.03} = 1.32 \times 0.51 = 0.67$$

$$G_{S2} = 1.32 \times \frac{0.7}{1.03} = 1.32 \times 0.67 = 0.89$$

$$G_{S\phi_1} = 0.8 \times 0.53 + 0.5 \times 0.53 = 0.68$$

$$G_{S\phi_2} = 0.8 \times 0.7 + 0.5 \times 0.7 = 0.91$$

P<sub>4-2</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:

Şev yeri : 49+470-360 (Şev:4)

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik sayıları,  $G_{SA} : 0.67$  ,  $G_{SG} : 0.68$

$P_A : 126/55$  ,  $P_G : 16/69$

Şev düzlemi : kg/48 D

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile bulunan değerler;(Şekil.37)

$$\theta_{na.nb} = 92^\circ , \theta_{1.nb} = 89^\circ , \theta_{2.na} = 91^\circ$$

$$\theta_{52} = 1^\circ , \theta_{54} = 52^\circ , \theta_{42} = 63^\circ$$

$$\theta_{13} = 65^\circ , \theta_{35} = 64^\circ , \theta_{15} = 1^\circ , \psi_5 = 46^\circ$$

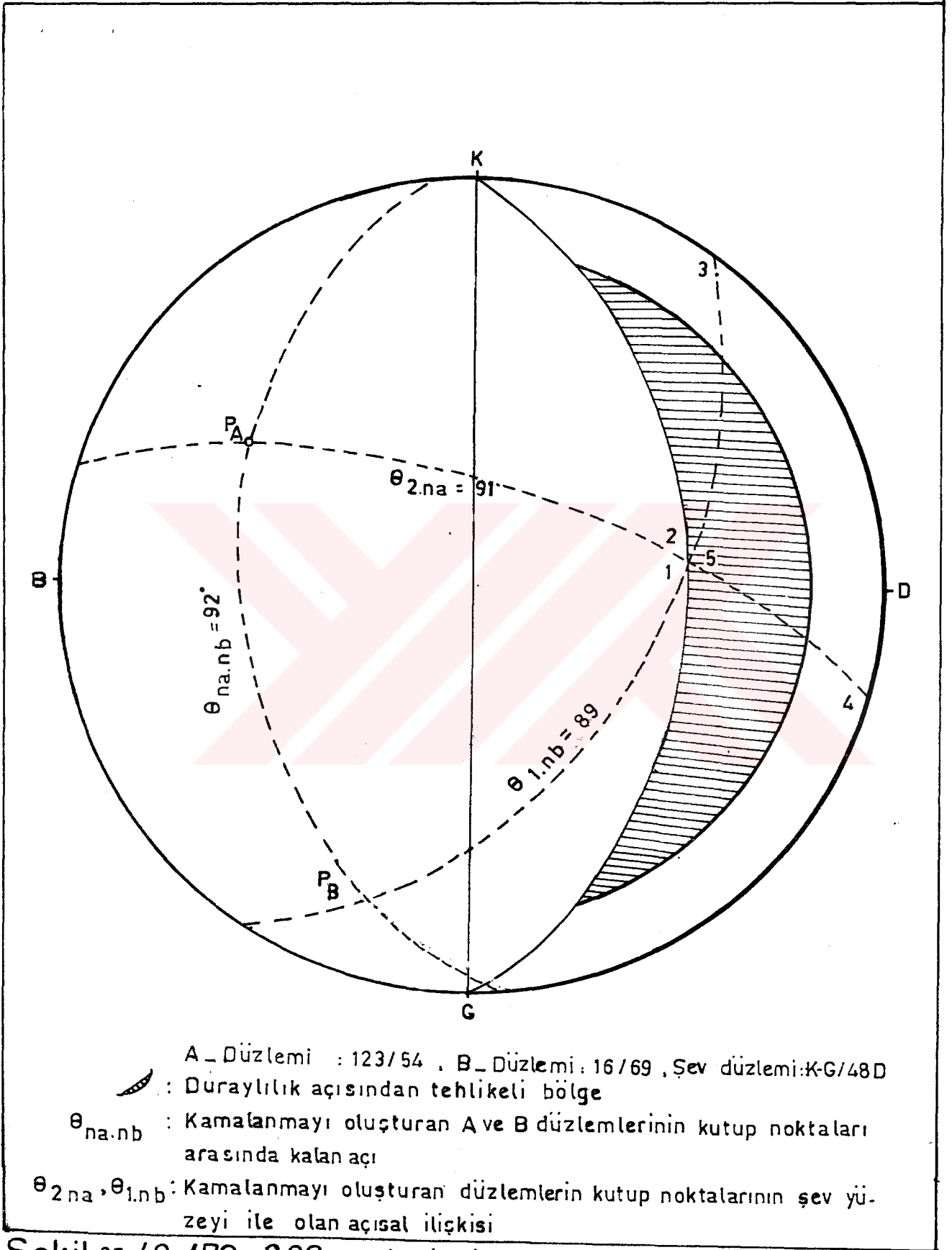
$$H = 16.5 \text{ m} , C = 2.5 \text{ ton/m}^2 , \gamma = 2.69 \text{ ton/m}^3 , \phi = 28^\circ$$

$$X = \frac{\sin \theta_{24}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.8}{0.79 \times (-0.017)} = -59.7$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.9}{0.89 \times (0.017)} = 60$$

$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.58 - 0.35 \times (-0.034)}{0.72 \times 0.99} = 0.82$$

$$B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.35 - 0.58 \times (-0.034)}{0.72 \times 0.99} = 0.51$$



Şekil.37.49-470\_360 metreleri arasında kalan yol şevinde, eş alanlı projeksiyon yardımı ile ölçülen kama geometrisine bağlı açısal değerler.



$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + \left(-\frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X\right) \tan \phi_A + \left(B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y\right) \tan \phi_B$$

$$F = 2.69 \cdot 16.5 \cdot 2.5(-59.7+60) + \left(0.82 - \frac{-59.7}{5.38}\right) 0.53 + \left(0.51 - \frac{60}{5.38}\right) 0.53$$

$$F = \frac{2.25}{44.38} + 6.31 - 5.64 = 0.05 + 6.31 - 5.64$$

$$F = 0.72$$

#### ŞEV-5

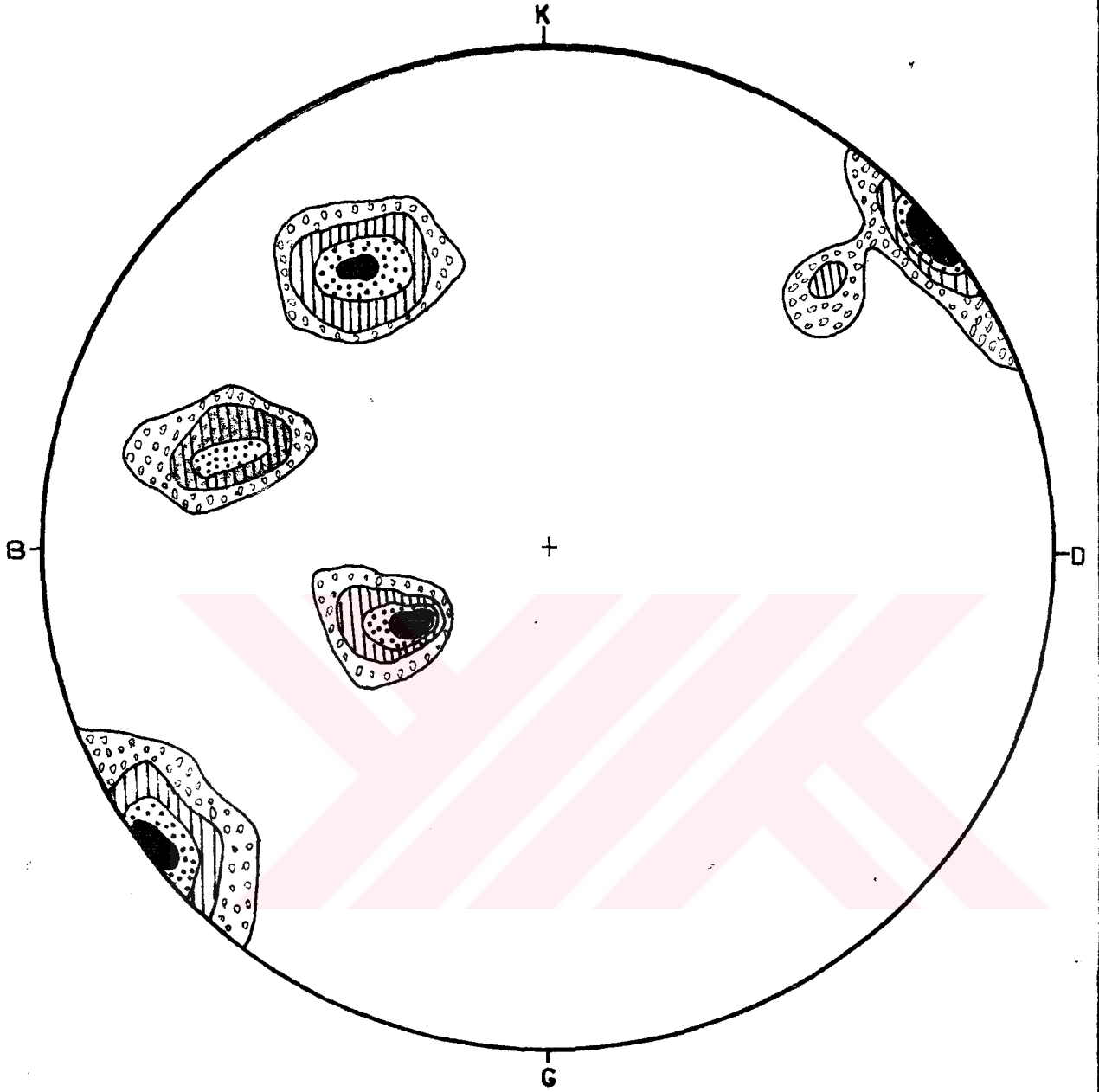
Zigana tüneli-Gürgenağaç yolunun 49+310-49+190 metreleri arasında yer alır. Bu şev Dikkaya dasitinde açılmıştır. Şevde toplam 50 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil 38). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak, bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuştur. Şev duraylılığı açısından tehlikeli bölge bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 39).

Kayma olasılığı olan süreksizlikler ve bunların oluşturduğu kaya kamaları analitik ve grafik yöntemlerle incelenmiş ve güvenlik sayıları bulunmuştur.

Güvenlik sayıları 1'den küçük olan kutuplara bağlı olarak olası kayma yönleri bulunmuştur (Şekil 39).

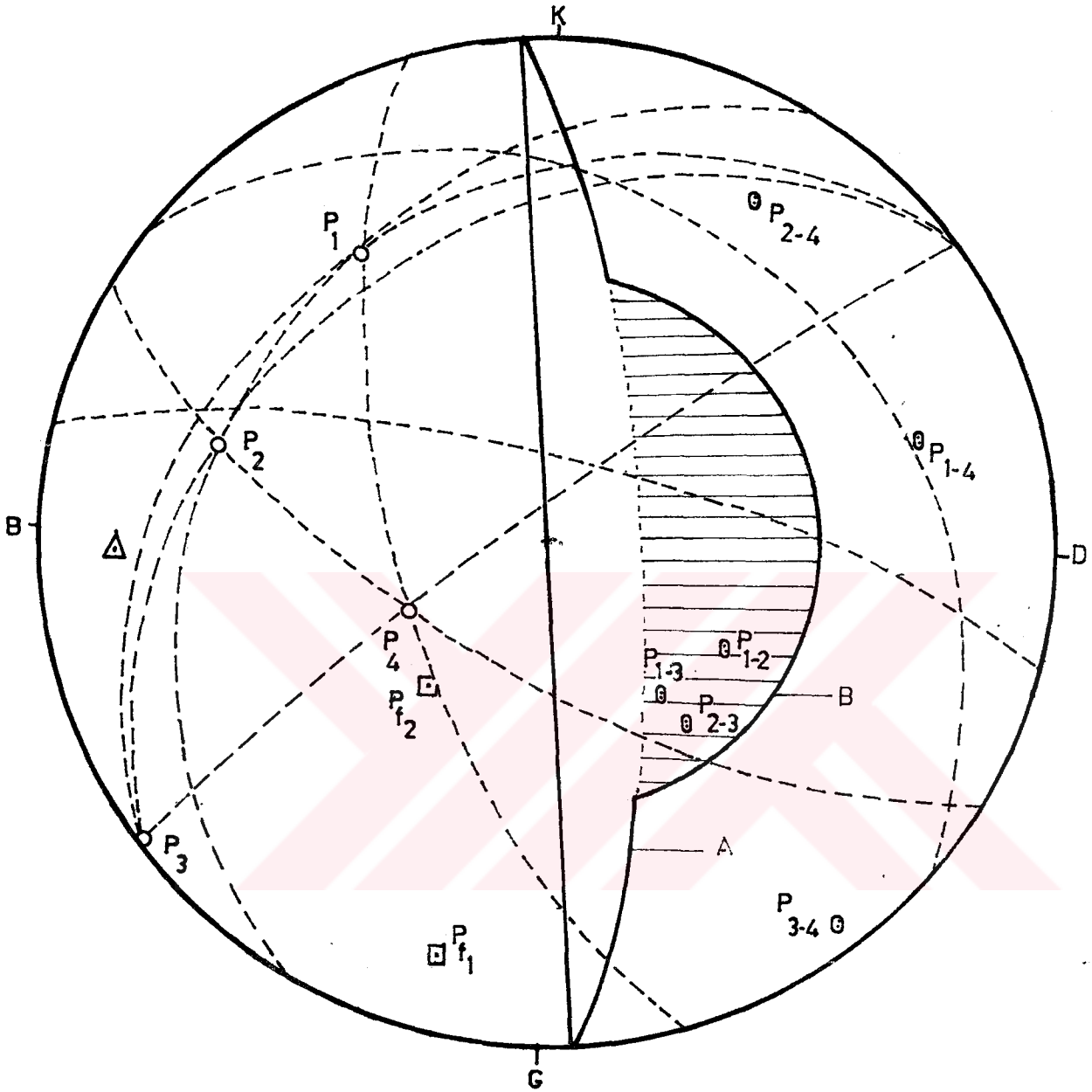
Şekil 34 de  $F_1$  ve  $F_2$  faylarının konumları görülmektedir.  $P_{1-3}$ ,  $P_{2-3}$ ,  $P_{1-2}$  eklem takımları ise duraysız bölge içerisinde görülmektedir. Bu eklem takımlarının analizi Şekil 35'de yapılmıştır.

$F_1$  ve  $F_2$  faylarının stabiliteye etkisi, netten de görüldüğü gibi etkili değildir. (Faylar şev dışına eğimli değildir.). Bu fayların kutup noktaları da duraysız bölge dışında ve şev düzleminin kutbundan uzaktadırlar.



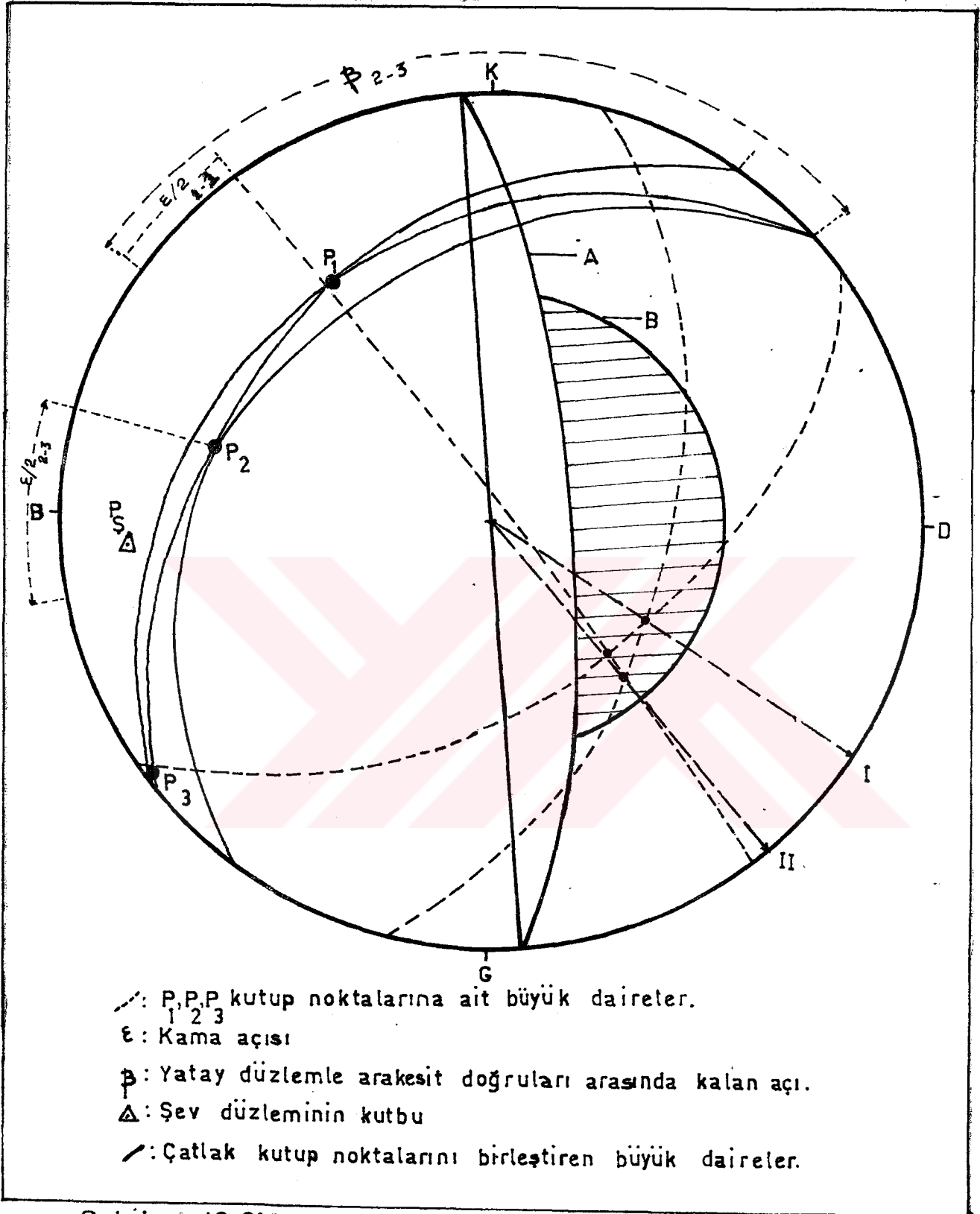
%	> 8	8-6	6-4	4-2	< 2
İŞARETLER					

Şekil 38: 49+310\_49+190 metreleri arasındaki yol şevine ait eş alanlı projeksiyon ağı yardımı ile elde edilen 50 çatlak ölçüsü ait kontur diyagramı.



- A : Şev düzlemi  
 B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge  
 $\Delta$  : Şev düzleminin kutbu  
 $\square$  : Fay düzleminin kutbu  
 $\circ$  : Çatlak takımlarına ait kutup noktaları  
 $\theta$  : Çatlak takımı arakesit doğrularına ait kutup noktaları

Şekil.39.49 310\_49 190 metreleri arasında kalan yol şevine ait kontur diyagramından yararlanılarak yapılan duraylılık analizi.



Şekil.40. 49+310\_49+190 metreleri arasında kalan yol şevine ait duraylılık analizi neticesi olarak,olası kayma yönleri.(I ve II yönleri )

Şekil 39 de kayma olasılığı bulunan  $P_{1-3}$ ,  $P_{2-3}$ ,  $P_{1-2}$  kutup noktalarının analizi:

$P_{1-3}$ ,  $P_{2-3}$ ,  $P_{1-2}$  eklem takımlarını oluşturan  $P_1, P_2, P_3$  kutuplarının büyük daireleri çizilmiştir. Bu büyük dairelerin şev yüzeyi ile durumu irdelenmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi  $P_2$  kutupsallaşmasına bağlı büyük daire ilk bakışta, düzlemsel bir kayma olasılığı akla getirmektedir. Fakat yapılan analizin neticesi olarak; şev düzleminin kutbu ile  $P_2$  kutbu arasındaki açı  $\alpha > 20^\circ$  olması bu ihtimali kaldırmaktadır.  $\alpha$ 'nın  $25^\circ$  olması yine de şevin  $3^\circ-4^\circ$  yatırılmasını gerektirebilir.

Şekil 40'den okunan değerler:

$$\begin{aligned} (\varepsilon/2)_{1-2} &= 17^\circ, & \beta_{1-2} &= 54^\circ, & \psi_{1-2} &= 54^\circ \\ (\varepsilon/2)_{1-3} &= 45^\circ, & \beta_{1-2} &= 122^\circ, & \psi_{1-3} &= 56^\circ \\ (\varepsilon/2)_{2-3} &= 26^\circ, & \beta_{2-3} &= 151^\circ, & \psi_{2-3} &= 50^\circ \end{aligned}$$

KAYMA YALNIZ SÜRTÜNME İLE ENGELLENİYORSA;

Analitik Çözüm:

$$P_1 = 52/88 \quad P_2 = 145/56 \quad P_3 = 104/56$$

Şekil B'den

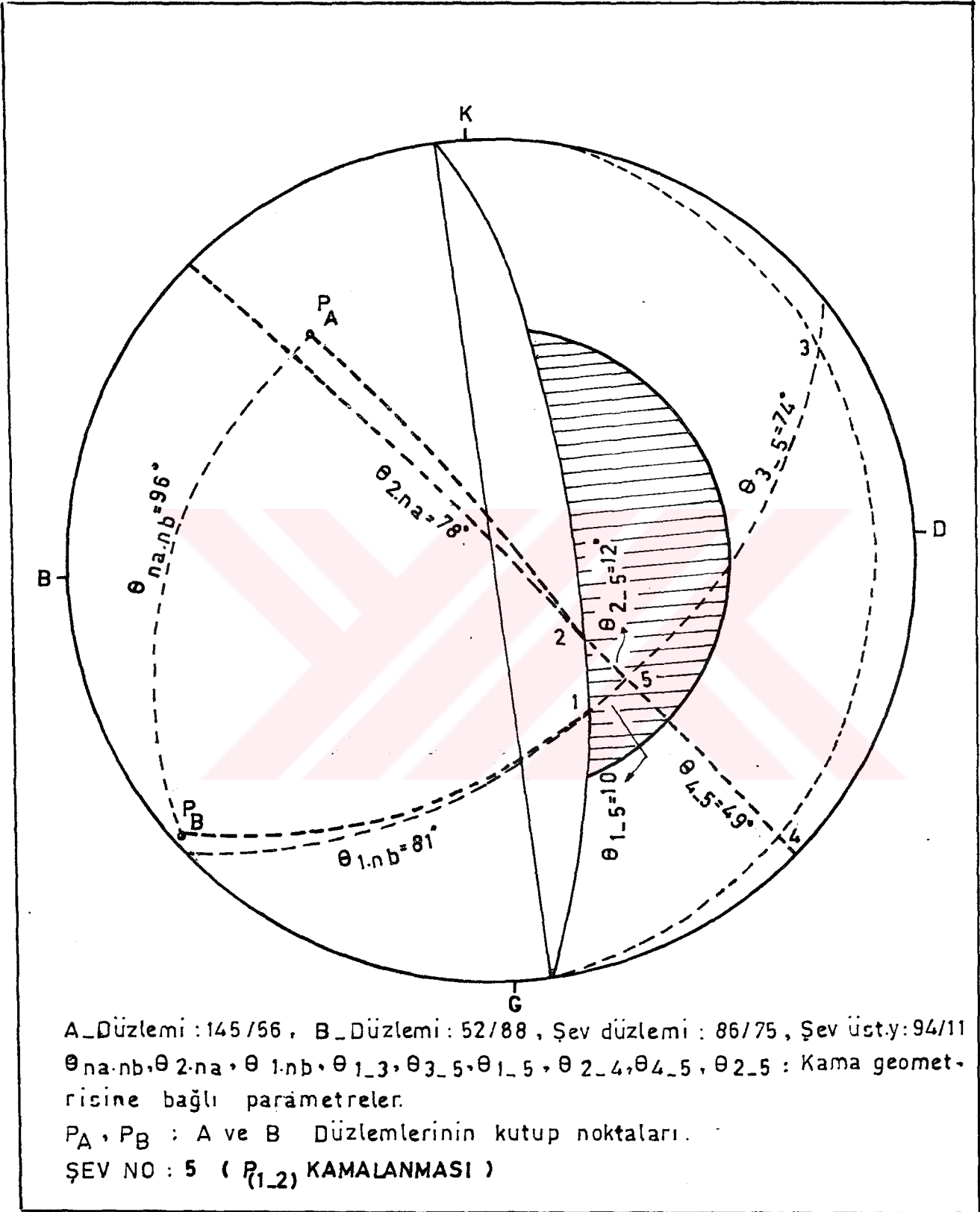
$$\begin{aligned} P_{1-2} \quad \varepsilon/2 &= 17^\circ & \beta &= 54^\circ & \psi_1 &= 54^\circ \\ P_{1-3} \quad \varepsilon/2 &= 45^\circ & \beta &= 122^\circ & \psi_1 &= 50^\circ \\ P_{2-3} \quad \varepsilon/2 &= 26^\circ & \beta &= 151^\circ & \psi_1 &= 50^\circ \end{aligned}$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \psi_1}{\tan \psi_1} = k \cdot f_s \text{ 'den}$$

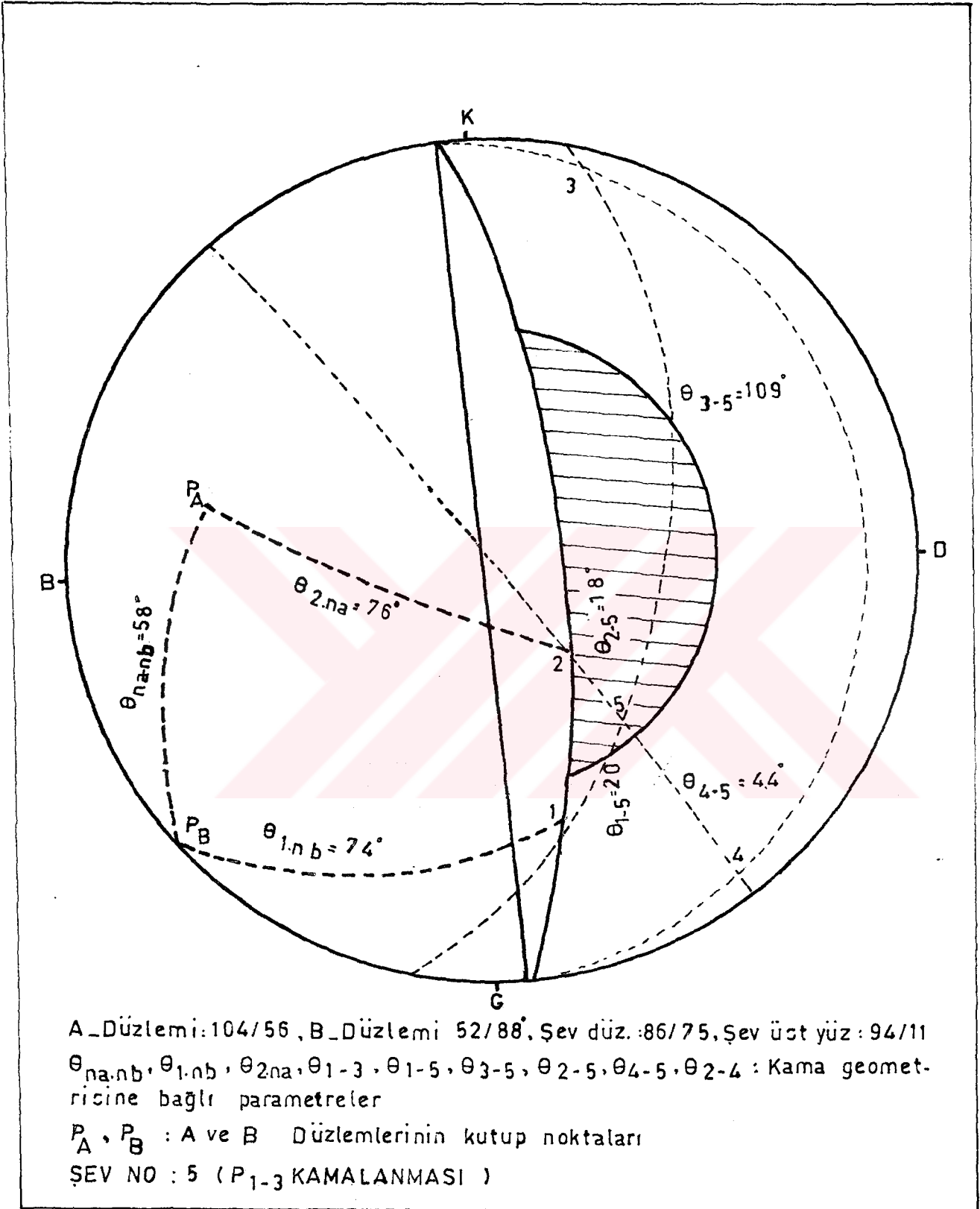
$$G_{s1-2} = \frac{0.78}{0.36} \cdot \frac{0.53}{1.38} = 2.16 \times 0.38 = 0.82$$

$$G_{s1-3} = \frac{0.84}{0.7} \cdot \frac{0.53}{1.48} = 1.2 \times 0.35 = 0.42$$

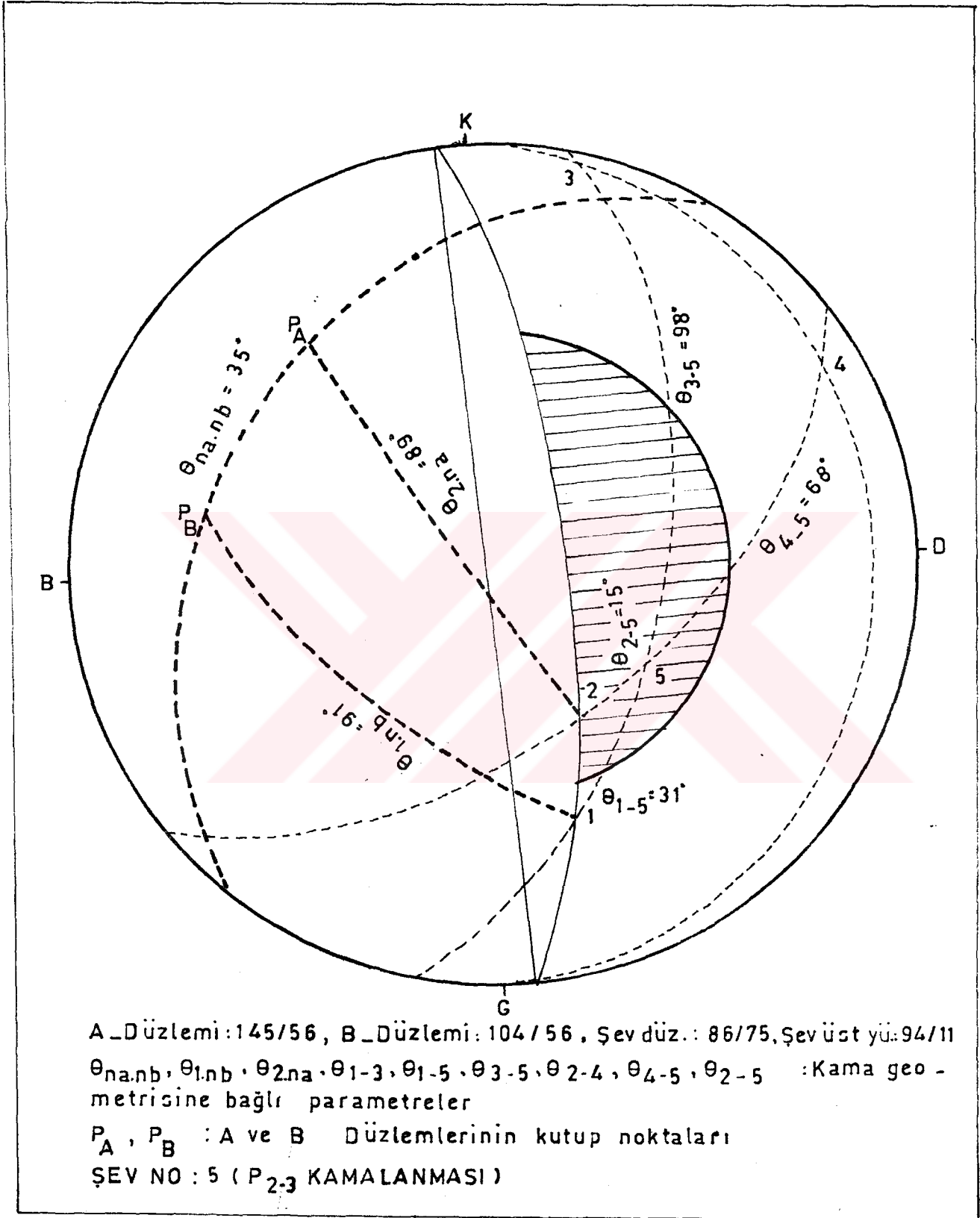
$$G_{s2-3} = \frac{0.48}{0.44} \cdot \frac{0.53}{1.19} = 1.1 \times 0.45 = 0.50$$



Şekil-41.49-310-190 metreler arasında yer alan yol şevine ait (Dasitik tüf)  $R_{(1,2)}$  kamalanmasında, kama geometrisine bağlı yapısal elemanların eş alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.



ŞEKİL 42.49.310-190 metreleri arasında kalan yol sevi-  
 ne ait  $P_{1-3}$  kamalanmasında, kama geometri-  
 sine bağlı yapısal elamanların eş alanlı pro-  
 jeksiyon yardımı ile belirlenmesi



Şekil.43. 49.310-190 metreler arasında kalan yol şevine ait  $R_{2-3}$  kamalanmasında, kama geometrisine bağlı yapısal elemanların eş alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.



Sadece Sürtünmeyi İçeren Kama Tipi Stabilite Diyagram-  
larından Yararlanılarak Yapılan Analiz:

$$G_s = A \tan \phi + B \tan \phi$$

$$\text{Yatım farkı: } 32^\circ \quad A = 0.65 \quad B = 0.1$$

$$G_{S1-3} = 0.65 \times 0.53 + 0.1 \times 0.53 = 0.35 + 0.05 = 0.4$$

$$\text{Yatım farkı: } 0^\circ \quad A = B = 0.58$$

$$G_{S1-2} = (0.58 \times 0.53) \times 2 = 0.61$$

$$\text{Yatım farkı: } 30^\circ \quad A = 0.8 \quad B = 0.35$$

$$G_{S2-3} = 0.8 \times 0.53 + 0.35 \times 0.53 = 0.42 + 0.21 = 0.63$$

P<sub>1-2</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:

Şev yeri: 49-31-190 metreler arası (Şev:5)

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik sayı-

ları:  $G_{SA} : 0.82$  ,  $G_{SG} : 0.61$

$$P_A : 145/56 \quad , \quad P_B : 52/88$$

Şev düzlemi: 86/75 , Şev üst yüzeyi: 94/11 (Şekil.41 )

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile bulunan açısal parametreler:

$$\theta_{na.nb} : 96 \quad , \quad \theta_{2.na} : 78 \quad , \quad \theta_{1.nb} : 81$$

$$\theta_{35} : 74 \quad , \quad \theta_{13} : 84 \quad , \quad \theta_{15} : 10$$

$$\theta_{42} : 61 \quad , \quad \theta_{52} : 12 \quad , \quad \theta_{45} : 49 \quad , \quad \psi_5 = 54^\circ$$

$$H=16 \text{ m.} \quad , \quad \gamma=2.69 \text{ ton/m}^3 \quad , \quad C=2.5 \text{ ton/m}^2 \quad , \quad \phi = 28^\circ$$

$$X = \frac{\sin \theta_{42}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.89}{0.75 \times 0.2} = 5.7$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.99}{0.96 \times 0.156} = 6.6$$

$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.56 - 0.03 \times (-0.1)}{0.8 \times 0.98} = 0.7$$

P<sub>1-3</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda;

Şev yeri : 49+310-190 metreler arası (Şev:5)

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik sayı-

ları : G<sub>SA</sub> : 0.42 , G<sub>SG</sub> : 0.4

P<sub>A</sub> : 104/56 , P<sub>B</sub> : 52/88

Şev düzlemi: 86/75 , Şev üst yüzeyi: 94/11 (Şekil.42)

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile bulunan açısal parametreler,

$\theta_{na.nb} : 58$  ,  $\theta_{2.na} : 76$  ,  $\theta_{1.nb} : 74$

$\theta_{13} : 129$  ,  $\theta_{35} : 109$  ,  $\theta_{15} : 20$

$\theta_{45} : 44$  ,  $\theta_{25} : 18$  ,  $\theta_{24} : 62$  ,  $\psi_5 = 56^\circ$

H=16 m. , C=2.5 ton/m<sup>2</sup> ,  $\gamma=2.69$  ton/m<sup>3</sup>

$$X = \frac{\sin\theta_{42}}{\sin\theta_{45} \cos\theta_{2.na}} = \frac{0.88}{0.69 \times 0.24} = 5.25$$

$$Y = \frac{\sin\theta_{31}}{\sin\theta_{35} \cos\theta_{1.nb}} = \frac{0.77}{0.94 \times 0.27} = 2.96$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.56 - 0.034 \times 0.53}{0.83 \times 0.72} = 0.91$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.034 - 0.56 \times 0.53}{0.59} = -0.44$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan\phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.69 \times 16} \cdot 2.5 (5.27 + 2.96) + (0.91 - \frac{5.27}{5.38}) \cdot 0.53 + (-0.44 - \frac{2.96}{5.38}) \cdot 0.53$$

$$F = \frac{61.72}{43.04} - 0.03 - 0.52 = 0.88$$

$$C = 3 \text{ ton/m}^2 \text{ için } F = 1.17 \text{ olur.}$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.03 - 0.56 \times (-0.1)}{0.79} = 0.1$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan\phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.69 \cdot 16} \cdot 2.5 (5.7 + 6.6) + (0.7 - \frac{5.7}{5.38}) \cdot 0.53 + (0.1 - \frac{6.6}{5.38}) \cdot 0.53$$

$$F = \frac{92.25}{43.04} - 0.19 - 0.59 = 1.36$$

$$\gamma_w = 1.005 \quad \text{için} \quad F = 1.35$$

P<sub>2-3</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:

Şev yeri : 49+310-190 metreler arası (Şev:5)

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik sayıları:  $G_{SA} : 0.50$  ,  $G_{SG} : 0.63$

$P_A : 145/56$  ,  $P_B : 104/56$

Şev düzlemi : 86/75 , Şev üst yüzeyi: 94/11 (Şekil.43)

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile bulunan açısal parametreler:

$\theta_{na.nb} : 35$  ,  $\theta_{2.na} : 89$  ,  $\theta_{1.nb} : 91$

$\theta_{35} : 98$  ,  $\theta_{15} : 31$  ,  $\theta_{13} : 129$

$\theta_{42} : 83$  ,  $\theta_{45} : 68$  ,  $\theta_{25} : 15$  ,  $\psi_5 = 50^\circ$

$H = 16 \text{ m.}$  ,  $C = 2.5 \text{ ton/m}^2$  ,  $\gamma = 2.69 \text{ ton/m}^3$

$$X = \frac{\sin\theta_{42}}{\sin\theta_{45} \cos\theta_{2.na}} = \frac{0.99}{0.92 \cdot 0.017} = 61.87$$

$$Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35} \cos\theta_{1.nb}} = \frac{0.77}{0.99 \cdot (-0.017)} = -48.12$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.56 - 0.56 \times 0.82}{0.76 \times 0.328} = \frac{0.1}{0.25} = 0.4$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.56 - 0.56 \times 0.82}{0.25} = 0.4$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan\phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.69 \cdot 16} | 2.5 (61.87 - 48.12) | + (0.4 - \frac{61.87}{5.38}) 0.53 + (0.4 - \frac{49.12}{5.38}) 0.53$$

$$F = \frac{103.12}{43.04} - 5.98 + 4.95 = 1.46$$

#### SEV 5 : YORUM

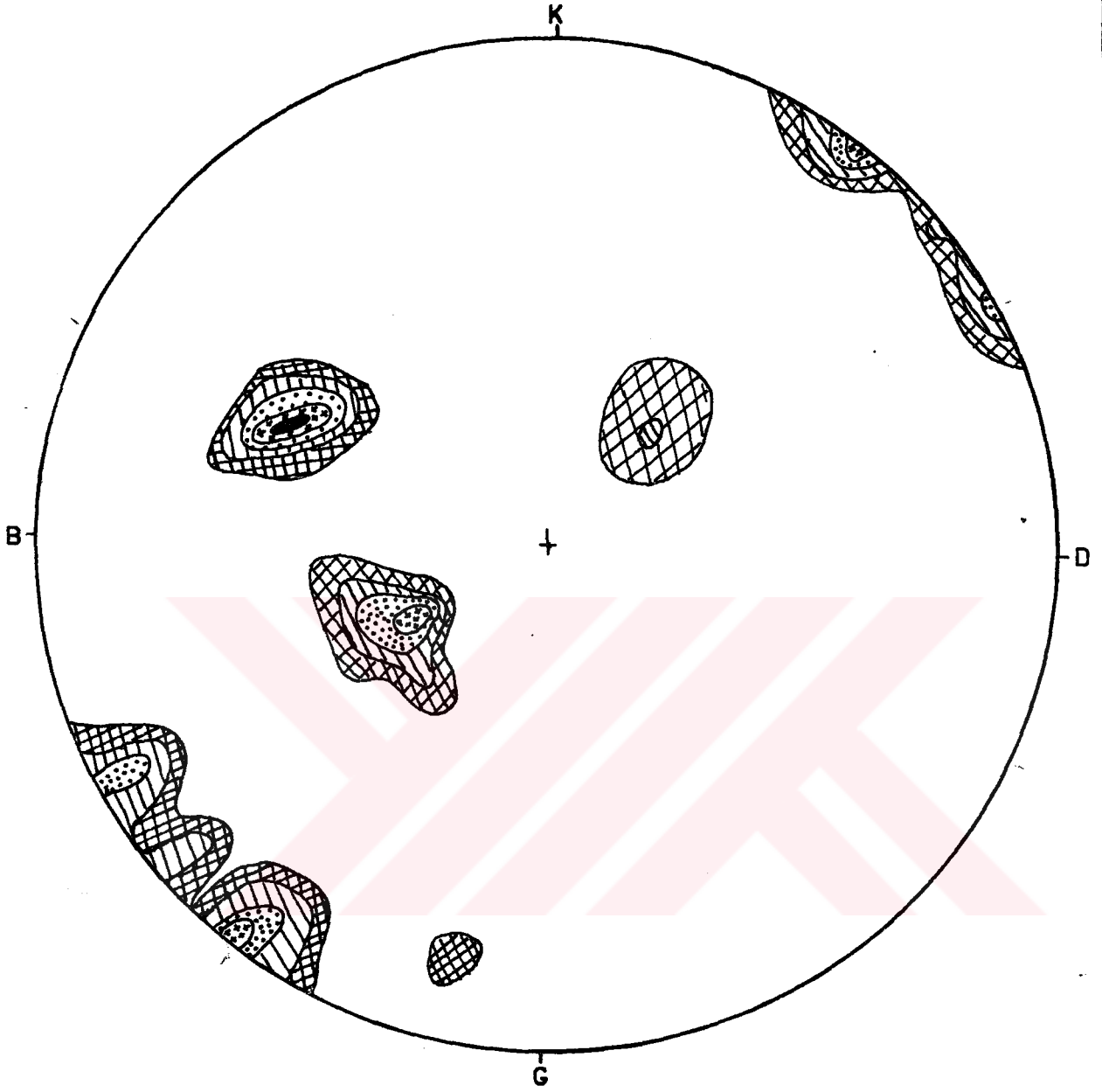
Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde,  $P_{1-3}$ ,  $P_{1-2}$ ,  $P_{2-3}$  kutup noktalarının analiz neticeleri olarak güvenlik sayıları 1'den küçük çıkmıştır. Bu kutup noktalarına ait kaya kamalanmalarında kohezyon ve su basıncının etkileri birlikte düşünüldüğünde elde edilen güvenlik sayıları aşağıdadır.

$$F_{1-2} : 1,36 , F_{2-3} : 1.46 \text{ ve } F_{1-3} : 0.88$$

görüldüğü gibi sadece  $P_1$  ve  $P_3$  süreksizlik düzlemlerinin oluşturduğu kaya kamalanması duraylılığı olumsuz yönde etkilemiştir.

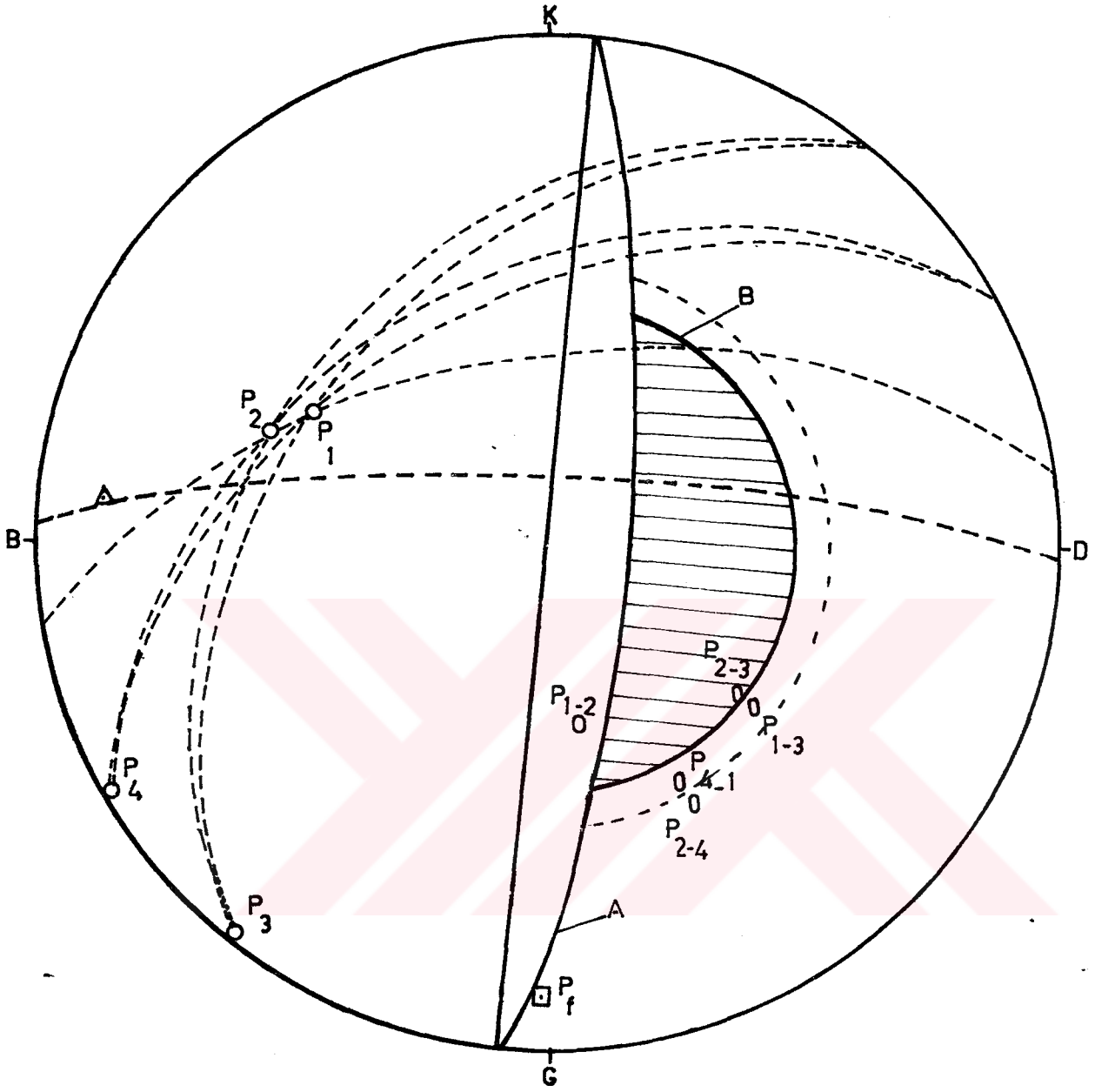
$P_{1-2}$ ,  $P_{2-3}$  kutuplaşmalarında güvenlik sayıları 1 'den büyük değerler almıştır. Ayrıca  $P_2$  kutbuna bağlı süreksizliklerde düzlemsel kayma hareketi limit değerdedir.

Steografik izdüşüm yöntemi ile elde edilen verilerin ışığında şevin  $6^\circ$  yatırılması yukarıda bahsedilen tüm kitle hareketlerinin önüne geçilmesine yetecektir.



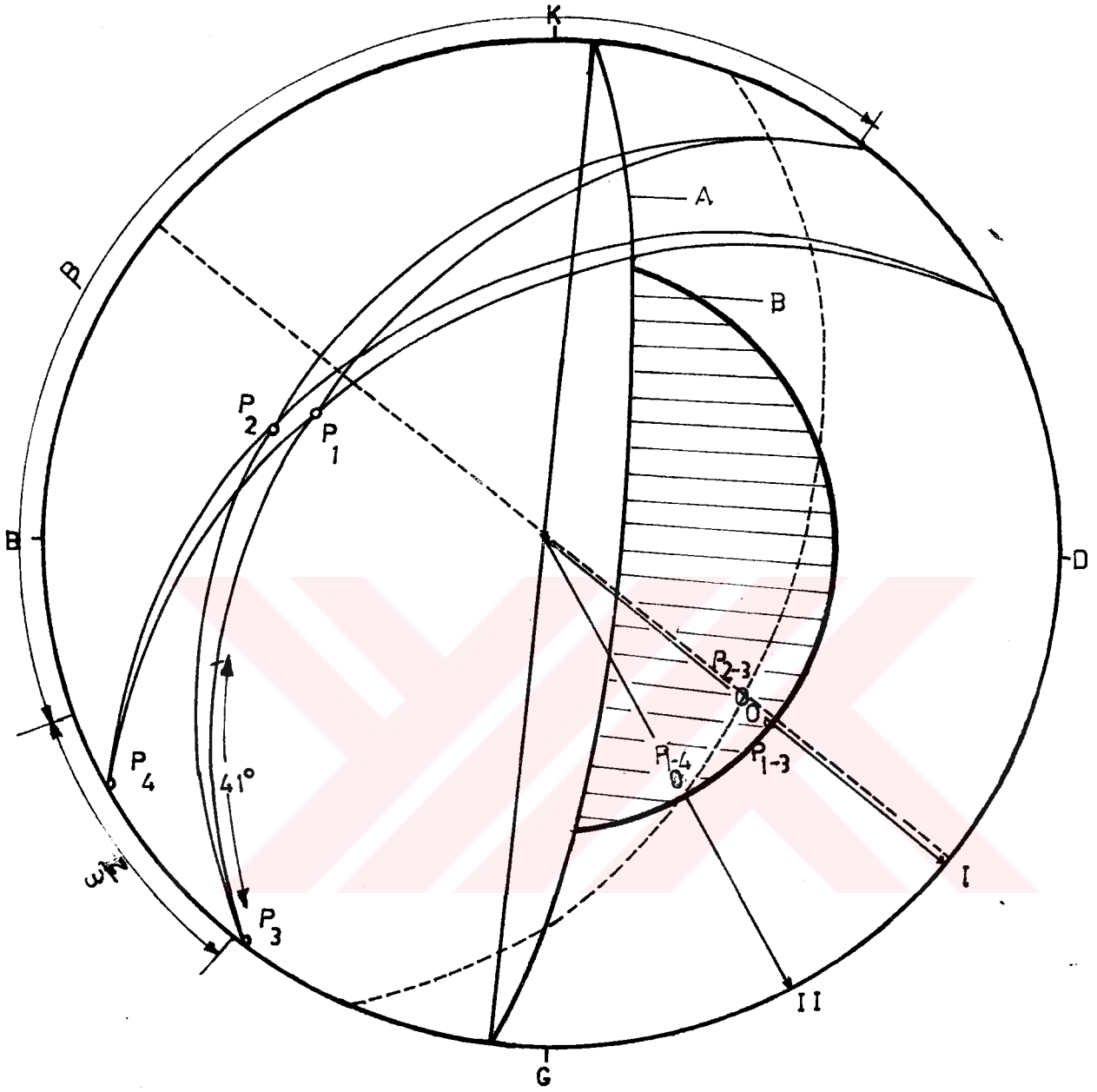
%	> 8	8-6	6-4	4-2	2-1
İŞARETLER		■	●	▨	▩

Sekil.44.49+190\_49+130 metreler arasındaki yol seviyesine ait eş alanlı projeksiyon ağı yardımı ile elde edilen 45 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı.



- $P_f$ : Fay düzleminin kutbu.  
B: Duraylılık açısından tehlikeli bölge  
A: Şev düzlemi (95/78)  
O: Çatlaklara ait kutup noktaları  
O: Çatlakların arakesit doğrularına ait kutup noktaları  
Δ: Şev düzleminin kutbu

Sekil.4549+190\_49+130 metreleri arasında kalan yol sevi-  
ne ait eş alanlı projeksiyon yardımı ile yapılan  
duraylılık analizi



- o : Çatlaklara ait kutup noktaları  
 O : Çatlaklara ait arakesit doğrularının kutbu.  
 ε : Kama açısı.  
 β : Arakesit doğrusu ile yatay düzlem arasındaki açı.

Şekil 46.49-190\_49-130 metreleri arasındaki yol şevinin du-  
 raylılık analizi sonucu olası kayma yönte-  
 ri (I, II)

## ŞEV-6

Zigana tüneli-Gürgenağaç yolunun 49+190-49+130 metreleri arasında yer alır. Bu şev Dikkaya dasitinde açılmıştır. Şevde toplam 45 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil.44). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil.45). Kayma olasılığı olan süreksizlikler ve bunların oluşturduğu kaya kamaları tekrar ele alınarak olası kayma yönleri (Şekil.46) belirlenmiş ve şeve ait karakteristikler bulunmuştur. ( $\beta, \epsilon$ )

Bulunan karakteristikler yardımı ile analitik ve grafik yöntemler uygulanmış ve güvenlik sayıları bulunmuştur (sayfa119).

Kamalanmanın Sadece Sürtünmeyi İçerecek Şekilde Analitik ve Grafikselle İrdelenmesi:

$$\text{Düzlemler : } A = 118/44 \rightarrow P_1 \quad B = 37/90 \rightarrow P_3$$

$$\beta = 136 \quad \epsilon/2 = 41 \quad \phi = 35^\circ - 28^\circ$$

$$G_{s1-3} = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_i} = \frac{0.69}{0.65} \cdot \frac{0.7}{1} = 0.745 \quad \phi = 35^\circ \text{ için}$$

Kayma sadece sürtünme ile engelleniyorsa:

$$G_{s1-3} = \frac{0.69}{0.65} \cdot \frac{0.53}{1} = 0.57 \rightarrow \phi = 28^\circ \text{ için}$$

Grafikselle Analiz:

$$G_{s1-3} = A \tan \phi + B \tan \phi$$

Yatım farkı:  $46^\circ$

$$A=1.2 \quad B=0$$

Yatım yönü farkı:  $81^\circ$

$$\phi = 35^\circ$$

$$\phi = 35^\circ \text{ için } G_{s1-3} = 1.2 \times 0.7 = 0.84$$

$$\phi = 28^\circ \text{ için } G_{s1-3} = 1.2 \times 0.53 = 0.63$$



Düzlemler: A=111/50 → P<sub>2</sub>      B=37/90 → P<sub>3</sub>

$$\beta = 140^\circ \quad \varepsilon/2 = 32^\circ \quad \phi = 28^\circ - 35^\circ \quad \psi_{2-3} = 49^\circ$$

$$G_{S_{2-3}} = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_{2-3}} = \frac{0.64}{0.52} \cdot \frac{0.53}{1.15} = 0.59 \quad \phi = 28^\circ \text{ için}$$

$$G_{S_{2-3}} = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_{2-3}} = \frac{0.64}{0.52} \cdot \frac{0.7}{1.15} = 0.75 \quad \phi = 35^\circ \text{ için}$$

Grafiksel Analiz:

$$G_{S_{2-3}} = A \tan \phi + B \tan \phi$$

$$\text{Yatım farkı} = 40^\circ$$

$$\text{Yatım yönü farkı: } 74^\circ$$

$$G_{S_{2-3}} = 0.9 \times 0.53 + 0.25 \times 0.53 \quad \phi_1 = 28^\circ \text{ için}$$

$$= 0.5$$

$$G_{S_{2-3}} = 0.9 \times 0.7 + 0.25 \times 0.7 \quad \phi_2 = 35^\circ \text{ için}$$

$$= 0.80$$

P<sub>1-3</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:

Şev yeri: 49+190-130 metreler arası (Şev:6)

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik sayıları:

$$G_{S_A} : 0.57 \quad ; \quad G_{S_G} : 0.63$$

$$P_A : 118/44 \quad , \quad P_B : 37/90$$

Şev düzlemi: 95/78 , Şev üst yüzeyi: 94/11 (Şekil.47)

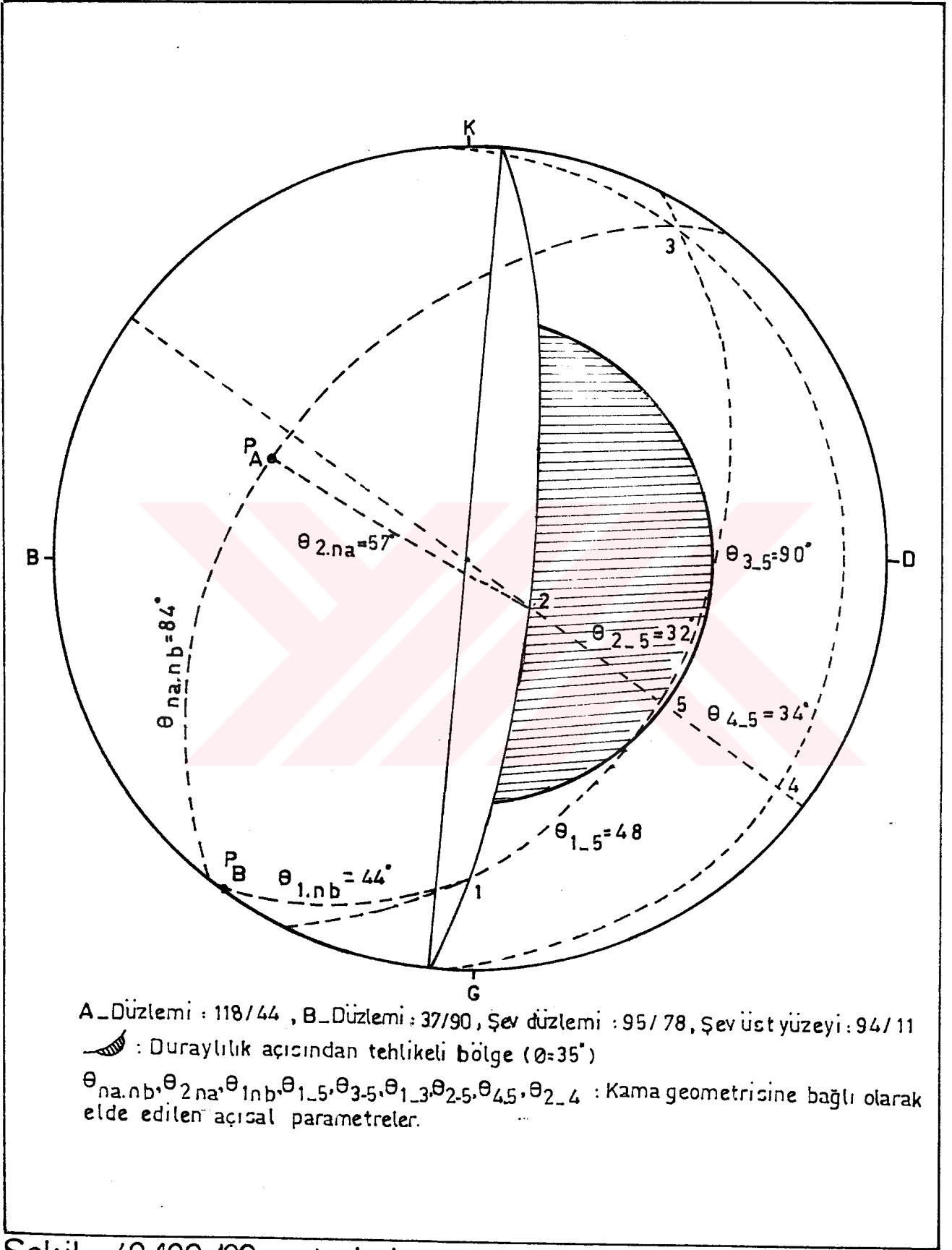
Eş alanlı projeksiyon yardımı ile bulunan açısal parametreler:

$$\theta_{na.nb} : 84 \quad , \quad \theta_{2.na} : 57 \quad , \quad \theta_{1.nb} : 44$$

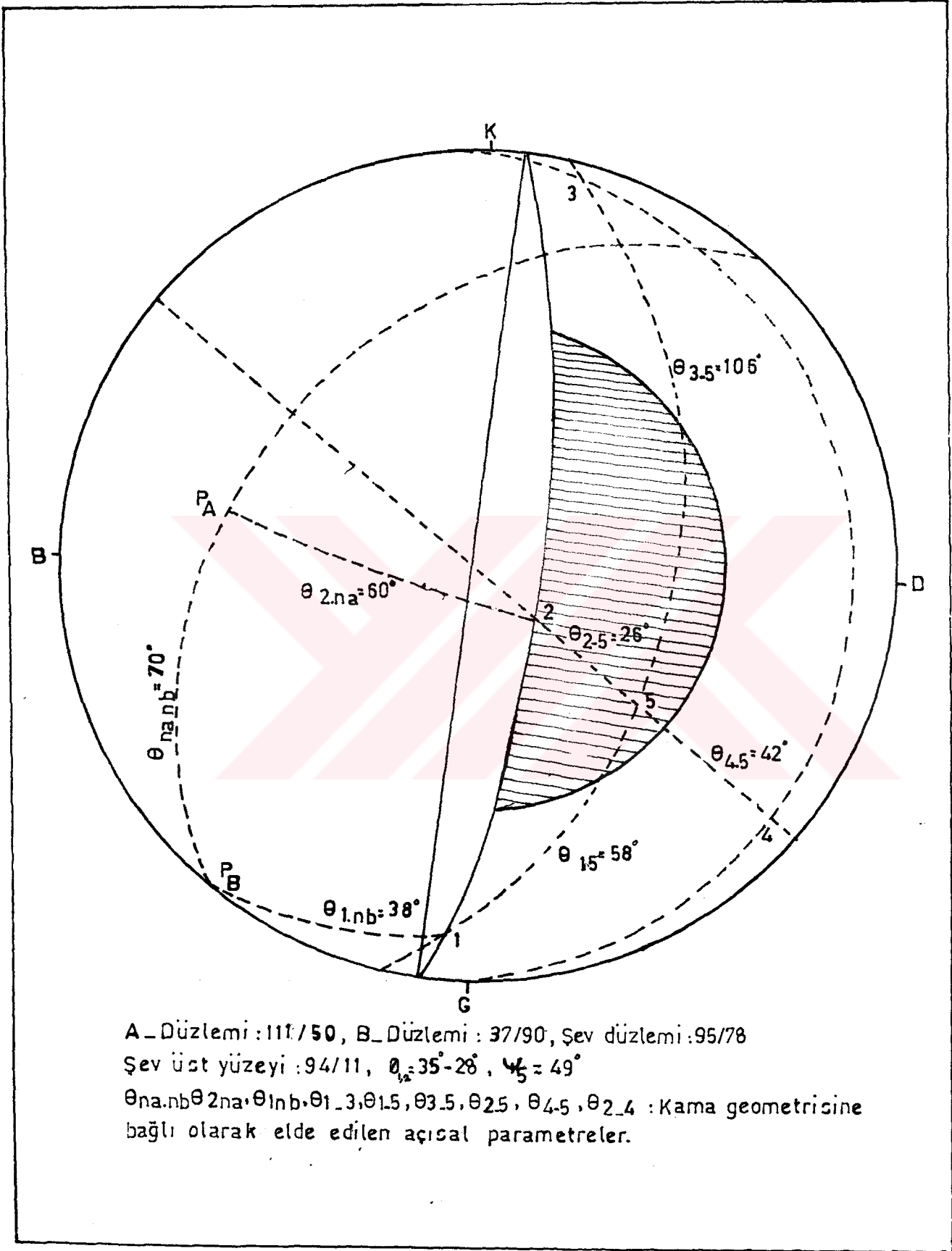
$$\theta_{13} : 137 \quad , \quad \theta_{35} : 90 \quad , \quad \theta_{15} : 48$$

$$\theta_{45} : 34 \quad , \quad \theta_{25} : 32 \quad , \quad \theta_{24} : 66 \quad , \quad \psi_5 = 44^\circ$$

$$H = 18 \text{ m.} \quad , \quad C = 2.5 \text{ ton/m}^2 \quad , \quad \gamma = 2.63 \text{ ton/m}^3 \quad , \quad \phi = 35^\circ$$



Şekil.47.49+180\_130 metreleri arasında kalan yol seviine ait  $R_{1-3}$  kamalanmasında, kama geometrisinden yararlanılarak elde edilen açısal parametreler.



Şekil 48.49-180\_130 metreler arasında kalan yol şevine ait  $P_{2,3}$  kamalanmasında, kama geometrisinden yararlanılarak elde edilen açısal parametreler.

$$X = \frac{\sin \theta_{24}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.91}{0.56 \times 0.54} = 3.03$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{31}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.68}{1 \times 0.72} = 0.94$$

$$A = \frac{\cos a - \cos b \cos \theta_{na.nb}}{\sin 5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.72 - 0}{0.69 \times 0.99} = \frac{0.72}{0.68} = 1.05$$

$$B = \frac{\cos b - \cos a \cos \theta_{na.nb}}{\sin 5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0 - 0.72 \times 0.1}{0.68} = \frac{-0.072}{0.68} = -0.1$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan \phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.69 \cdot 18} \cdot 2.5 (3.03 + 0.94) + (1.05 - \frac{3.03}{5.38}) \cdot 0.7 + (-0.1 - \frac{0.94}{5.38}) \cdot 0.7$$

$$F = \frac{29.77}{48.42} + 0.34 + (-0.19) = 0.76 \rightarrow \phi = 35^\circ$$

$$\phi = 28^\circ \rightarrow F = 0.72$$

$$C = 4 \text{ ton/m}^2, \quad \phi = 28^\circ \text{ için } \rightarrow F = 1.13$$

P<sub>2-3</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:

Şev yeri: 49+190-130 metreler arası (Şev:6)

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik sayıları:

$$G_{SA} : 0.99, \quad G_{SG} : 0.5$$

$$P_A : 111/50, \quad P_B : 37/90$$

Şev düzlemi: 95/78, şev yüzeyi : 94/11 (Şekil.48)

Eş anlamlı projeksiyon yardımı ile bulunan açısal parametreler;

$$\theta_{na.nb} : 70, \quad \theta_{2.na} : 66, \quad \theta_{1.nb} : 39$$

$$\theta_{13} : 164, \quad \theta_{35} : 106, \quad \theta_{15} : 58$$

$$\theta_{45} : 42, \quad \theta_{25} : 26, \quad \theta_{42} : 58, \quad \psi_5 = 49^\circ$$

$$H=18 \text{ m}, C=2.5 \text{ ton/m}^2, \gamma=2.69 \text{ ton/m}^3, \phi = 28^\circ$$

$$X = \frac{\sin\theta_{42}}{\sin\theta_{45} \cos\theta_{2.na}} = \frac{0.92}{0.67 \times 0.4} = \frac{0.92}{0.27} = 3.4$$

$$Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35} \cos\theta_{1.nb}} = \frac{0.27}{0.96 \times 0.78} = \frac{0.27}{0.74} = 0.36$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.64 - 0 \cdot 0.64}{0.74 \times 0.88} = \frac{0.64}{0.66} = 0.97$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0 - 0.64 \times 0.34}{0.66} = \frac{-0.21}{0.66} = -0.33$$

$$F = \frac{3}{\psi_H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan\phi_B$$

$$F = \frac{3 \times 2.5}{2.69 \times 18} (3.4 + 0.36) + (0.97 - \frac{3.4}{5.38}) 0.53 + (-0.33 - \frac{0.36}{5.38}) 0.53$$

$$F = 0.58 + 0.18 - 0.21 = 0.55$$

$$C = 5 \text{ için; } F = 1.16 + 0.18 - 0.21 = \underline{1.13}$$

#### YORUM:

Yukarıda yapılmış olan grafiksel ve analitik incelemelerde  $P_{1-3}$ ,  $P_{2-3}$ ,  $P_{4-1}$  eklem takımlarına bağlı olan süreksizlikler şev duraylılığı açısından tehlike teşkil etmektedir. Kaya kamalanmaları gibi kaya şevlerinde sık rastlanan kitle hareketlerinin bu şevde olabileceği sonucuna varılmıştır. Analitik ve grafiksel analizlerin neticesinde olası kayma yönünün,  $P_3$  kutup noktasına bağlı süreksizliklerin büyük dairesi boyunca olacağı yönündedir. Çünkü,  $P_{2-3}$  ve  $P_{1-3}$  arakesit doğrusu kutup noktaları,  $P_3$  kutbunun büyük dairesi üzerindedir. Kayma yönü ise; S57E yönündedir. İkinci olası kayma yönü ise;  $P_{1-4}$  arakesit doğrusu kutbuna bağlı olarak gelişecek ve kaymanın yönü ise S34E olacaktır.

Süreksizliklerdeki dolgu maddesinin (kil, silt) kohezyonu ve çatlak suyu basıncı birlikte göz önünde bulundurulduğunda;

$$C = 2.5 \text{ ton/m}^2 \text{ için } F_{2-3} = 0.55 < 1$$

$$C = 5 \text{ ton/m}^2 \text{ için } F_{2-3} = 1.13 > 1$$

$$C = 2.5 \text{ ton/m}^2 \text{ için } F_{1-3} = 0.72 < 1$$

$$C = 4 \text{ ton/m}^2 \text{ için } F_{1-3} = 1.13 > 1$$

değerleri saptanmıştır.

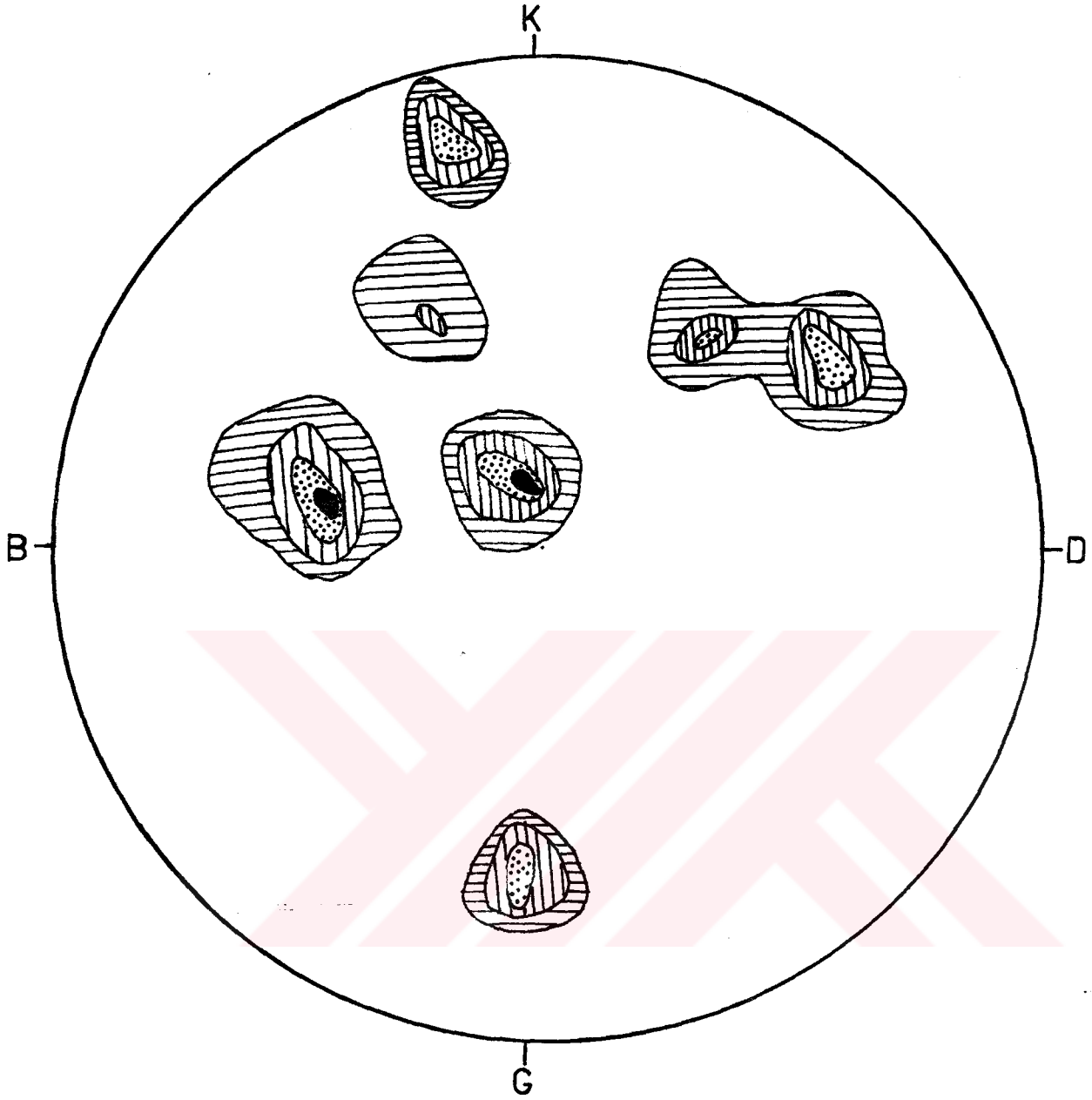
Görüldüğü gibi her iki yöntemde bulunan güvenlik sayıları 1'den küçük bulunmuştur. Kil dolgulu süreksizlikleri içeren kaya kamalanmalarında; kohezyon değeri normalden daha yüksek tutulması halinde dahi elde edilen güvenlik sayıları 1'e yakın değerlerde kalmıştır. Tüm bu verilerin ışığında, şevin duraylı olmadığı ortaya çıkar.

$P_{2-3}$  kutbunu oluşturan süreksizliklerin, şev duraylılığına olan olumsuz etkilerini kaldırabilmek için şevin  $6^\circ$  yatırılması yeterlidir.  $P_{1-3}$  kutbunu oluşturan süreksizliklerin şev duraylılığına olan olumsuz etkilerini yok edebilmek için şevin  $3^\circ$  yatırılması yeterlidir.

#### ŞEV-7

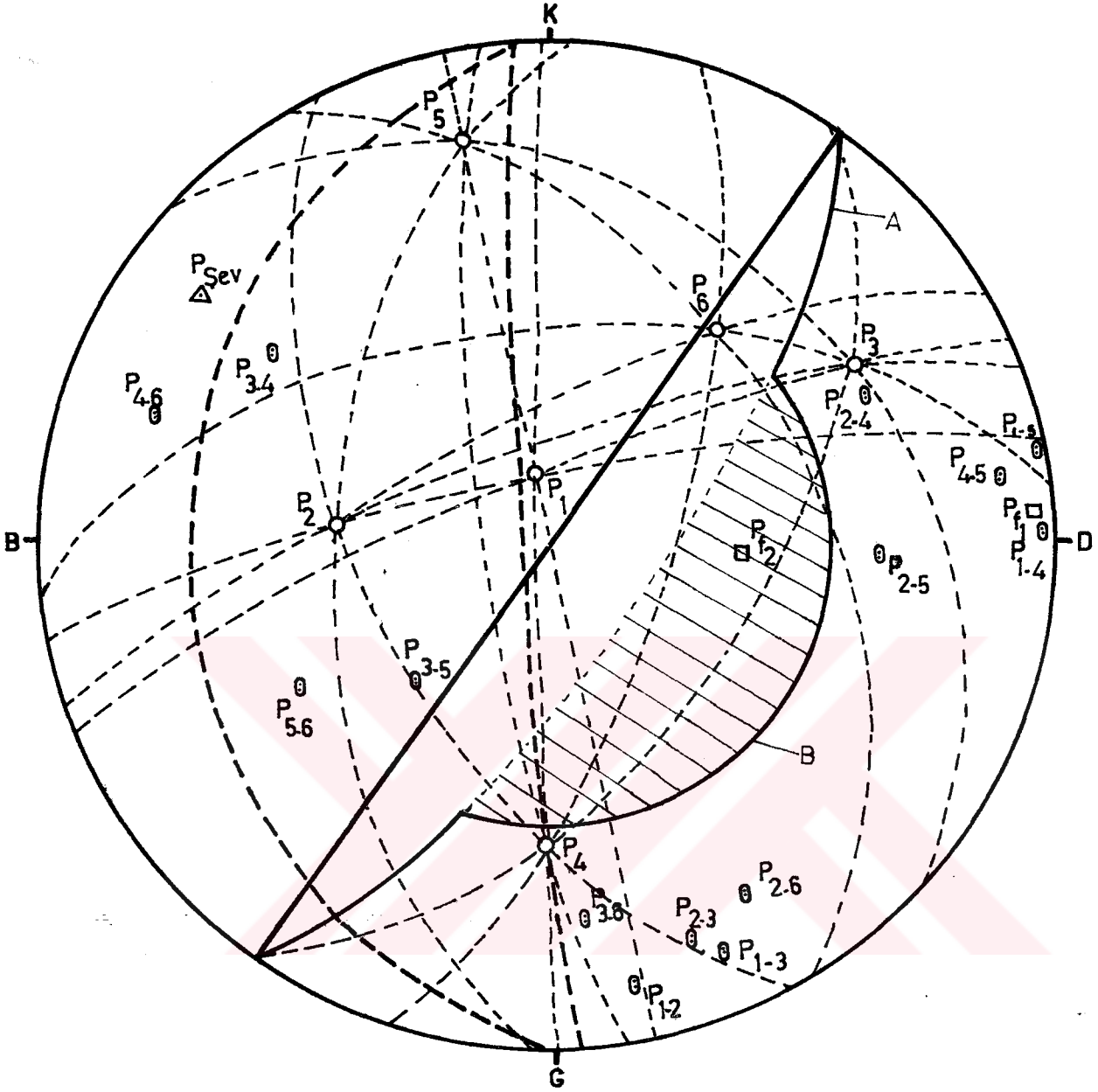
Zigana tüneli-Gürgenağaç yolunun 46+110-45+980 metreleri arasında yer alır. Bu şev Hamsiköy formasyonu Kıranoba üyesinde andezitik-bazaltik karakterde tüflerde açılmıştır. Şevde toplam 45 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon açısı kullanılarak hakim çatlak takımları ve hunların kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil.49-50).

Duraylılık açısından tehlikeli bölge içine arakesit doğrularına ait kutup noktalarından hiç düşmemiştir. Yapılan analizin neticesinde şevin duraylı olduğu görülmüştür.



%	>7	7-5	5-3	3-1	<1
İŞARETLER					

Sekil 49:46.110\_45-980 metreler arasındaki yol şevine ait, eş alanlı projeksiyon ağı yardımı ile elde edilen 45 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı.



- B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge  
 A : Şev düzlemi  
 O : Çatlak takımlarına ait kutup noktaları  
 ⊙ : Çatlak takımı arakesit doğrularına ait kutup noktaları  
 P<sub>f</sub> : Fay düzlemi kutup noktaları.  
 △ : Şev düzlemi kutup noktası.

Şekil.50.46•110\_45•980 metreleri arasında kalan yol şevine ait, eş alanlı projeksiyon yardımı ile elde edilen (kontur diyagramından yararlanılmıştır.) duraylılık analizi.



## YORUM

46+110-45+980 metreleri arasındaki yol şevinin duraylılık analizi sonuçları:

Eş alanlı projeksiyon ağı üzerindeki çözümün neticesi olarak, yol şevinin çenelde duraylı olduğu ve herhangi bir kitle hareketi olma olasılığının bulunmadığı görülmektedir. Çatlak takımları arakesit doğrularına ait kutup noktalarının hiç birinin duraylılık açısından tehlikeli bölge içerisine düşmediği, bu cümleden olmak üzere herhangi bir kama tipi kayma hareketinin olma olasılığının bulunmadığı saptanmıştır. (Andezitik tüflerde içsel sürtünme açısı  $\phi_{ultimate} = 28^\circ$  olarak alınmıştır.). Duraylık açısından tehlikeli alana yakın bulunan  $P_2$  ve  $P_5$  çatlak takımlarına ait  $P_{2-5}$  arakesit doğrusu kutbu için yapılan güvenlik sayısı analizi (analitik çözüm) neticesi ( $G_S = 1.24$ ) bulunmuştur.

Şev düzleminin kutbu ile çatlak takımlarına ait kutup noktalarının konumları itibariyle herhangi bir düzlemsel kayma olasılığı görülmemektedir. Çünkü düzlemsel kayma koşullarının hiç birisi bu şevdeki çatlaklarda yoktur.

$P_{f1}$  ve  $P_{f2}$  fayları (lokal, küçük faylar) şev problemi meydana getirecek konumda bulunmamaktadırlar.

Tüm bu veriler ışığında, şevin duraylı olduğunu söyleyebiliriz.

Şev düzlemi konumu: 125/73

Fay<sub>1</sub> : 270/30

Fay<sub>2</sub> : 45/77

$\phi_{And} = 28^\circ$

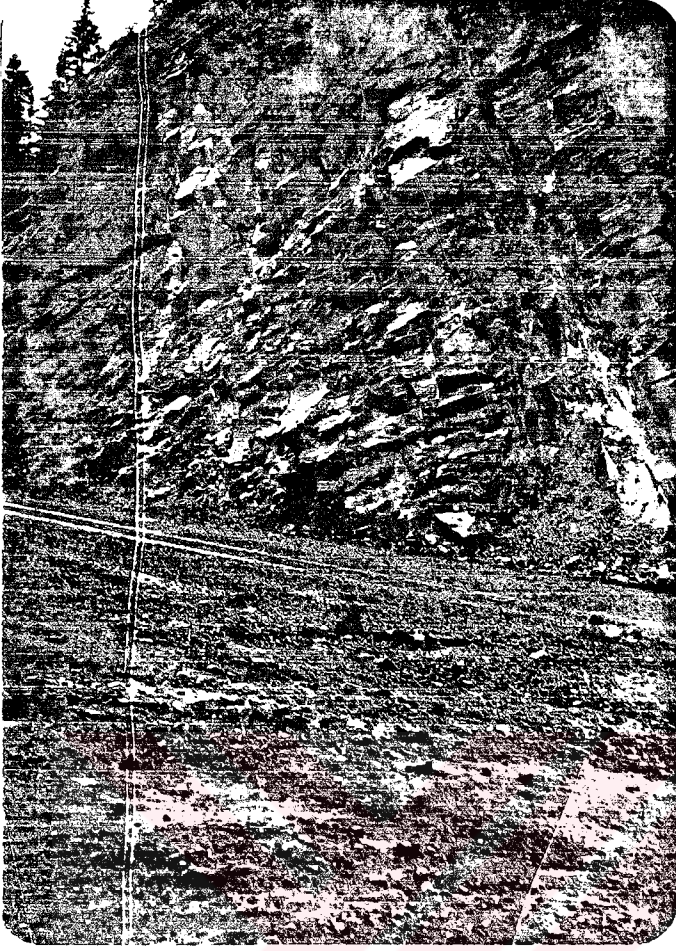
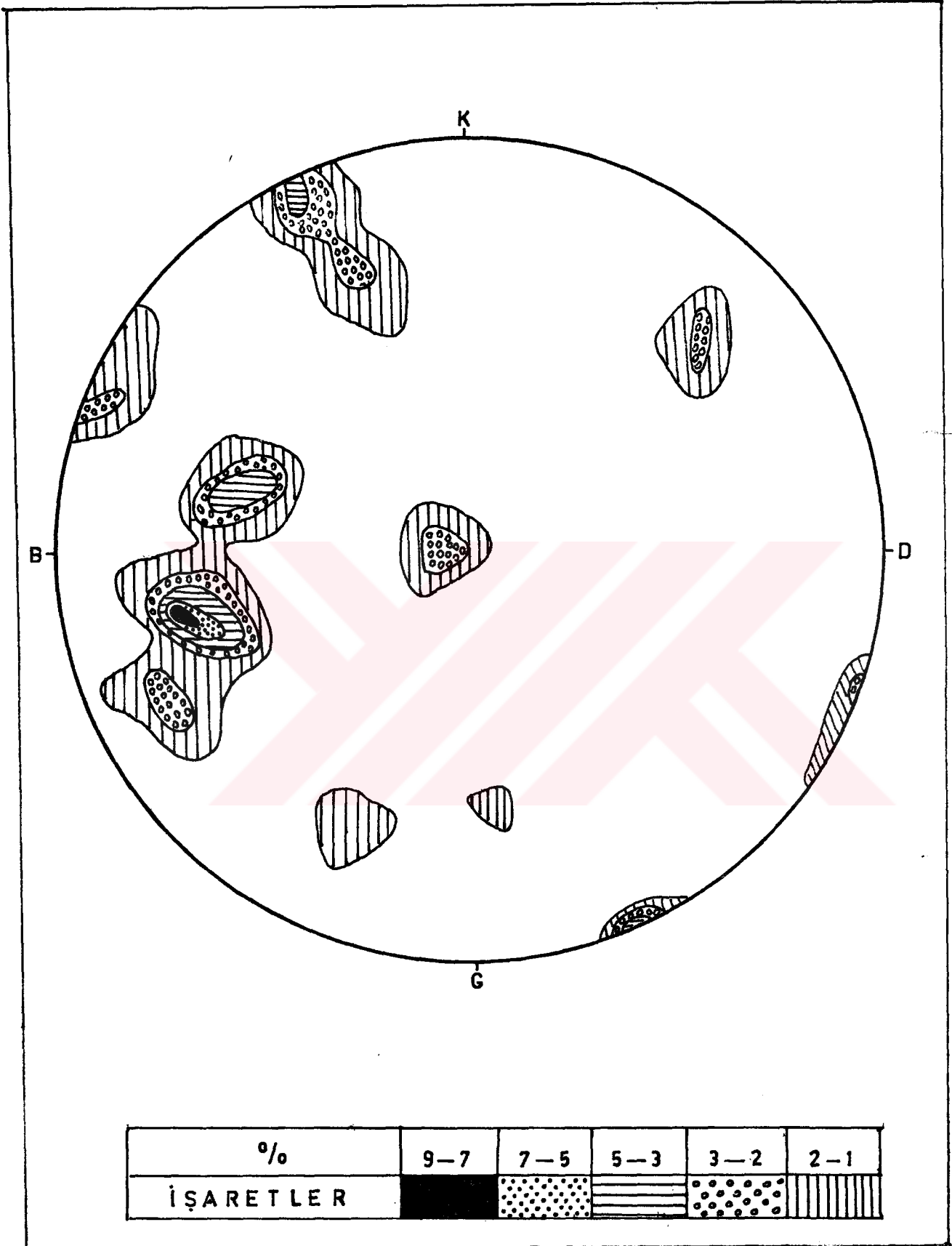


Foto-18  
46+110-45+980 m.leri arasındaki yol  
şevinden görünüş

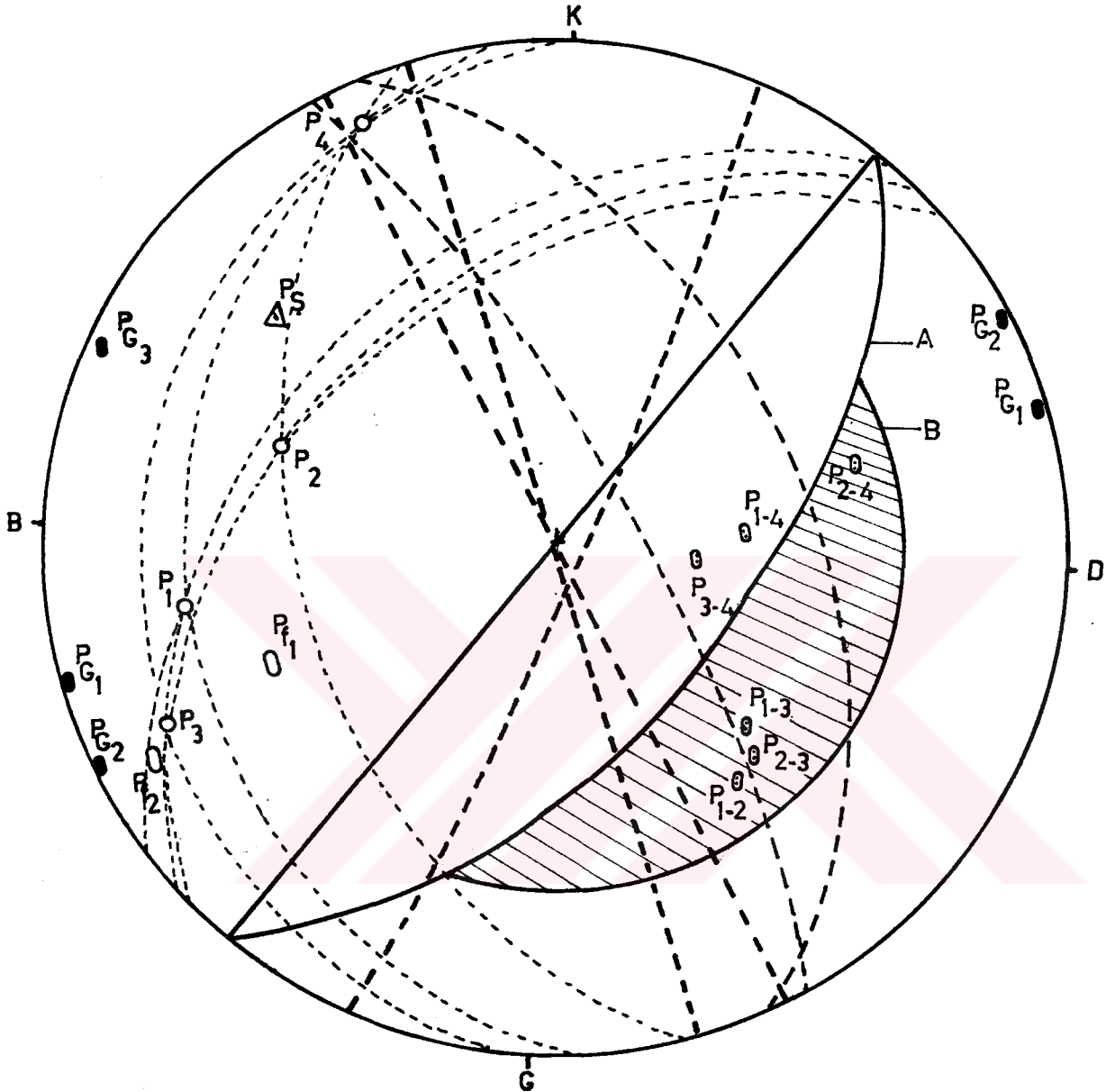
#### ŞEV-8

Zigana tüneli-Gürgenağaç yolunun 45+600-45+450 m.leri arasında yer alan bu şev Hamsiköy formasyonunda açılmıştır. Şevde toplam 37 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil.51). Bu kutuplardan geçen büyük daireler iki şer ikişer göz önüne alınarak, bunların ara kesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil.52).

Kayma olasılığı olan süreksizliklerin ve bunların oluşturduğu kaya kamaları tekrar ele alınarak olası kayma yönü (Şekil.53) belirlenmiş ve şeve ait karakteristikler bulunmuştur ( $\beta, \epsilon, A$  ve  $B$  oranı). Kayma olasılığı bulunan kutuplara analitik ve grafik çözüm yöntemleri uygulanmıştır.

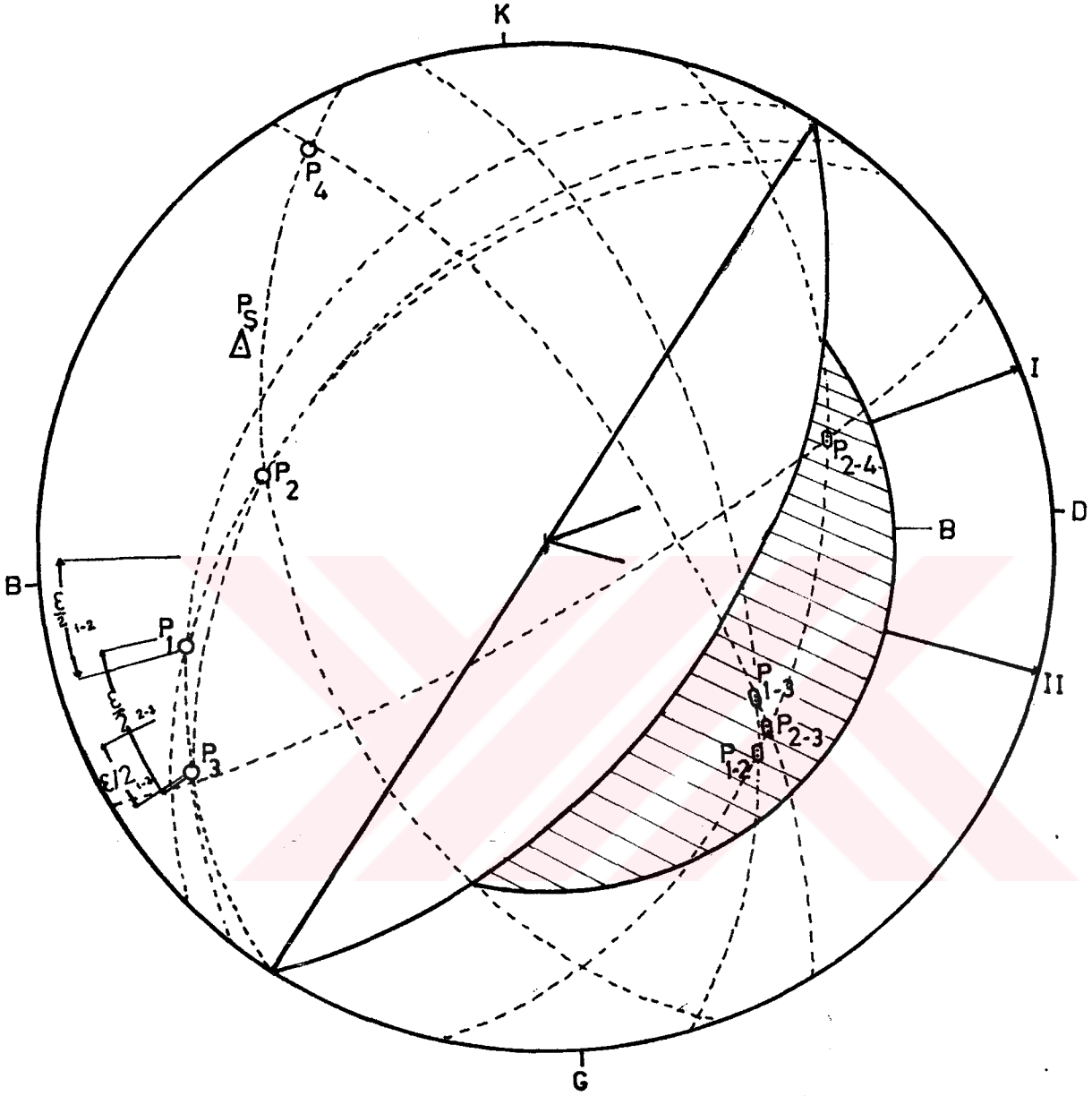


Şekil 51: 45.600\_45.450 metreler arasında kalan yol şevine ait, eşalanlı projeksiyon yardımı ile yapılan 37çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı.



- ▲ : Şev düzleminin kutbu  
 ● : Gerilme çatlığı kutbu  
 ○ : Fay düzlemi kutbu  
 ○ : Çatlak takımlarına ait kutup noktaları  
 ⊙ : Çatlak takımı arakesit doğrularına ait kutup noktaları  
 A : Şev düzlemi ( 127/60 )  
 B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge

Şekil 5245+600\_45+450 metreleri arasında kalan yol şevine ait eşalanlı projeksiyon yardımı ile yapılan duraylılık analizi



I, II : Olası kayma yönleri

$\Delta$  : Şev düzlemi kutbu

$\epsilon$  : Kama açısı

$\theta$  : Çatlak takımı arakesit doğrularına ait kutup noktaları

$\circ$  : Çatlak takımı kutup noktası

B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge

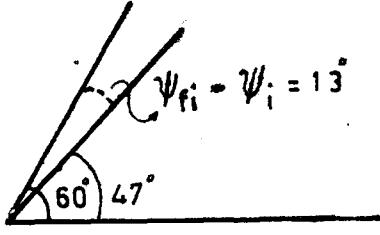
Şekil 5345-600\_450 metreleri arasındaki yol şevinde, kutup noktalarının büyük daireleri (Sürtünmeyi denetleyen kama açılarının karşılaştırması), duraylılık analizi neticesinde elde edilen olası kayma yönleri.

Şekil.52 'da görüldüğü gibi  $P_1, P_2, P_3, P_4$  kutup noktalarının oluşturduğu arakesit doğruları kutuplarının ( $P_{1-3}, P_{2-3}, P_{1-2}, P_{4-2}$ ) duraylık açısından tehlikeli bölge içerisine düşmeleri ilk bakışta kayma olasılığını ortaya koymaktadır. Fakat yapılan analitik ve grafiksel çözümlerler değişik güvenlik sayıları vermiştir.  $P_{1-2}$  'ye bağlı kamalanmalarda  $G_{SA} = 1.98, G_{SG} = 1.7$   $P_{2-3}$  'e bağlı kamalanmalarda;  $G_{SA} = 2.1, G_{SG} = 2.48$ ,  $P_{4-2}$  'ye bağlı kamalanmalarda;  $G_{SA} = 0.79, G_{SG} = 0.74$  değerleri bulunmuştur. Bütün bu arakesit doğrularına ait kutup noktalarının duraylılık açısından tehlikeli bölge içerisinde bulunupta güvenlik sayılarının 1 'den büyük ( $G_s > 1$ ) değerler almasının sebebi; süreksizlik yüzeyleri arasında bulunan kama açısının ( $\epsilon$ ) büyüklüğüne ve dolayısıyla ( $\beta$ ) açısına bağlıdır. ( $\epsilon$ ) açısı büyük değerler aldıkça süreksizlik yüzeyleri arasındaki sürtünme azalmakta, küçük değerlere yaklaştıkça sürtünme artmaktadır. (Şekil 43) 'den de görüldüğü gibi  $\epsilon/2$  nin en büyük değeri  $P_2$  ve  $P_4$  kutuplarına ait süreksizlik düzlemleri arasındadır.  $(\epsilon/2)_{4-2} = 27^\circ$  'dir). Uygulanan analitik ve grafiksel formüllerde kayma yalnız sürtünme ile engellendiğinden ve sürtünmeyi kontrol eden parametrenin de ( $\epsilon$ ) olduğu bilindiğinden elde edilen güvenlik sayısı düşük olmuştur.  $P_{1-2}$  'te  $\epsilon/2 = 9^\circ$  dir. Buna göre güvenlik sayısı  $(G_s)_{ort} = 2.25$  'tir. Halbuki her iki değer de kritik bölge içerisindedir. (Şekil.52) 'de çatlak takımlarına ait kutup noktalarının büyük daireleri çizilmiştir. Amaç; süreksizliklerin oluşturduğu kamalanmalarda, kama açısının mukayesesini sağlamaktadır.

$P_{4-2}$  ye, kohezyon ve su basıncını içeren formül uygulandığında güvenlik sayısı;  $F = 1.08$  bulunmuştur. Bu durumda bu süreksizliklere bağlı olarak bir kayma şimdilik beklenmemektedir. Kayma sadece sürtünme ile engellenseydi ( $C=0$  durumunda)  $G_{SA} = 0.79$  ve  $G_{SG} = 0.74$  olduğundan şevde kama tipi bir kayma hareketi beklenebilirdi. Bu durumda kayma yönü K73D olacaktı (Şeki ). Yine de  $P_{4-2}$  ye bağlı süreksizliklerde kritik bir denge vardır.

Şekil 42 'de görüldüğü üzere 108/47 konumlu  $P_2$  kutup noktasını oluşturan süreksizliklerde düzlemsel kayma oluşabilir. Çünkü, şev düzleminin kutbu ile  $P_2$  kutbu arasındaki açı  $19^\circ$  dir. Düzlemsel kaymanın ikinci koşulu olan  $\psi_{fi} > \psi_i > \emptyset$  sağlanmaktadır. Şev düzleminin eğimi ( $\psi_{fi} = 60^\circ$ ),  $P_2$  kutbunu oluşturan süreksizliklerin

eğim değerinden ( $\psi_i = 47^\circ$ ) büyüktür. İçsel sürtünme açısı değeri ise  $28^\circ$  dir. Kayma yönü G72D yönünde olacaktır.



$$60^\circ - 47^\circ = 13^\circ$$

$$\psi_{fi} - \psi_i = 13^\circ$$

Sevin minimum  $13^\circ$  yatırılması durumunda şev duraylılığı sağlanmaktadır. Çünkü bu durumda  $\psi_{fi} = \psi_i$  olmaktadır (kritik denge).

Sonuç olarak şev duraylılığının sağlanması  $13^\circ$  veya daha yüksek bir açıda yatırılmasını gerektirir.

NOT:  $G_{SA}$  = Analitik çözümden elde edilen güvenlik sayısı  
 $G_{SC}$  = Grafik " " " " "

ŞEV No: 8

Yer aldığı metreler: 45+600-45+450 m.

Kamalanmayı oluşturan süreksizlikler :  $P_4$  ve  $P_2$

$$P_A = P_2 = 108/47, P_B = P_4 = 154/79,$$

Şev yüksekliği (H) = 45 m.

Dolgu maddesi kohezyon dayanımı:  $C_A = C_B = 5 \text{ ton/m}^2$

$$\gamma = 2.72 \text{ ton/m}^3, \gamma_w = 1 \text{ ton/m}^3, \psi_5 = 40^\circ, \phi = 28^\circ$$

Şekil .54 ' den okunan değerler;

$$\theta_{na.nb} : 54^\circ, \theta_{2.na} : 86^\circ, \theta_{1.nb} : 81^\circ$$

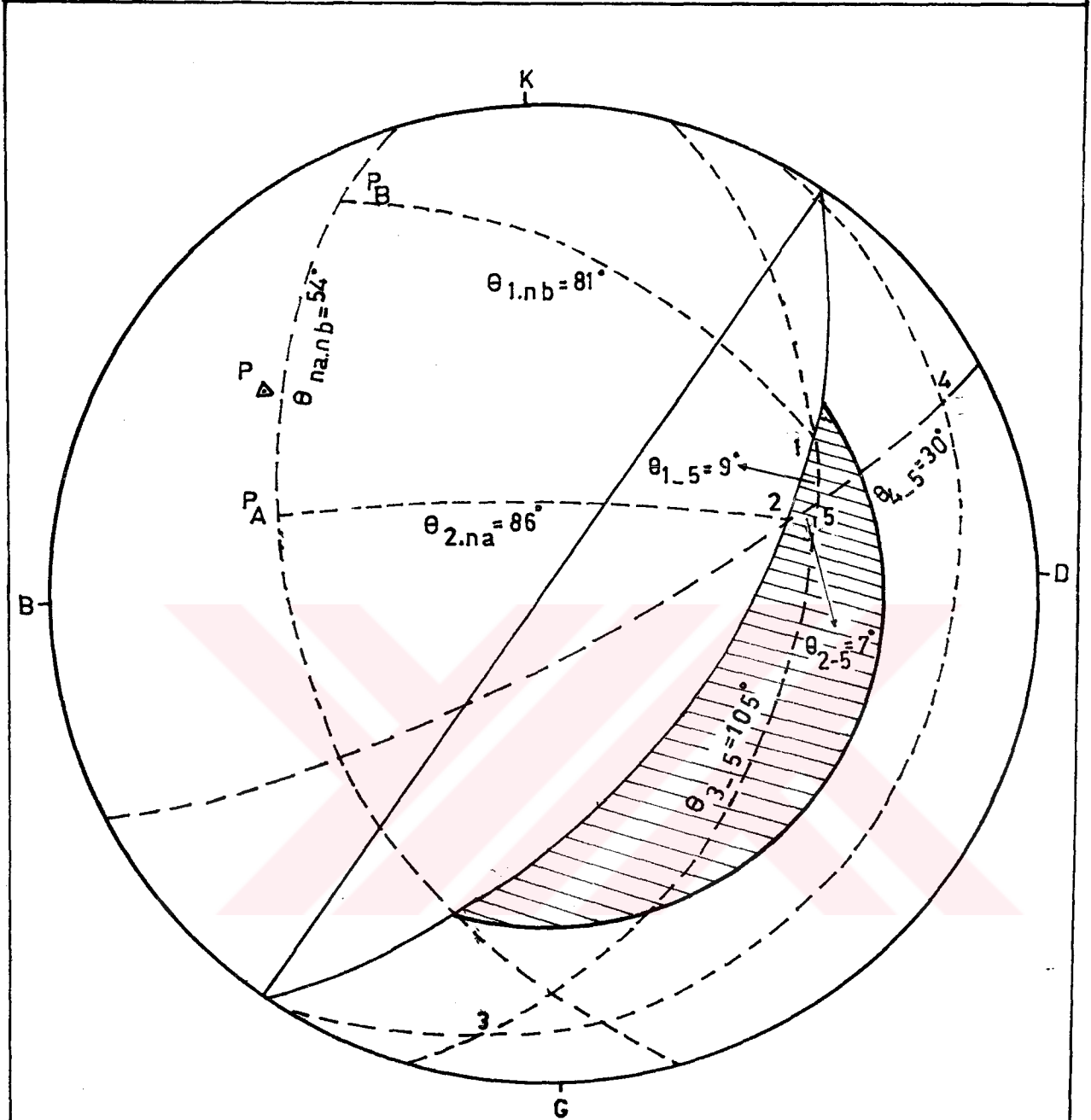
$$\theta_{1-5} : 9^\circ, \theta_{5-3} : 105^\circ, \theta_{1-3} : 114^\circ, \theta_{2-5} : 7^\circ, \theta_{4-5} : 30^\circ, \theta_{2-4} : 37^\circ$$

$$X = \frac{\sin \theta_{4-2}}{\sin \theta_{4-5} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.6}{0.5 \cdot 0.07} = 17.6$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{1-3}}{\sin \theta_{3-5} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.91}{0.96 \cdot 0.156} = 6.06$$

$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.68 - 0.19 \cdot 0.58}{0.64 \cdot 0.64} = 1.39$$

$$B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.19 - 0.68 \cdot 0.58}{0.64 \cdot 0.64} = -0.48$$



A\_Düzlemi : 108/47, B\_Düzlemi : 154/79, Şev düzlemi : 111/60, Şev üstü : 120/20

$P_{\Delta}$  : Şev düzleminin kutbu

$\triangle$  : Duraylılık açısından tehlikeli bölge ( $\theta = 28^\circ$ )

$\theta_{na.nb}, \theta_{2.na}, \theta_{1.nb}, \theta_{1-3}, \theta_{3-5}, \theta_{1-5}, \theta_{2-5}, \theta_{4-5}, \theta_{4-2}$  : Kama geometrisine bağlı açısal parametreler.

ŞEV NO : 8

Şekil 54.45.600\_450 metreler arasında kalan yol sevi-  
ne ait (Andezitik tüf)  $R_{(4-2)}$  kamalanmasında, ka-  
ma geometrisine bağlı açısal parametrelerin eş  
alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.



$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan \phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.72 \cdot 45} [5(17.6 + 6.06)] + (1.39 - \frac{17.6}{5.44}) 0.53 + (-0.48 - \frac{6.06}{5.44}) 0.53$$

$$F = \frac{354}{122.4} + (-0.97) - 0.84 = 2.89 - 0.97 - 0.84 = 1.08$$

1. Su basıncının etkisi olmadan  
elde edilen güvenlik sayısı:  $2.89 + 0.48 = 3.37$
2. Su basıncı etkisi :  $3.37 - 1.08 = 2.29$  (güvenlik sayısını azaltıcı yönde)
3. Kohezyon etkisi: 2.89 (güvenlik sayısını artırıcı yönde)
4. Kohezyon ve su basıncının birlikte etkisinin olması halinde güvenlik sayısı (F)=1.08

#### ŞEV-9

Zigana tüneli-Gürgenağaç yolunun 44+640-44+550 m.leri arasında yer alan bu şev Hamsiköy formasyonunda açılmıştır. Şevde toplam 50 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon açığı kullanılarak hakim çatlak yönleri ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil 55). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 56).

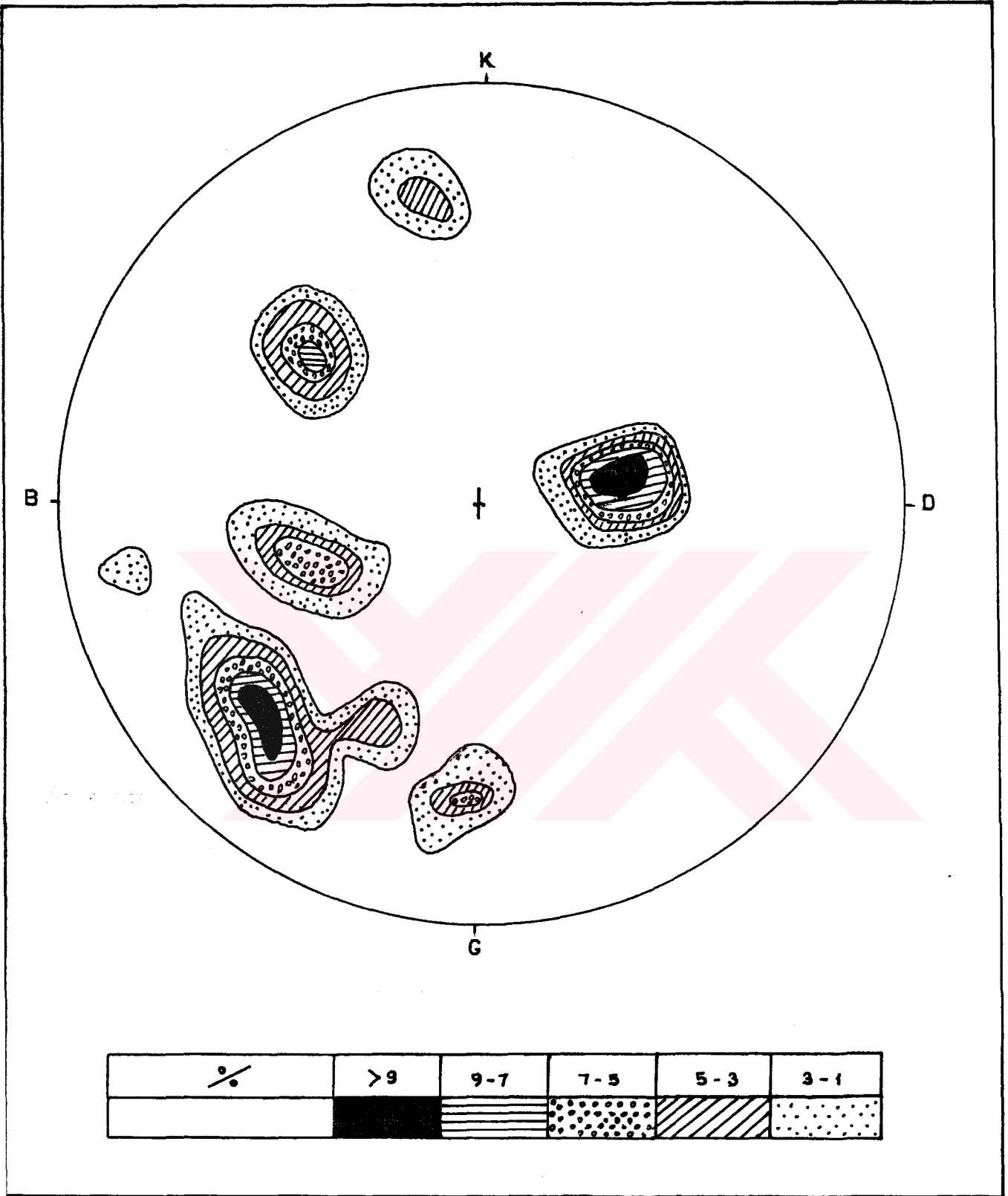
Kayma sadece sürtünme ile engellenmesi durumunda geçerli olan analitik, grafik çözümler ve bunun neticesinde güvenlik sayısı 1'den küçük ise ( $G_{SG} < 1$ ,  $G_{SA} < 1$  ise), kohezyon ve su basıncını içeren formül kaya kamalanmasına uygulanmıştır.

$P_{1-2}$  Kutbuna ait:

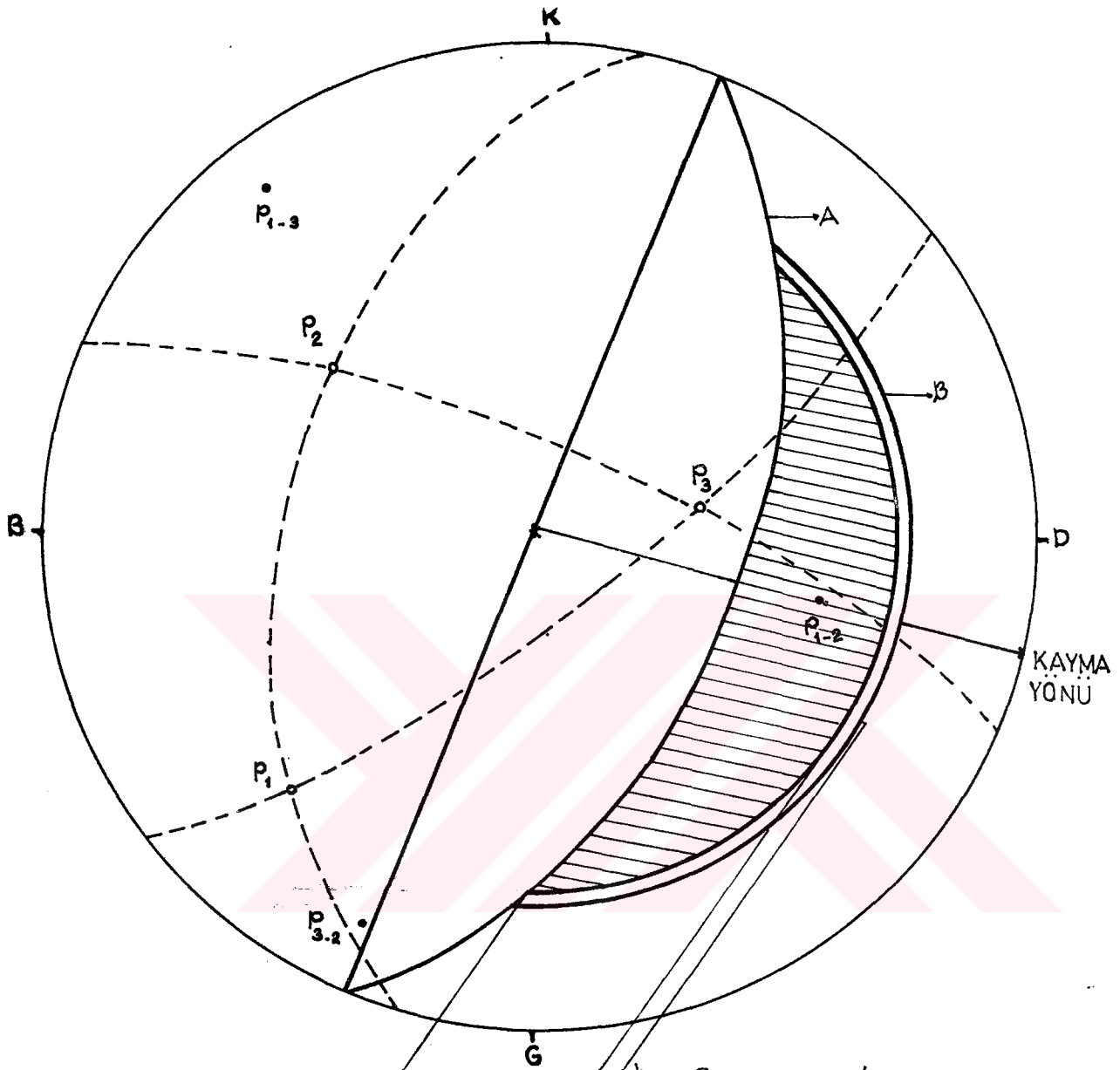
Analitik Çözüm:

$$\phi = 30^\circ, \quad \psi_i = 40^\circ, \quad \epsilon/2 = 39^\circ, \quad \beta = 74^\circ \quad A=72/43 \quad B=174/64$$

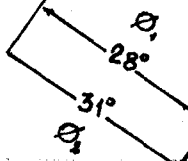
$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_i} = \frac{0.96}{0.63} \cdot \frac{0.57}{0.86} = 1.52 \times 0.67 = 1.01$$



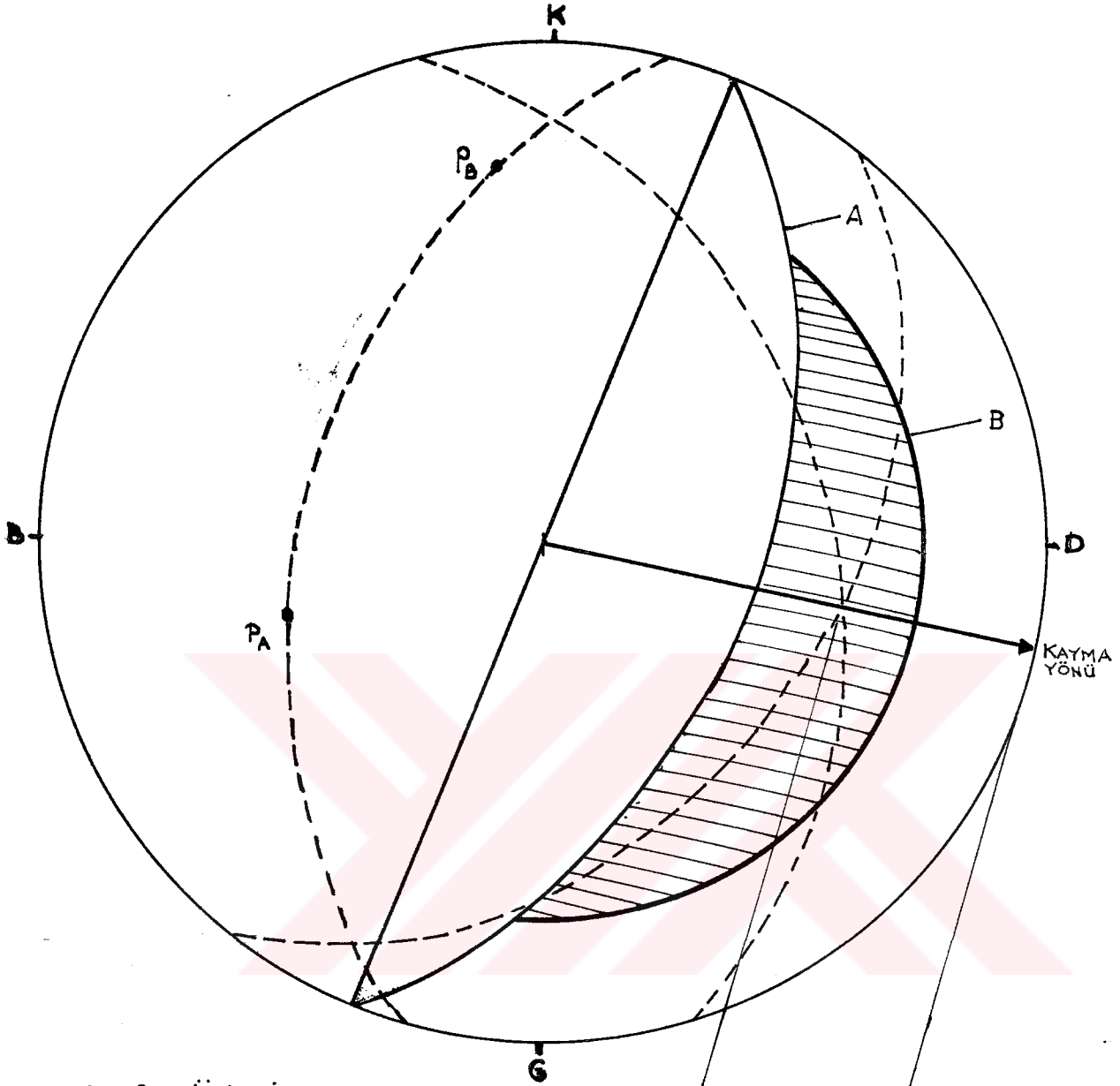
Şekil - 55. 44+640-44+550 metreleri arasındaki yol şevine ait, eş alanlı projeksiyon ağı yardımı ile elde edilen 50 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı



- ⊂ : Duraysız alan
- A : Şev düzlemi
- B : Çatlaklardaki sürtünme açısı  $[\theta]_{1,2}$
- △ : Şev düzlemi kutbu
- : Çatlak takımları kutup noktaları
- : Çatlak takımları arakesit doğruları kutbu



Şekil - 55, 44+640 - 44+550 metreleri arasındaki yol sevi-  
ne ait kontur diyagramından yararlanılarak yapılan  
duraylılık analizi



- A: Şev düzlemi  
 B: Çatlaklardaki sürtünme açısı  
 $\psi_{fi}$ : Arakesit doğrusunun dalımı  
 ●: Çatlak takımları kutup noktaları  
 ⌋: Duraylılık açısından tehlikeli bölge

Şekil - 57. Yol şevindeki kamalanmayla ilgili olarak alınan iki ölçünün analizi ve kaymanın yönü

Düzlemler :(A) → 72/43 , (B) → 174/64

A düzlemi = 72/43

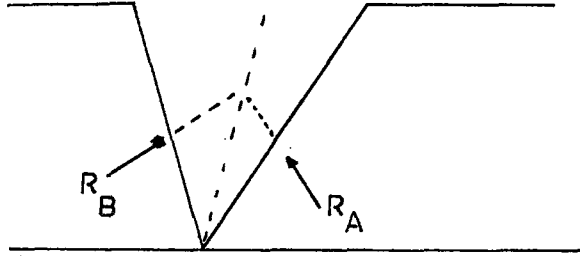
B düzlemi = 174/64

Yatım farkı =  $20^\circ$

Yatım yönü farkı =  $102^\circ$

A = 1.1      B = 0.6

Grafik Çözüm:



$$G_s = A \tan \phi + B \tan \phi$$

$$G_s = 1.1 \times 0.57 + 0.6 \times 0.57$$

$$G_s = 0.62 + 0.342 = 0.962$$

P<sub>1-2</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:

Şev yeri: 44+640-550 metreler arası (Andezitik tüf)

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik sayıları ;  $G_{sA}:1.01$  ,  $G_{sC} : 0.96$

$P_A : 72/43$  ,  $P_B : 174/64$

Şev düzlemi : 112/56, Şev üst yüzeyi: 127/14

Eş alanlı projeksiyon yardımıyla bulunan değerler (Şekil.58 ).

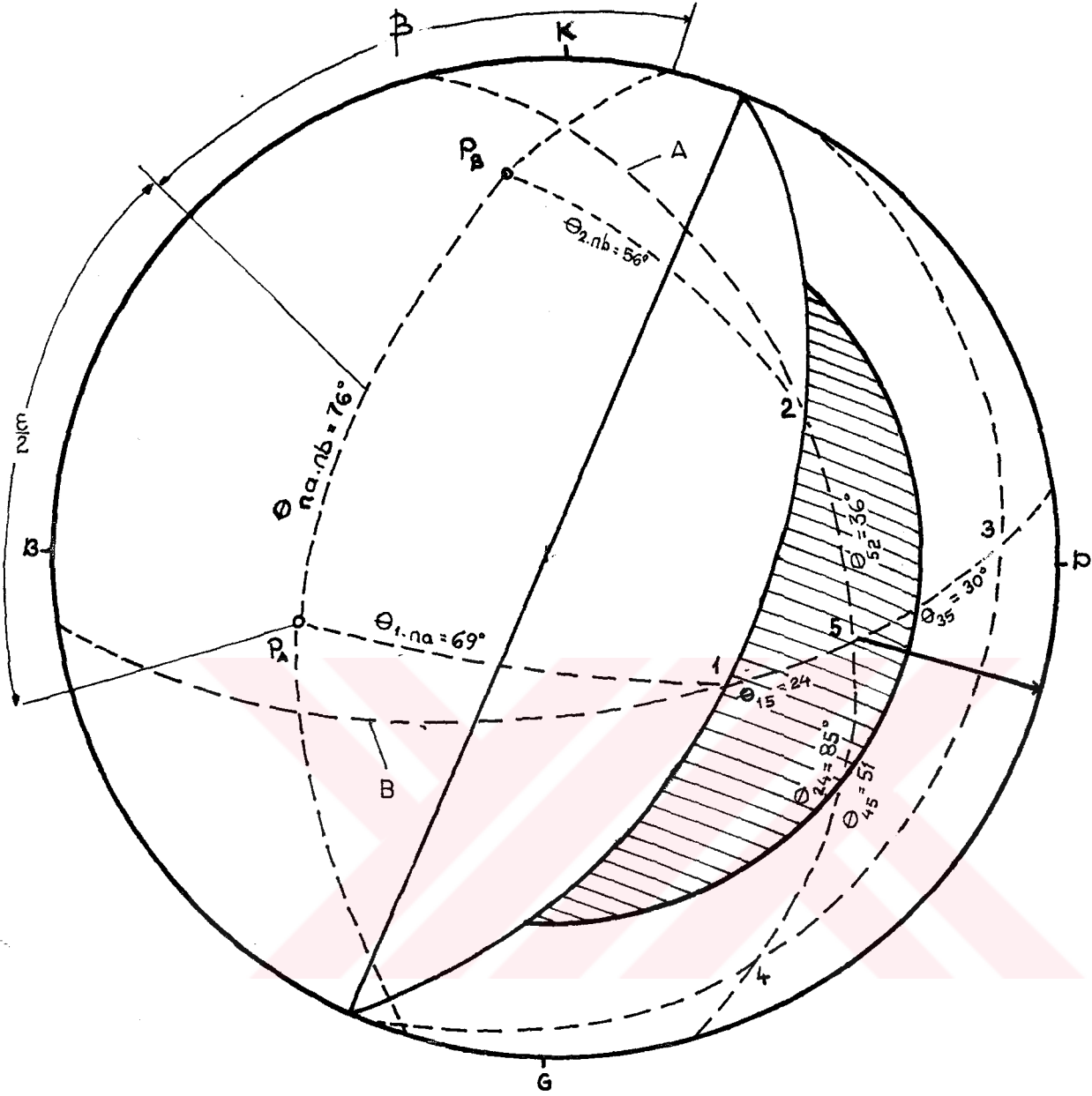
$$\theta_{na.nb}:76^\circ , \theta_{2.na}:69^\circ , \theta_{1.nb}:56^\circ , \phi : 30^\circ$$

$$\theta_{15}: 36^\circ , \theta_{53}:51^\circ , \theta_{13}:87^\circ$$

$$\theta_{25}: 24^\circ , \theta_{45}:30^\circ , \theta_{24} : 54^\circ , \psi_5:40^\circ$$


$$H = 15 \text{ m.} , C=0.50 \text{ kg/cm}^2 \text{ (5 ton/m}^2\text{)} , \gamma=2.7 \text{ ton/m}^3$$

$$x = \frac{\sin \theta_{42}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.8}{0.5 \times 0.36} = 4.44$$



A\_Düzlemi : 72/43, B\_Düzlemi : 174/64, Şev düzlemi : 112/56, Şev üçyüzeyi : 127/14

$\theta_{na.nb}, \theta_{2.na}, \theta_{1.nb}, \theta_{1.3}, \theta_{1.5}, \theta_{3.5}, \theta_{2.5}, \theta_{4.5}, \theta_{4.2}$  : Kama geometrisine bağlı olarak, eş alanlı projeksiyon üzerinde saptanabilen açısal parametreler.

 : Duraylılık açısından tehlikeli bölge (  $\theta = 30^\circ$  )

ŞEV NO : 9

Sekil: 58 44-640\_550 metreler arasında kalan yol şevine ait (Andezitik-tüf)  $R_{1.2}$  kamalanmasında, kama-geometrisinden yararlanılarak elde edilen açısal parametrelerin eş alanlı projeksiyon ile belirlenmesi.

$$Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35} \cos\theta_{1.nb}} = \frac{0.99}{0.77 \times 0.56} = 2.3$$

$$A = \frac{\cos a - \cos b \cos\theta_{na.nb}}{\sin 5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.73 - 0.43 \times 0.24}{0.64 \times 0.94} = 1.05$$

$$B = \frac{\cos b - \cos a \cos\theta_{na.nb}}{\sin 5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.43 - 0.33 \times 0.64}{0.16} = -0.05$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan\phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.7 \cdot 15} (5 \times 6.74) + (1.05 - \frac{4.44}{5.4}) 0.57 + (-0.05 - \frac{2.3}{5.4}) 0.57$$

$$F = 2.49 + 0.13 - 0.27 = 2.35$$

Dolgu maddesi kohezyonu  $2.5 \text{ ton/m}^3$  alındığında;

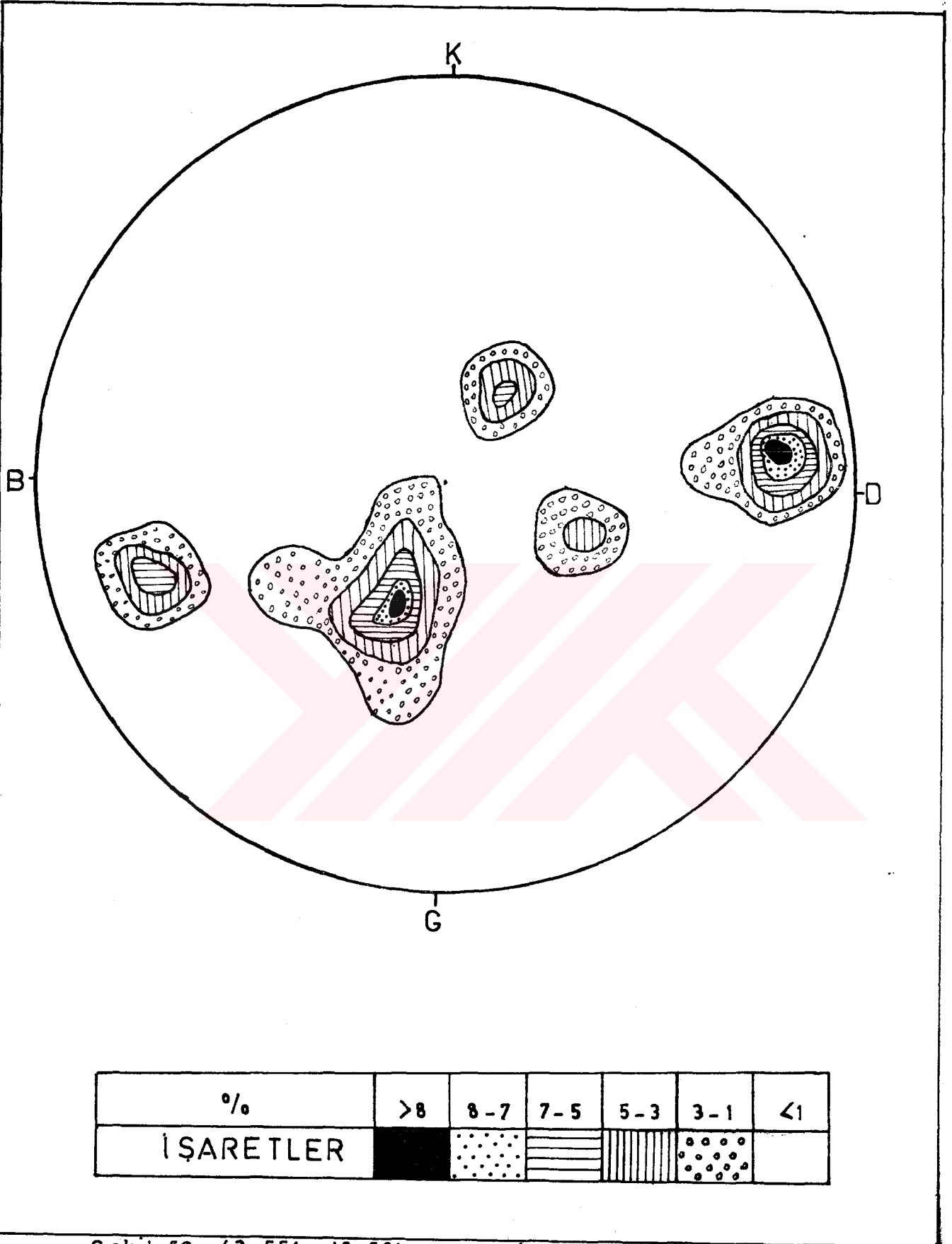
$$F = \frac{16.85}{13.5} + 0.13 - 0.27 = 1.24 + 0.13 - 0.27 = 1.10$$

YORUM

44+640 ile 44+550 arasındaki Andezitlerde şev duraylılığı

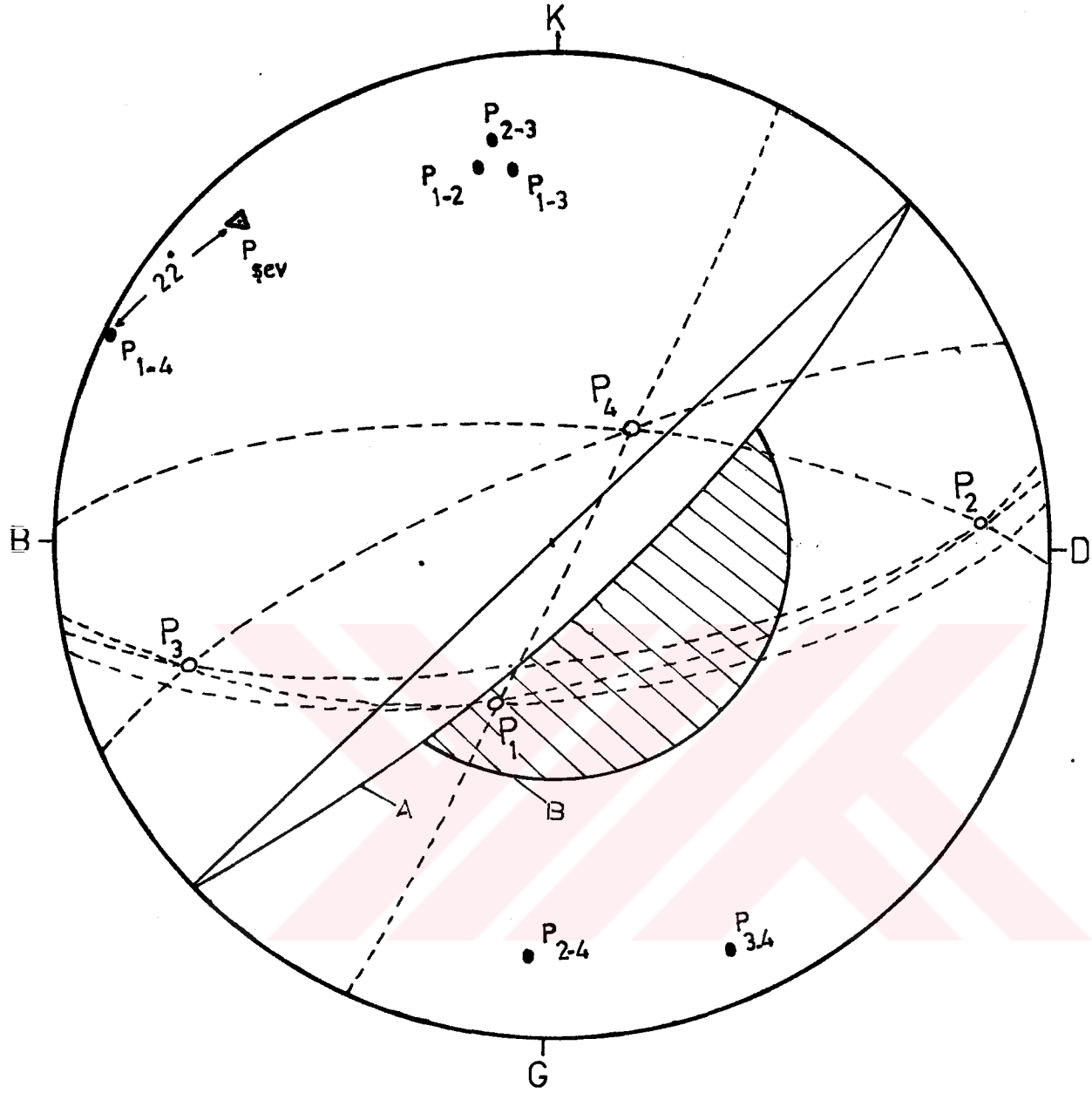
110 metrelik şev boyunca 50 adet (çatlak takımlarına bağlı) süreksizlik göz önünde tutulmuştur. Bu süreksizliklerin oluşturduğu kutup kümeleşmeleri ikişer ikişer göz önünde bulundurularak şev duraylılığı analizi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Şekil 55'de görülen kontur diyagramı; kutup kümeleşmelerinin konumlarını vermektedir. Şekil 55'da görülen  $P_1, P_2, P_3$ ; kutup noktalarından geçen büyük dairelerin kutup noktalarıdır. Şev düzlemi ile içsel sürtünme açıları da (süreksizlik yüzeylerindeki  $\phi_1$  ve en son değer alan  $\phi$  (ultimate)  $\phi_2$  değerleri; yerleştirilmiştir. Bu durumda;  $P_{2-3}$  ve  $P_{1-3}$  kamalanmalarında bir tehlikenin olmadığı saptanmıştır. Fakat  $P_1$  ve  $P_2$  düzlemlerinden geçen büyük dairelerin kutup noktası olan  $P_{1-2}$  tehlikeli bölge içine düşmüştür. Bu düzlemlerde kitle hareketleri olasılıkları belirlendikten sonra diğer analiz yöntemleri bu kaymayı (kamalanma (Wedge failure)) karakterize eden veriler üzerinde denenmiştir.



Şekil 59. 43+551 - 43+501 metreleri arasındaki yol şevine ait, eş a-  
lanlı projeksiyon ağı yardımı ile yapılan kontur diyagramı.





- A : Şev düzlemi  
 B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge  
 △ : Şev düzleminin kutbu  
 o : Çatlak takımı kutbu  
 ● : Çatlak takımları arakesit doğrularına ait kutup noktaları

Şekil 60: 43+551-43+501 metreler arasında kalan yol şevinde, eş-  
 alanlı projeksiyon ağı yardımı ile yapılan duraylılık  
 analizi

## ŞEV-10

Zigana tüneli-Gürgenağaç yolunun 43+551-43+501 metreleri arasında yer alan bu şev Hamsiköy formasyonu içerisinde açılmıştır. Şevde toplam 45 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (şekil.59). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak, bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 60).

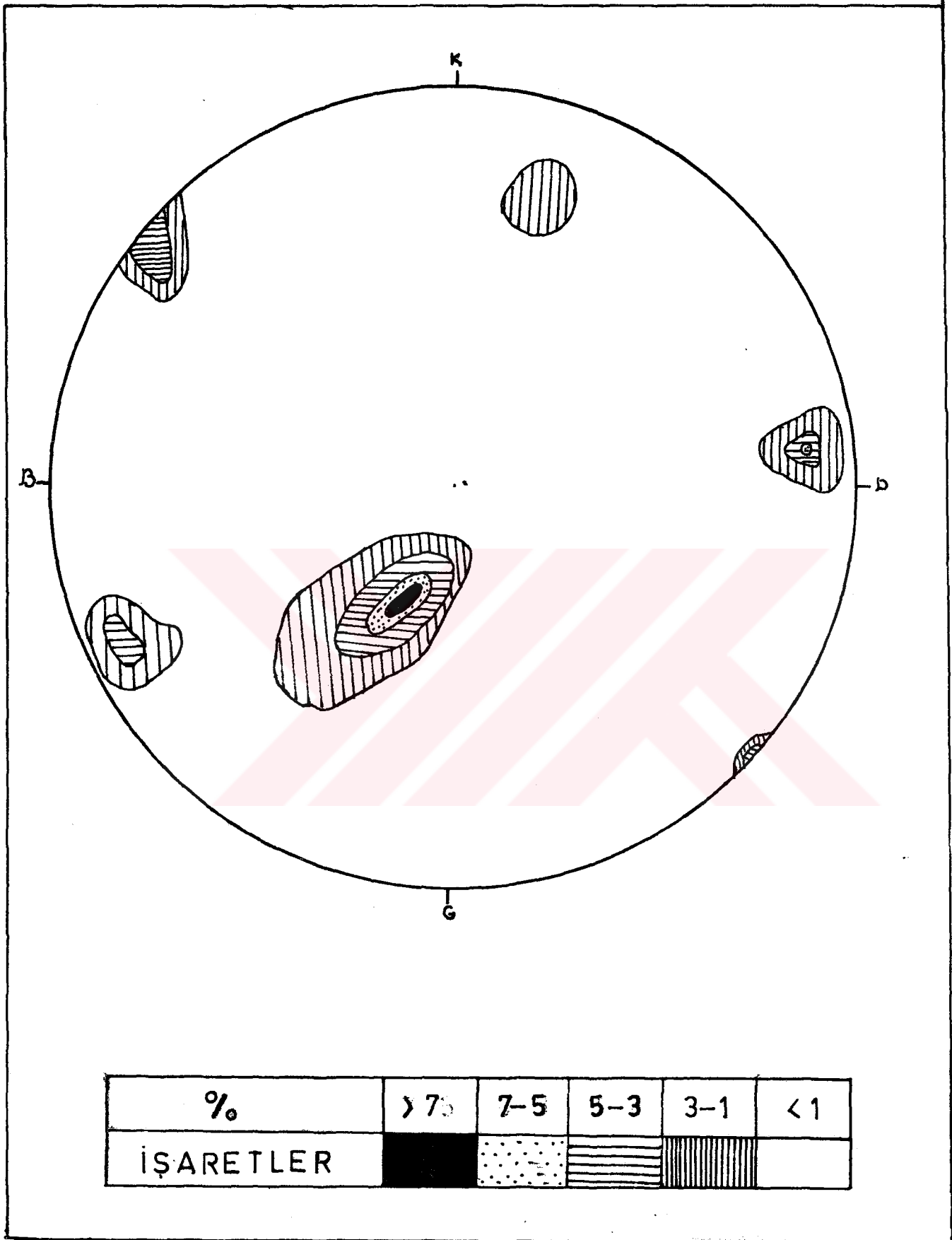
Araştırma neticesi olarak arakesit doğrularına ait kutup noktalarının hiç birisi tehlikeli bölge içine düşmemiştir. Fakat  $P_{F_2}$  fayına bağlı olarak bir düzlemsel kaymanın olabileceği saptanmıştır (Şekil 60).

## YORUM

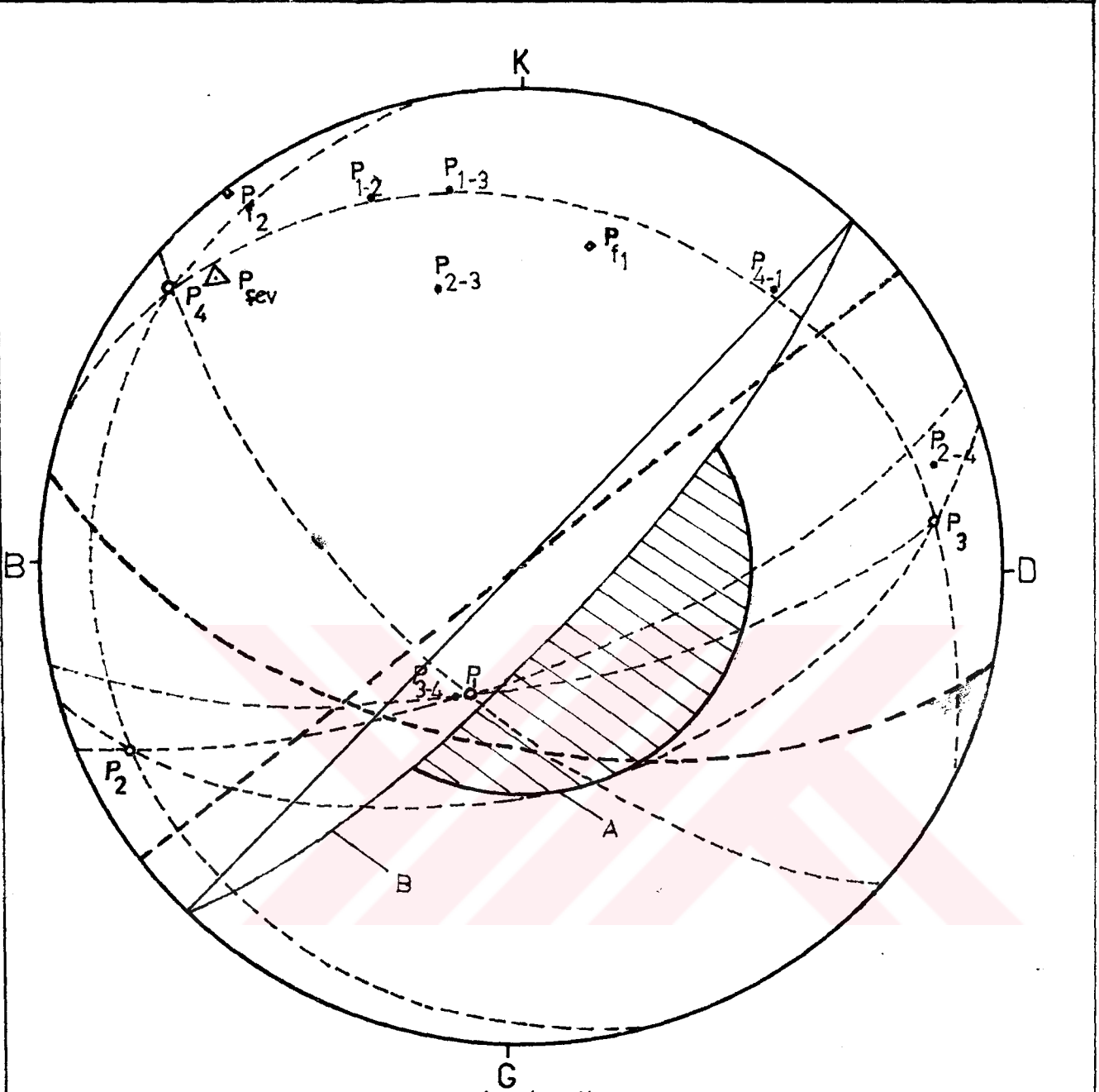
43+551-43+501 metreleri arasındaki andezitik-bazaltik tüf-lerde yapılan duraylılık analizi neticesinde, çatlak takımlarına ait kutup noktalarının konumu ile şev düzleminin kutbu arasındaki münasebet bir düzlemsel kayma olasılığını yok etmektedir.

Çatlak takımlarının arakesit doğrularına ait kutup noktaları, duraylılık açısından tehlikeli bölge içerisine düşmemiştir. Bu cümleden olmak üzere bu yol şevinde, bu süreksizliklere bağlı bir kama tipi kayma olasılığında yoktur.

Genel olarak 50 metrelik yol şevi duraylıdır.

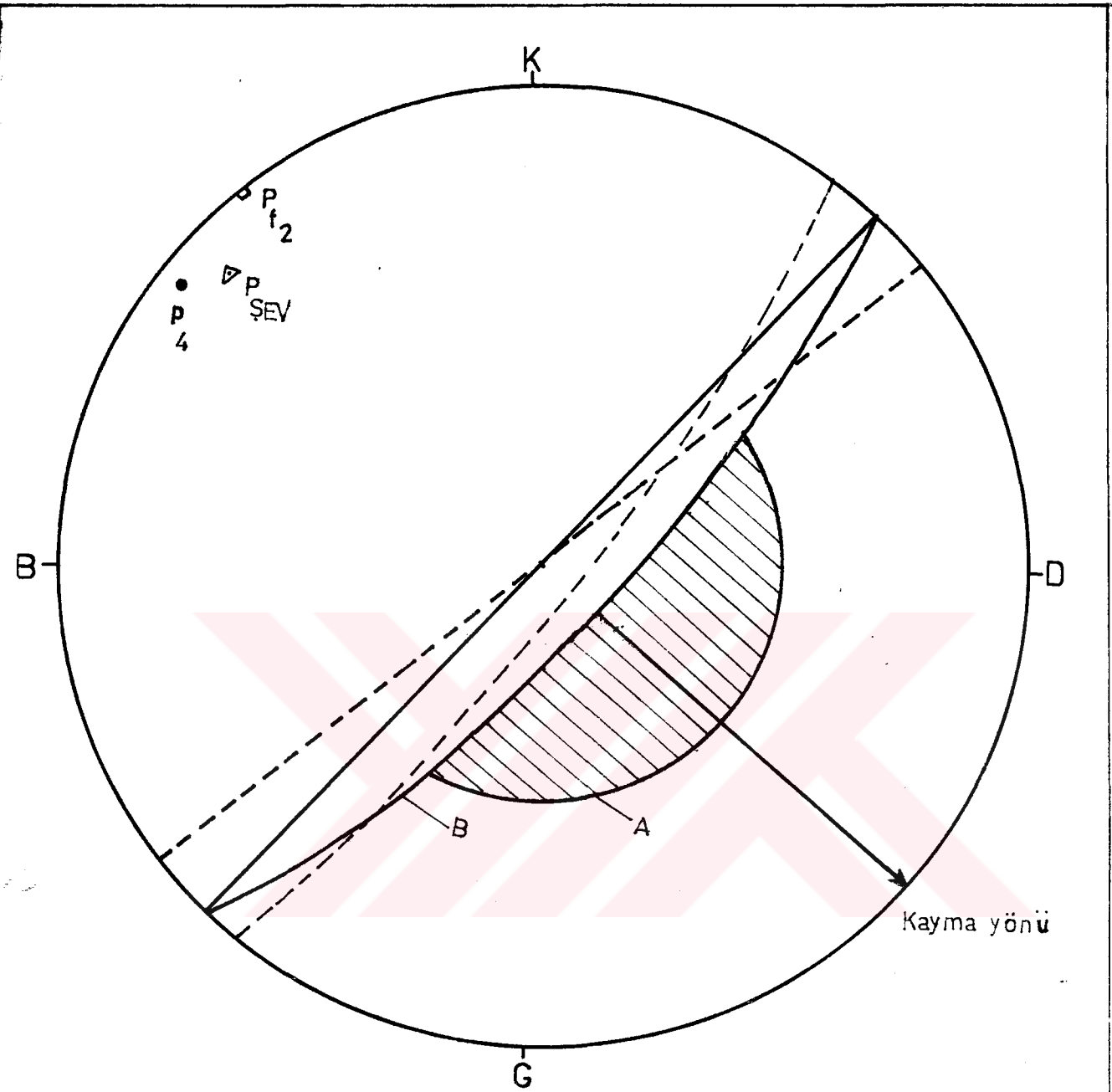


Şekil 61. 43-501-43-451 metreleri arasındaki yol şevine ait, eş alanlı projeksiyon ağı yardımı ile elde edilen 30 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı



- A : Duraylılık açısından tehlikeli bölge  
 B : Şev düzlemi  
 ○ : Çatlak takımı kutup noktası  
 ● : Çatlak takımı arakesit doğrusu kutbu  
 △ : Şev düzlemi kutbu  
 □ : Fay düzlemi kutbu

Şekil 62.43-501-43-451 metreleri arasındaki yol şevine ait kontur diyagramından yararlanılarak yapılan duraylılık analizi.



- A : Duraylılık açısından tehlikeli bölge
- B : Şev düzlemi
- △ : Şev düzlemi kutbu
- : Çatlak takımı kutup noktası
- : Fay düzleminin kutbu

Şekil. 63.  $P_4$  kutbuna bağlı olan süreksizliklerde gelişebilecek düzlemsel kaymada olası kayma yönü ve şev düzleminin konumu.

## ŞEV-11

Zigana tüneli-Gürgenağaç yolunun 43+501-43+451 metreleri arasında açılmış "yarma şevdir". Birim, Hamsiköy formasyonuna aittir. Şevde 30 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır. (Şekil 61). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak, bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır. (Şekil 62).

Duraylılık neticesinde kaya kamalanmasının beklenmediği fakat  $P_4$  kutbuna bağlı olarak bir düzlemsel kaymanın olabileceği saptanmıştır (Sayfa 125).

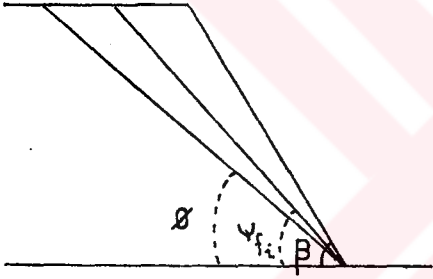
$P_4$  kutbuna bağlı düzlemsel kaymanın yönü belirlenmiştir (Şekil 63).

Belirlenen kayma; süreksiz yüzeyinin kohezyonu dikkate alınmadan yapılmış bir analizin neticesidir.

## YORUM

43+501 ve 43+451 metreleri arasındaki andezitik-bazaltik (genç volkanikler) 50 metrelik yol şevine ait 45 ölçüden yapılmış kontur diyagramından elde edilen kutup noktaları ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ) ikişer ikişer analiz edilerek arakesit doğrusu, kutuplarının sürtünme dairesi içerisine düşmediği bu cümleden olmak üzere kaya şevindeki kamalanmaların tehlike oluşturmadığı saptanmıştır.

$P_4$  kutbu ile  $F_2$  fayına bağlı olarak düzlemsel kaymalar beklenabilir. Şev düzleminin kutbu ile  $P_4$  kutbu arasındaki açı  $8^\circ$  dir.  $F_2$  fayının kutbu olan  $P_{F_2}$  ile şev düzleminin kutbu arasındaki açı ise  $14^\circ$  'dir. Düzlemsel kaymanın birinci koşulu olan; şev düzleminin kutbu ile süreksizlik düzlemlerinin kutbu arasında,  $F_2$  bir yatım farkı olması burada yerine gelmektedir. İkinci koşul olan,  $\beta > \psi_{fi} > \emptyset$  de yerine gelmektedir



$P_4$  ve  $P_{F_2}$  ( $F_2$  fayı) süreksizlikleri arasındaki doğrultu farkı  $15^\circ$ , eğim farkı ise  $5^\circ$  dir. Sonuçta bu süreksizlikler aynı çatlak takımının üyeleri iken birinde (çatlak doğrultusu boyunca) doğrultu boyunca hareket söz konusu olmuş ve  $P_{F_2}$  fayı meydana gelmiştir. Genel

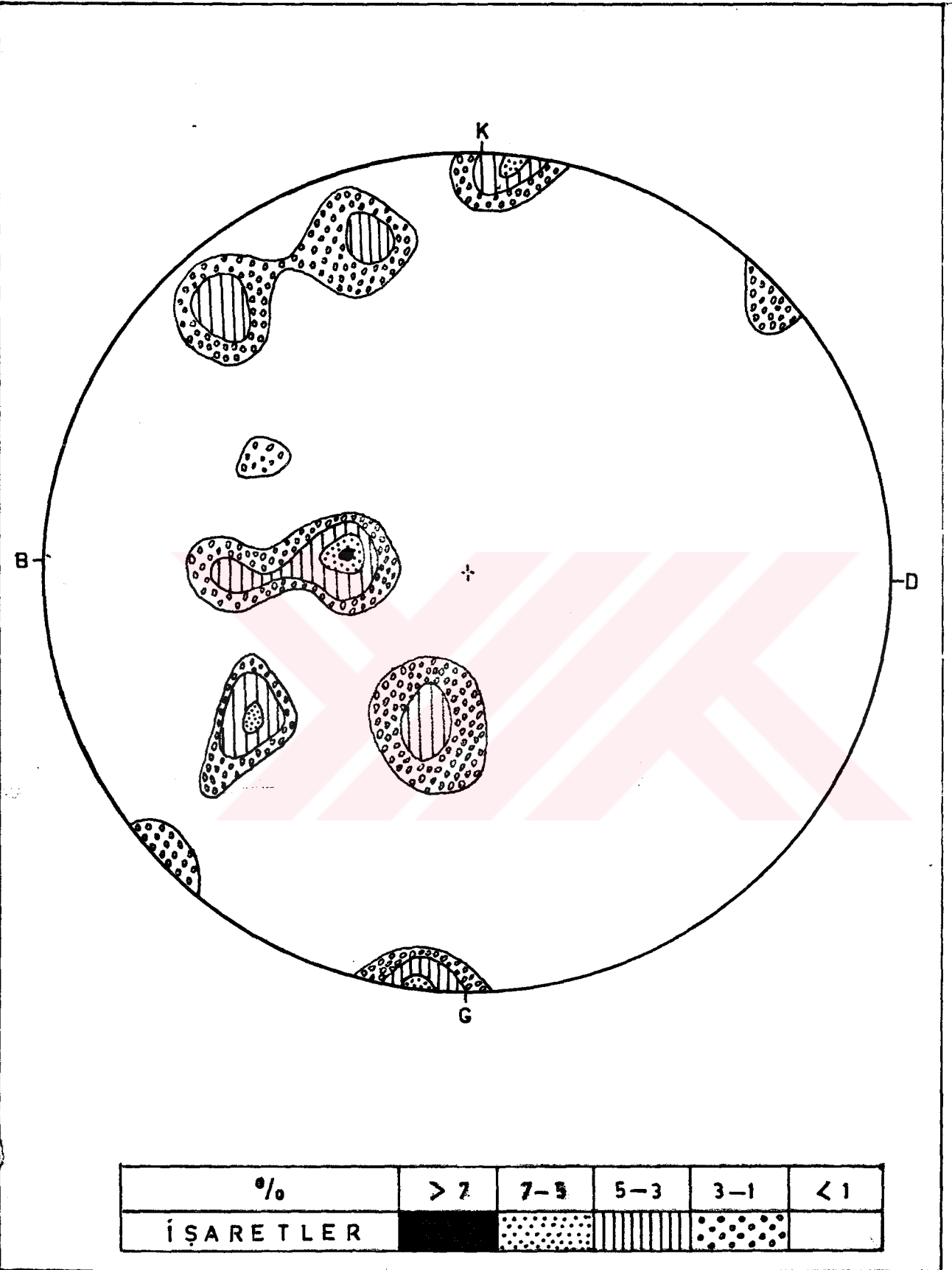
olarak çalışma alanı içerisindeki tüm birimlerde faylanma, çatlak boyunca oluşan hareketler neticesinde meydana gelmiştir.

$P_4$  ve  $P_{F_2}$  süreksizliklerinde olası kaymayı (düzlemsel kayma) önlemek için uygun ve ekonomik çözüm; şevin  $15^\circ$  yatırılmasıdır. Bu durumda şev düzleminin konumu 133/63 olmaktadır. Kaya civataları, kaya blonlamaları (Rock bolt) çözüm olabilirse de, yol güzergahını yapan firmaların (Polat inşaat şir., Murtezaoğlu inşaat şirketi). elinde bulunan ekipman ve olanaklar bunu mümkün kılmaktadır.

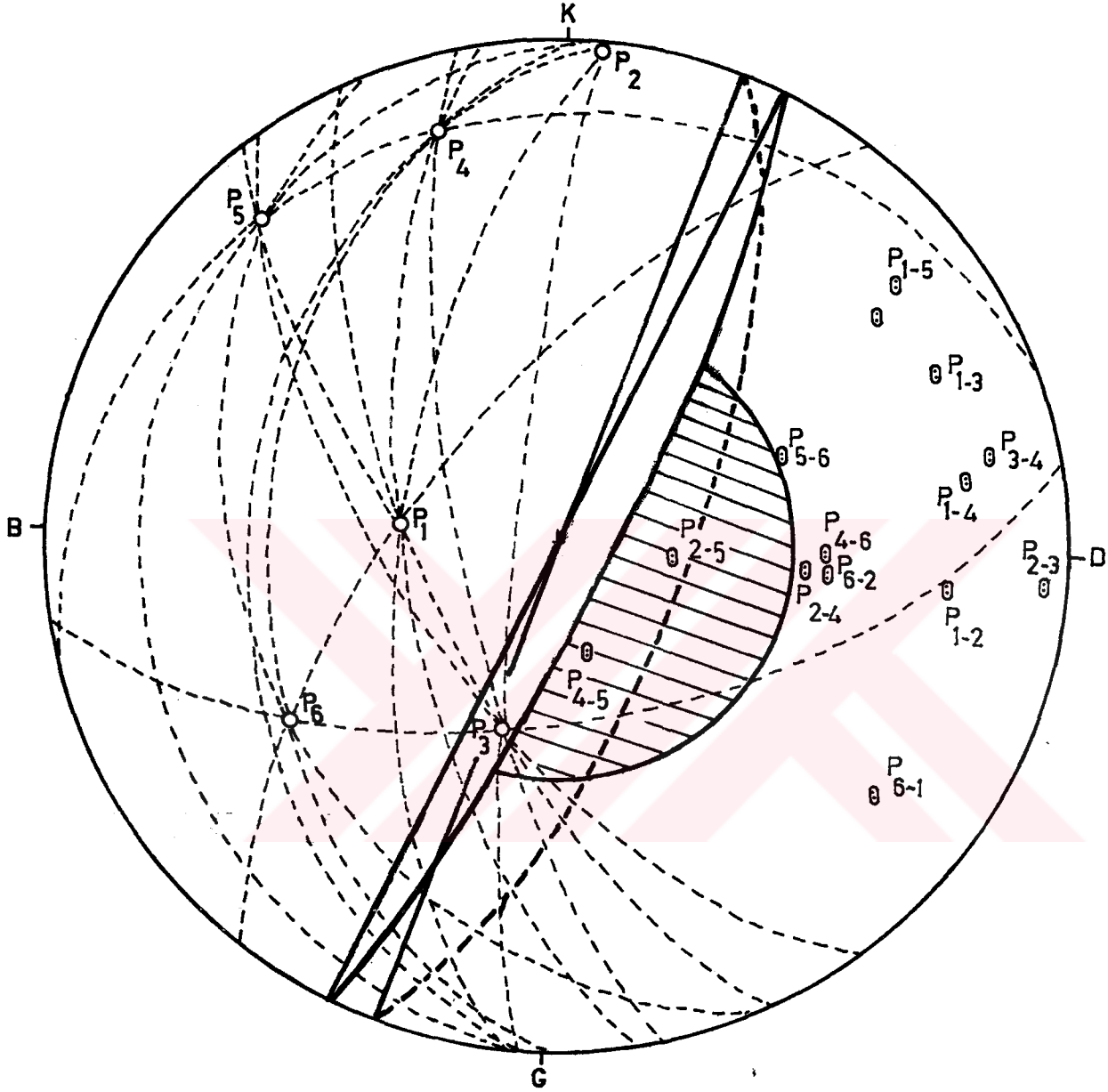
## ŞEV-12



Zigana Tüneli-Gürgenağaç yolunun 43+272-43+242 metreleri arasında yer alan bu şev Hamsiköy formasyonunda açılmıştır. Şevde toplam 40 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil 64). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak, bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duruyululuğu açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 65) Kayma olasılığı olan süreksizlikler ve bunların oluşturduğu kaya kamaları tekrar ele alınarak olası kayma yönü (Şekil 66) belirlenmiş ve şeve ait karakteristikler bulunmuştur. Bu verilerin yardımı ile analitik ve grafik çözümleneler yapılmıştır. Analitik ve grafik çözümleneler neticesinde güvenlik sayıları 1 'den küçük çıkan kaya kamalarına kohezyon ve su basıncını birlikte içeren formül üçüncü bir analiz yöntemi olarak uygulanmıştır.



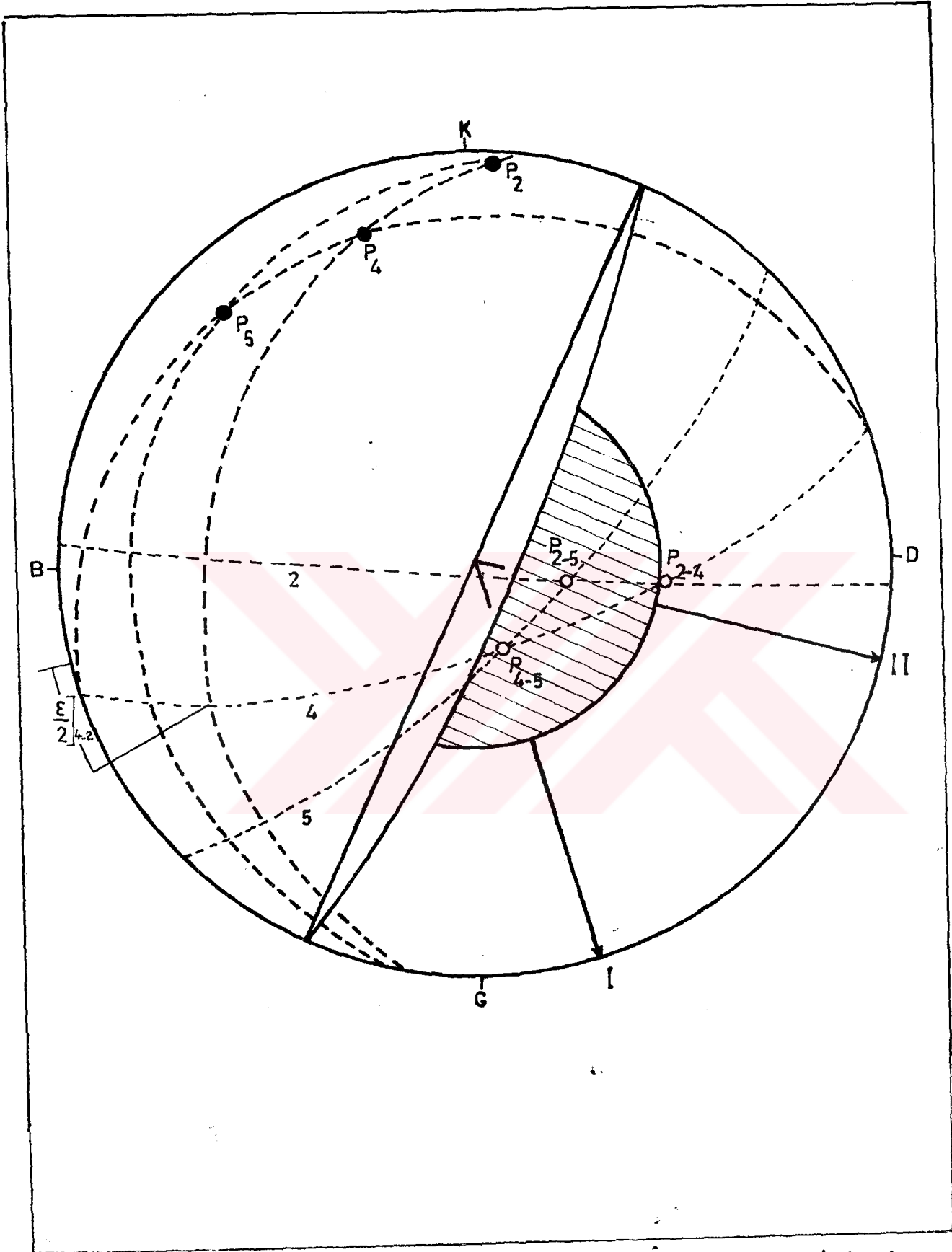


Şekil 64. 43+272-43+242 metreleri arasında kalan yol şevine ait, eş alanlı projeksiyon yardımı ile çizilen 40 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı



 Kademe üstü şev aynası : 115/82  
 Kademe altı şev aynası : 110/70

Şekil.65.43•272\_43•242 metreleri arasında kalan yol şevine ait duraylılık analizi



Şekil-66.43+272\_43+242 metreleri arasında kalan yol şevi kademe üstünde olası kayma yönleri (Kademe üstü şevde.)

Grafik Çözüm:

$$G_s = A \tan \phi + B \tan \phi$$

$$P_{5-4}, \quad \phi = 28^\circ$$

$$A = 160/72, \quad B = 136/74$$

$$G_s = 0.25 \times 0.56 + 0.25 \times 0.56 = 0.28$$

Analitik Çözüm:

$$P_{5-4}$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_i}$$

$$G_{s5-4} = \frac{0.43}{0.22} \cdot \frac{0.53}{3.07} = 0.33$$

Grafik Çözüm:

$$G_s = A \tan \phi + B \tan \phi$$

$$P_{4-2}, \quad \phi = 28^\circ$$

$$A = 164/70, \quad B = 185/8$$

$$G_s = 1.4 \times 0.56 + 1.25 \times 0.56 = 1.5$$

Analitik Çözüm:

$$P_{4-2}$$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_i}$$

$$G_{s4-2} = \frac{0.96}{0.27} \cdot \frac{0.53}{1.23} = 1.529$$

Grafik Çözüm:

$$G_s = A \tan \phi + B \tan \phi$$

$$P_{5-2}, \quad \phi = 28^\circ$$

$$A = 136/74, \quad B = 185/88$$

$$G_s = 0.35 \times 0.56 + 0.25 \times 0.56 = 0.33$$

Analitik Çözüm:

$P_{5-2}$

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\epsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_i}$$

$$G_{s_{5-2}} = \frac{0.99}{0.80} \cdot \frac{0.53}{3.07} = 0.2$$

$P_{5-4}$  eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda;

Şev yeri: 43+272-242 metreleri arası

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde elde edilen güvenlik sayıları:  $G_{SA}: 0.33$  ,  $G_{SG}: 0.28$

$$P_A: 160/72, \quad P_B: 136/74, \quad \phi: 28^\circ$$

Şev düzlemi 115/82, Şev üst yüzeyi 112/24

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile bulunan değerler; (Şekil.67)

$$\theta_{na.nb}: 24^\circ, \quad \theta_{2.na}: 89^\circ, \quad \theta_{1.nb}: 92^\circ$$

$$\theta_{35}: 86^\circ, \quad \theta_{13}: 96^\circ, \quad \theta_{1-5}: 10^\circ$$

$$\theta_{45}: 70^\circ, \quad \theta_{25}: 8^\circ, \quad \theta_{42}: 78^\circ, \quad \psi_5: 72^\circ$$

$$H = 40 \text{ m.}, \quad C = 0.5 \text{ kg/cm}^2, \quad \gamma = 2.7 \text{ ton/m}^3$$

$$X = \frac{\sin \theta_{42}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.98}{0.94 \times (+0.017)} = 61.25$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.99}{0.99 \times (-0.034)} = -29.11$$

$$A = \frac{\cos a - \cos b \cos \theta_{na.nb}}{\sin 5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.3 - 0.27 \times 0.91}{0.95 \times 0.16} = 0.34$$

$$B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.27 - 0.3 \times 0.91}{0.157} = -0.20$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan \phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.7 \cdot 40} [5(61.25 - 29.11) + (0.34 - \frac{61.25}{5.4}) \cdot 0.53 + (-0.2 + \frac{29.11}{5.4}) \cdot 0.53]$$

P<sub>5-2</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:

Şev yeri: 43+272-242 metreler arası

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde elde edilen güvenlik sayıları ; G<sub>S<sub>A</sub></sub>: 0.20 , G<sub>S<sub>G</sub></sub> : 0.33

$$P_A : 136/74 , P_B : 185/88$$

Şev düzlemi : 115/82 , şev üst yüzeyi: 112/24

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile bulunan değerler; (Şekil.68)

$$\theta_{na.nb} : 49^\circ , \theta_{2.na} : 92^\circ , \theta_{1.nb} : 89^\circ$$

$$\theta_{42} : 95^\circ , \theta_{45} : 66^\circ , \theta_{25} : 29^\circ$$

$$\theta_{13} : 58^\circ , \theta_{35} : 46^\circ , \theta_{15} : 12^\circ , \psi_5 : 70^\circ$$

$$H = 40 \text{ m.} , C = 5 \text{ ton/m}^2 , \gamma = 2.7 \text{ ton/m}^3$$

$$X = \frac{\sin \theta_{42}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.99}{0.91 \times (-0.035)} = 31.93$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.85}{0.72 \times 0.017} = 70.83$$

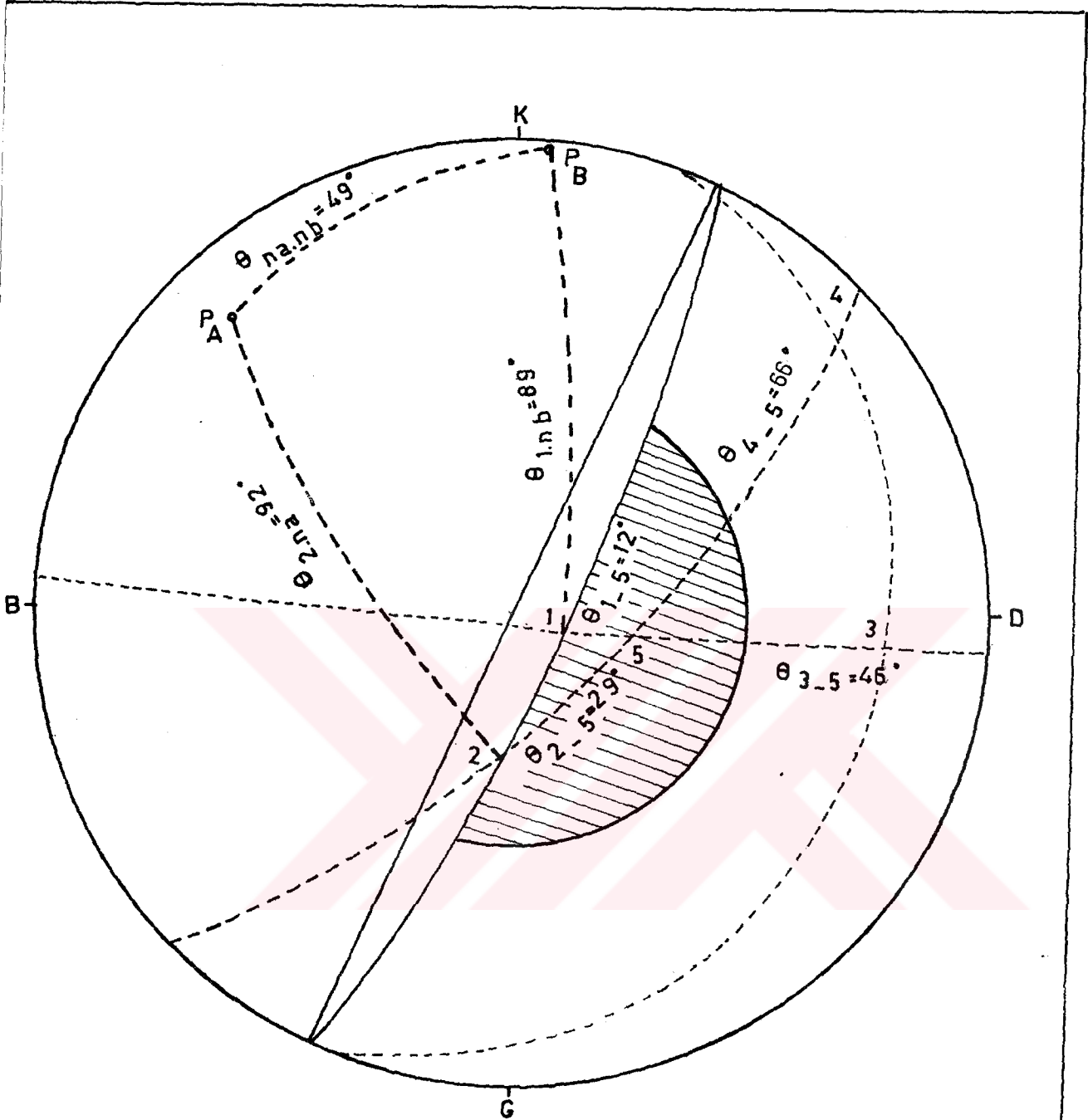
$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.27 - 0.03 \times 0.65}{0.93 \times 0.57} = 0.47$$

$$B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.03 - 0.27 \times 0.65}{0.93 \times 0.57} = -0.27$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan \phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.7 \cdot 40} [5(-31.93 + 70.83) + (0.47 - \frac{31.93}{5.4}) \cdot 0.53 + (-0.27 - \frac{70.83}{5.4}) \cdot 0.53]$$


$$F = 5.40 + 3.38 - 7.09 = 1.69$$



A\_Düzlemi: 136/74, B\_Düzlemi: 185/88, Şev düzlemi: 115/ 82

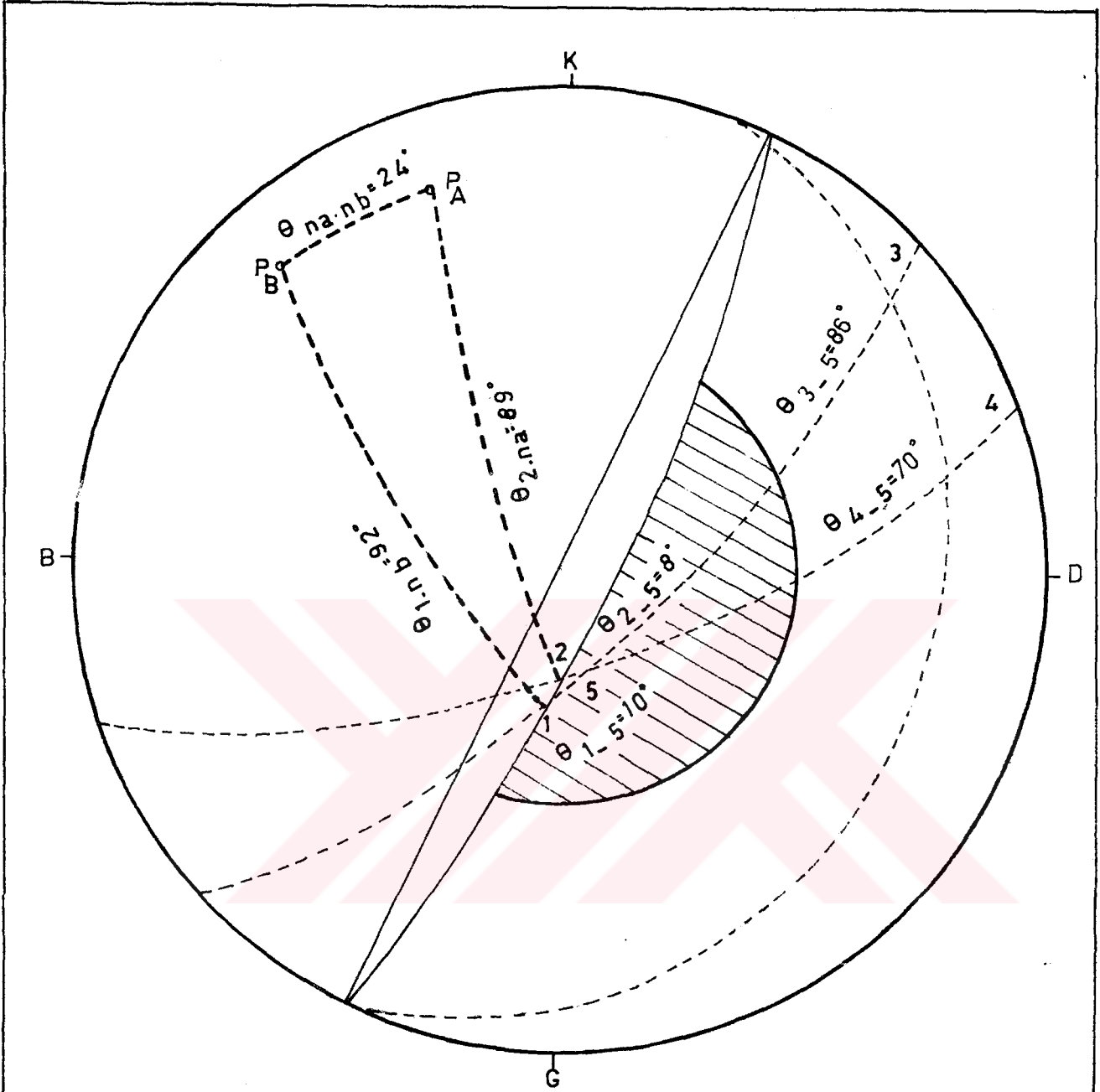
$P_A, P_B$  : A ve B Düzlemlerinin kutup noktaları.

$\theta_{na.nb}, \theta_{2na}, \theta_{1.nb}, \theta_{1-3}, \theta_{1-5}, \theta_{3-5}, \theta_{2-4}, \theta_{2-5}, \theta_{4-5}$  : Kama geometrisine bağlı açısal parametreler.

 : Duraylılık açısından tehlikeli bölge


SEV NO : 12 (  $P_{5-2}$  KAMALANMASI )

Sekil 68.43. 272\_242 metreler arasında kalan yol seviine ait (Bazaltik tüf)  $P_{5-2}$  kamalanmasında, kama geometrisine bağlı yapısal elemanların eş alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.



A \_ Düzlemi : 160 / 72 , B \_ Düzlemi : 136 / 74 , Şev düzlemi : 115 / 82

$P_A$  ,  $P_B$  : A ve B Düzlemlerinin kutup noktaları.

 : Duraylılık açısından tehlikeli bölge. ( $\theta = 28^\circ$ )

$\theta_{na.nb}$ ,  $\theta_{2na}$ ,  $\theta_{1nb}$ ,  $\theta_{1.3}$ ,  $\theta_{1.5}$ ,  $\theta_{3.5}$ ,  $\theta_{4.5}$ ,  $\theta_{2.4}$ ,  $\theta_{2.5}$  : Kama geometrisine bağlı açısal parametreler.

ŞEV NO : 12

Sekil 67. 43+272\_242 metreler arasında kalan yol sevi-  
ne ait (Bazaltik tüf)  $R_{5.4}$  kamalanmasında, ka-  
ma geometrisine bağlı yapısal elemanların eş  
alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.



## ŞEV 12 nin YORUMU:

Kayma sadece sürtünme ile engellenmesi halinde dahi kademe altı şevde, şev konumu 110/70 iken herhangi bir eklem takımının şev duraylılığını bozması ihtimali yoktur.

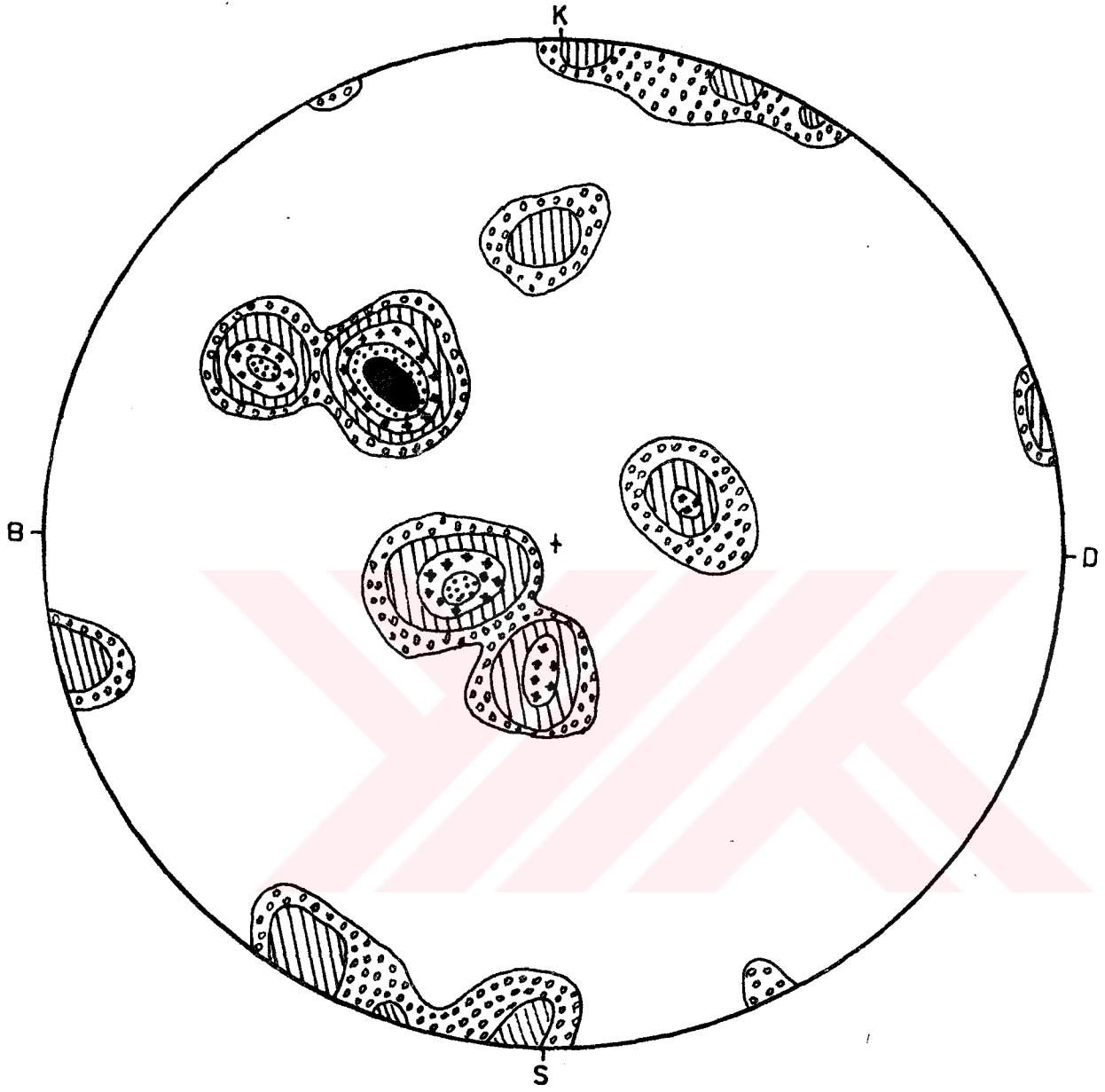
Kademe üstü şevde, şev konumu 115/82 dir. Bu durumda  $P_{5-2}$  ve  $P_{5-4}$  kutuplanmalarına bağlı kamalanmalar; kayma sadece sürtünme ile engellenmesi durumunda tehlike oluşturmaktadır. Fakat süreksizlik yüzeylerinin kohezyonunu içeren formül uygulandığında elde edilen güvenlik sayıları 1.30 dan büyüktür. Dolayısıyla bu süreksizliklere bağlı olarak herhangi bir kitle hareketi olması ihtimali yoktur.

Hamsiköy Formasyonu Çamlıbel üyesine ait bu şevde süreksizlik yüzeyleri arasındaki dolgu maddesi kalsit bileşiminde ve kohezyon değeri de kil dolgusuna nazaran çok daha yüksektir ( $C= 5 \text{ ton/m}^2$ ). Bu faktör  $P_{5-2}$  kutuplanmasına bağlı kaya kamalarında kohezyon etkisini 5.40,  $P_{5-4}$  kutuplanmasında ise 4.46 yapmaktadır. Şev genel olarak duraylıdır.

## ŞEV-13

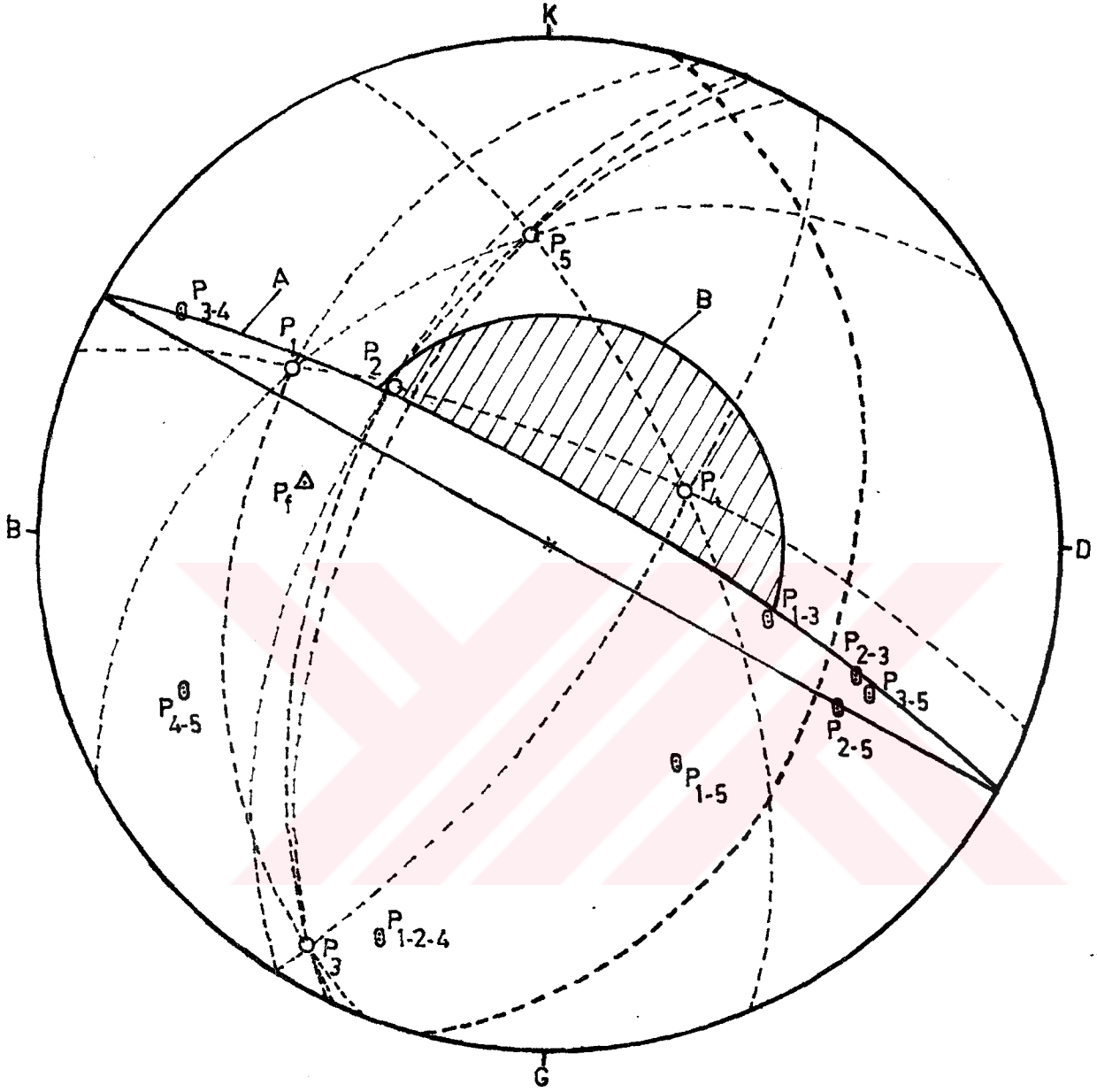
Zigana tüneli-Gürgenağaç arasında 43+258-43+147 metreleri arasında yer alan bu şev Hamsiköy formasyonunda açılmıştır. Şevde toplam 65 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil 69). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer gözönüne alınarak, bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 70).

Süreksizliklerde kayma olasılığı olmadığı saptanmıştır.



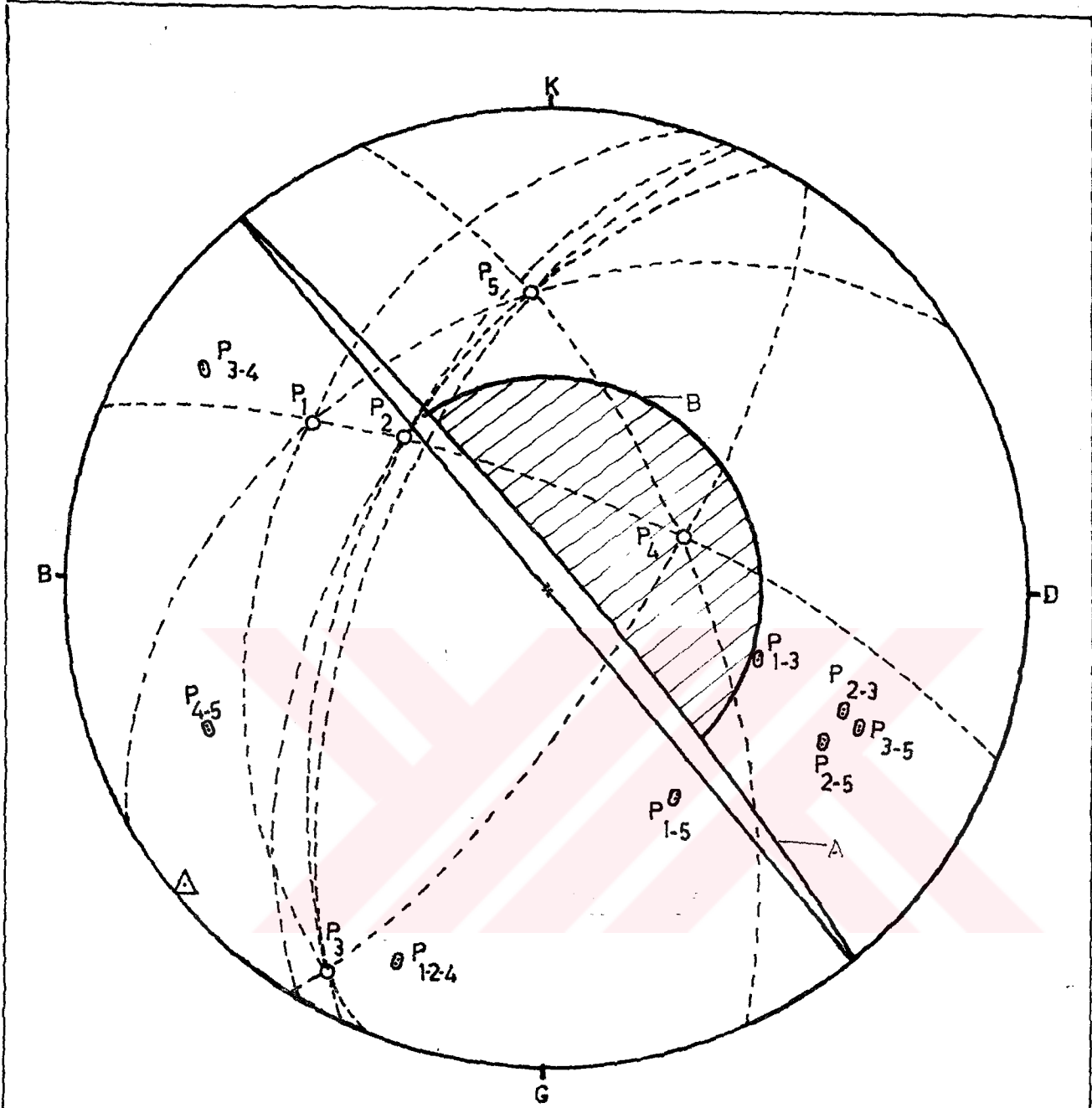
%	11-9	9-7	7-5	5-3	3-1
İŞARETLER		•••••	×××××		◊◊◊◊◊

Şekil.6943.258\_43.147 metreler arasında kalan yol şevine ait, eş alanlı projeksiyon yardımı ile yapılan 65 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı



- ▲ : Şev düzleminin kutbu  
 A : Şev düzlemi (28/80)  
 B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge ( $\phi = 28^\circ$ )  
 ○ : Çatlak takımlarına ait kutup noktaları  
 ⊙ : Çatlak takımı arakesit doğrularına ait kutup noktaları

Şekil 70.43-258\_147 metreler arasında kalan yol şevinin üst kısmında, içsel sürtünme açısı  $0^\circ$ 'nin  $28^\circ$  olması durumunda andezitik tüflerde duraylılık analizi.



- A : Şev düzlemi (50/87)  
 B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge ( $\theta = 31^\circ - 35^\circ$ )  
 O : Çatlak takımlarına ait kutup noktaları  
 Ø : Çatlak takımları arakesit doğrularına ait kutup noktaları  
 Δ : Şev düzleminin kutbu

Şekil.71.43-258\_43147 metreleri arasında kalan yol şevinde, içsel sürtünme açısı  $\theta$ 'nin  $31^\circ$  ve  $35^\circ$  olması durumunda andezitik tüflerde duraylılık analizi.

## YORUM

43+258-43+217 metreleri arasında kalan yol şevinin, duraylılık analizi sonuçları:

Andezit tüflerden oluşmuş yol şevinin (41 metre) genelde duraylı olduğu Şekil 70 ve 71 de görülmektedir.

Genel olarak şev iki kısımda incelenmiştir.

1. Şev üst kısmı (şev düzleminin konumu: 28/80)

2. Şev alt kısmı (şev düzleminin konumu: 50/87)

aynı çatlak sistemleri şevin hem alt hemde üst yüzeyinde hakimdir. Şev üst yüzeyinde andezitik tüfler killi seviyeler içermektedir. Bu yüzden bu seviyelerde birim yüzey sularının etkisinden daha çok etkilenmiştir. Neticede içsel sürtünme açısı " $\phi$ " andezitler için en düşük değer olan ( $\phi_{ultimate}$ )  $28^\circ$  alınmıştır. Analiz de bu açıya göre yapılmıştır (Şekil 55).

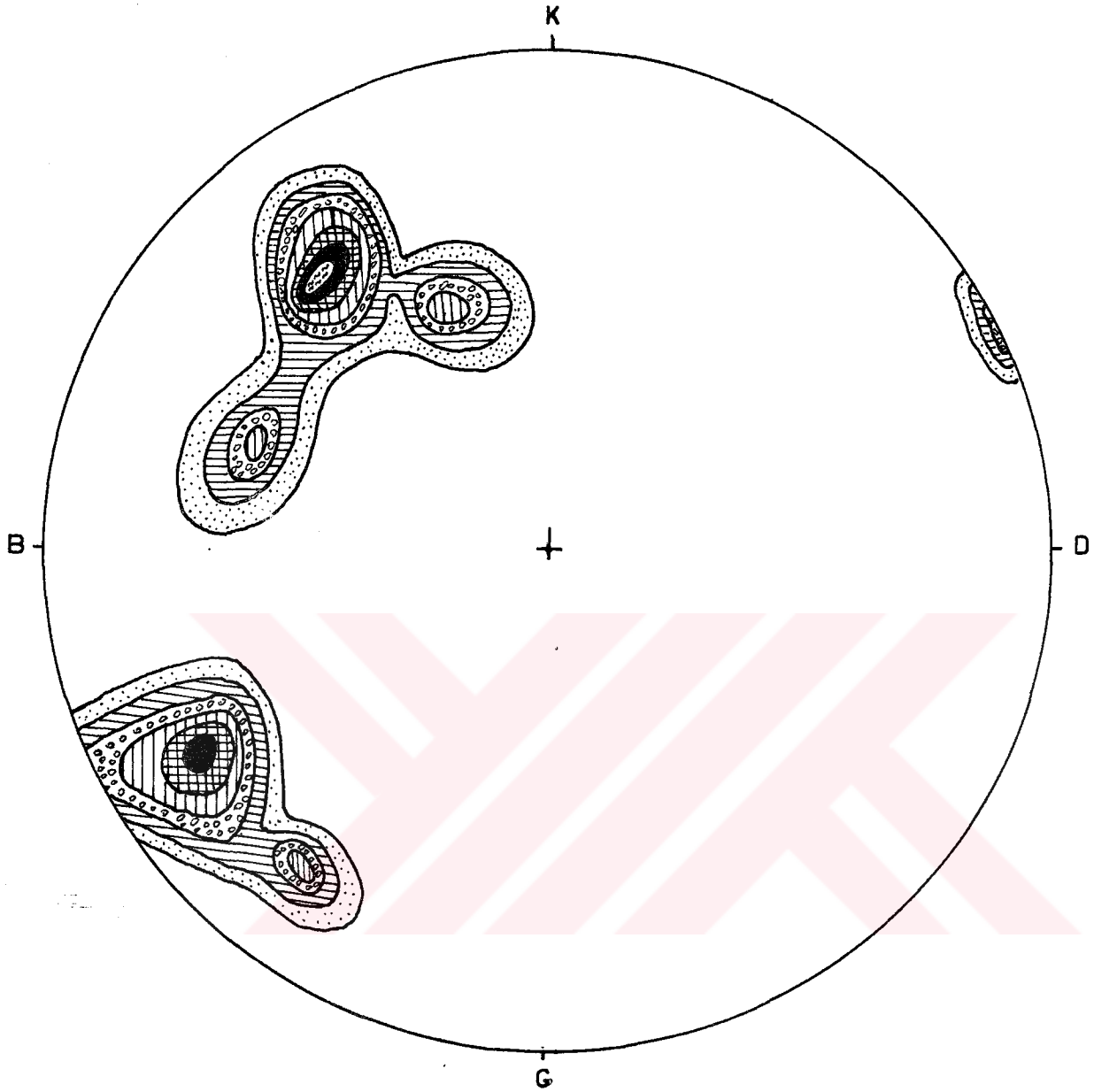
Şev alt kısmında içsel sürtünme açısı; " $\phi$ "  $31^\circ-35^\circ$  olarak alınmıştır.

$P_{1-3}$ ,  $P_{2-3}$ ,  $P_{2-5}$ ,  $P_{1-2-4}$ ,  $P_{4-5}$ ,  $P_{4-3}$  noktaları ( $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$  kutuplaşmalarına bağlı noktalardan geçen büyük dairelerin kutup noktaları) duraysız bölge içerisine düşmemiştir. Şev üst kısmında, 103/40 konumlu (doğrultu atımlı fay) fay düzlemi şevde bir problem oluşturmamaktadır.

Bütün bu veriler ışığında şev duraylı görülmektedir.

## ŞEV-14

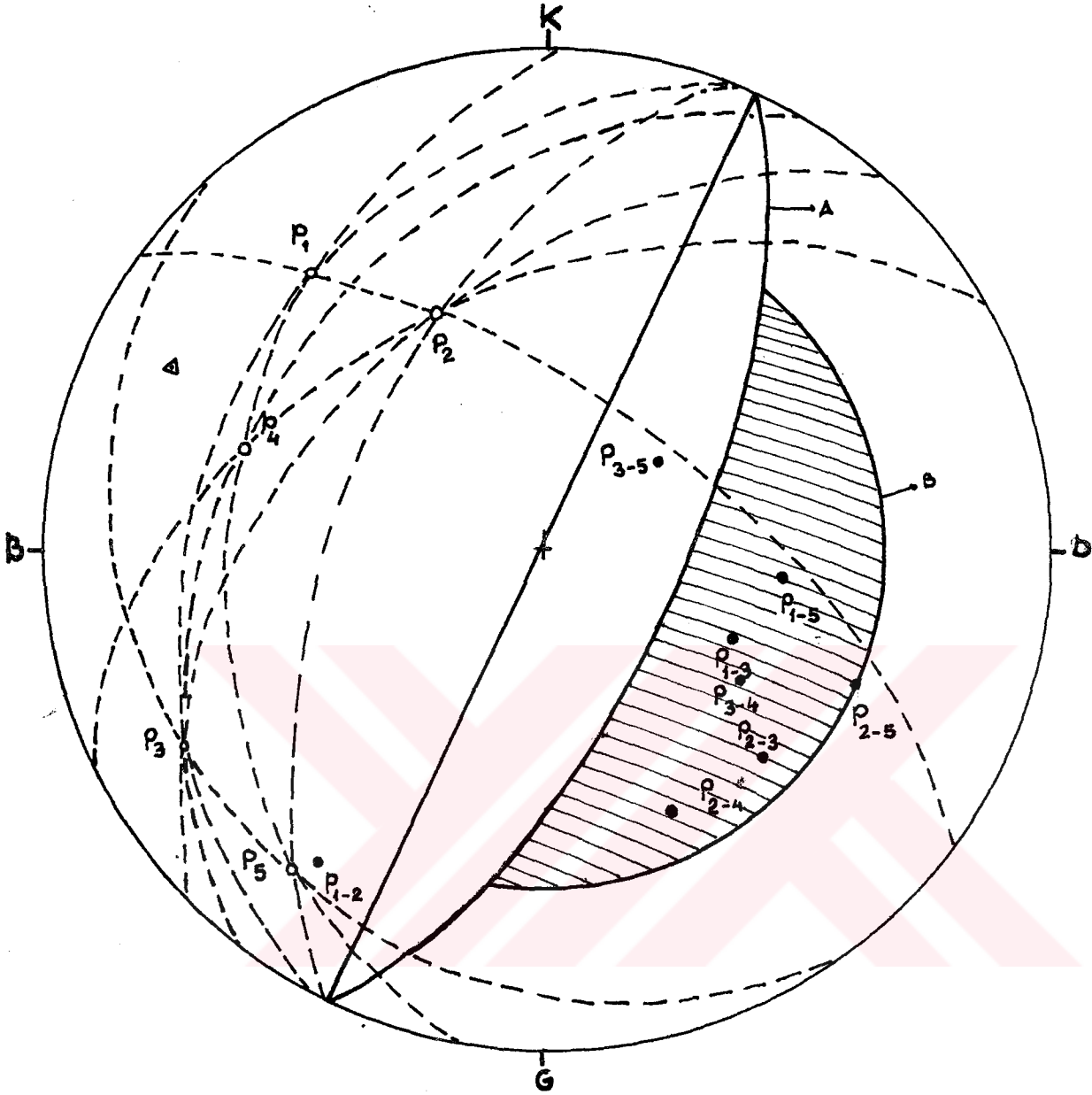
Zigana tüneli-Gürgenağaç yolunun 40+918-40+848 metreleri arasında yer alan bu şev Hamsiköy formasyonunda açılmıştır. Şevde toplam 50 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanılarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil 72). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alınarak, bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadıkları araştırılmıştır (Şekil 73). Kayma olasılığı olan süreksizlikler ve bunların oluşturdukları kaya kamaları ele alınarak olası kayma yönleri (Şekil 74) belirlenmiş ve şeve ait karakteristikler ( $\beta, \epsilon, A$  ve  $B$  oranları) bulunmuştur. Bu veriler yardımıyla analitik ve grafik analizler yapılmıştır (sayfa 167).



ALT YARI KÜRE

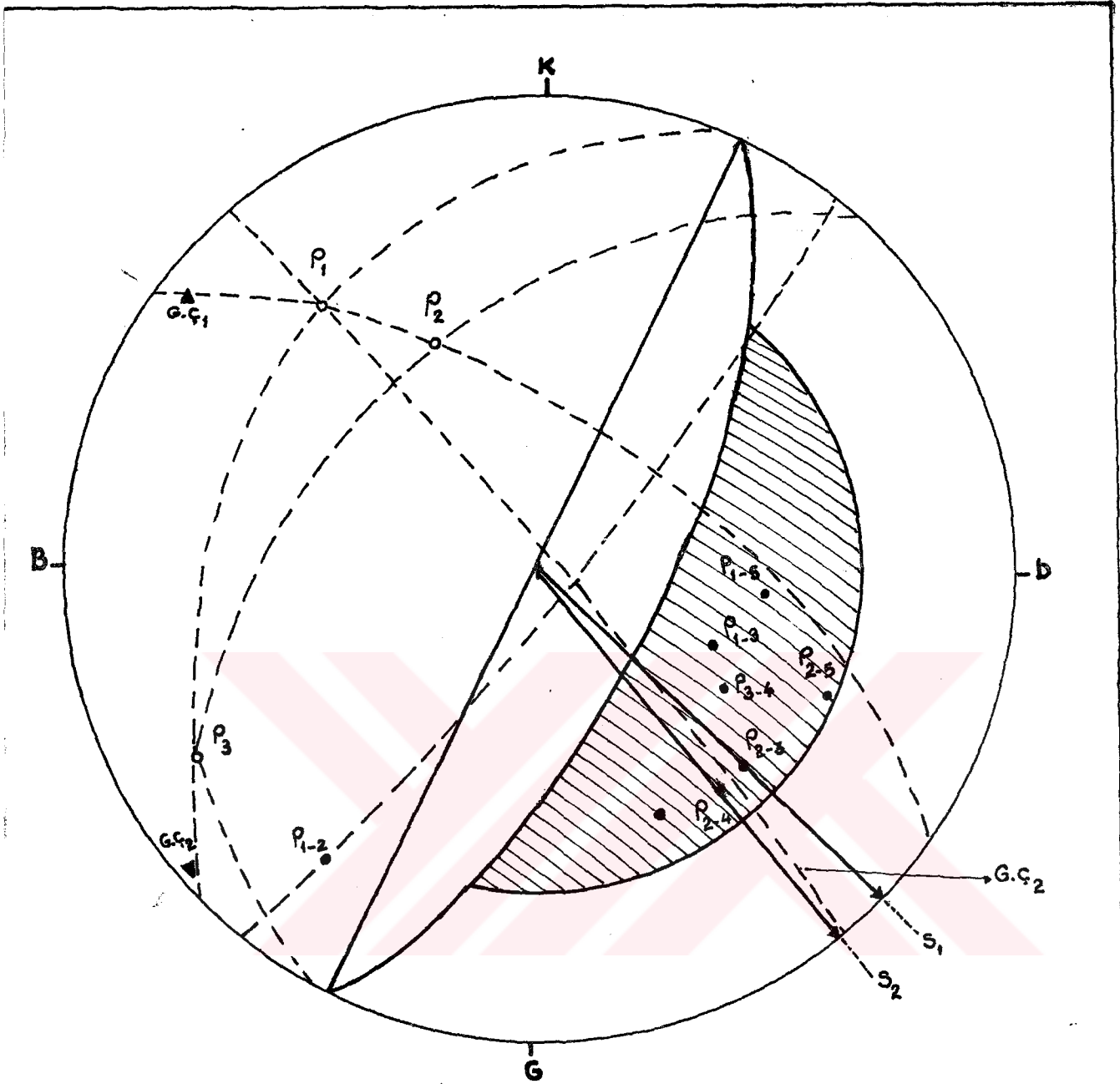
%	>13	13-11	11-9	9-7	7-5	5-3	3-1
İŞARETLER							

Şekil-72 40+918-40+848 metreleri arasındaki yol şevine ait, eş alanlı projeksiyon ağı yardımıyla elde edilen, 50 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı



- A: Şev düzlemi  
 B: Çatlaklardaki sürtünme açısı (Bazalt)  
 Δ: Şev düzlemi kutbu  
 ○: Çatlak takımları kutup noktaları  
 ●: Çatlak takımları arakesit doğruları kutbu  
 ) : Duraylılık açısından tehlikeli bölge

Şekil- 73 40+918-40+848 metreleri arasındaki yol şevine ait kontur diyagramından yararlanılarak yapılan duraylılık analizi



$S_1$  : Olası kayma yönü

$S_2$  : Şevde meydana gelen kaymanın yönü

$GÇ_2$  : Hareketin oluşmasında etkili olan gerilme  
çatlağı

Şekil-74: 40+918-40+848 metreler arasındaki yol şevinde eş alanlı projeksiyon ağı yardımı ile saptanan kayma yönü ( $S_1$ ), şevin bozulması ile oluşan kayma yönü ( $S_2$ ) arasındaki ilişki



$P_2$  ve  $P_3$  kutup noktalarının ara kesit doğrusunun kutbu olan  $P_{2-3}$  kutbunun analizi:

1-A) Analitik Çözüm:

$P_2$  düzlemi 155/42

$$\beta = 115^\circ, \quad \varepsilon/2 = 40^\circ, \quad \psi_{ip} = 42^\circ, \quad \phi = 31^\circ$$

$P_3$  düzlemi 62/69

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_{ip}}; \quad G_s = \frac{0.90}{0.64} \cdot \frac{0.60}{0.90} = 1.40 \times 0.66$$

$$G_s = 0.92$$

B) Grafik Çözüm

Yatım farkı :  $27^\circ$  , Yatım yönü farkı :  $93^\circ$

$$A = 1.1, \quad B = 0.35, \quad \phi = 31^\circ$$

$$G_s = A \tan \phi + B \tan \phi$$

$$G_s = 1.1 \times 0.6 + 0.35 \times 0.6 = 0.66 + 0.19 = 0.85$$

$P_1$  ve  $P_3$  kutup noktalarının arakesit doğrusunun kutbu olan  $P_{1-3}$  kutbunun analizi:

2.A) Analitik Çözüm:

$P_3$  düzlemi 62/69

$$\beta = 104^\circ, \quad \varepsilon/2 = 36^\circ, \quad \psi_{ip} = 56^\circ, \quad \phi = 31^\circ$$

$P_1$  düzlemi 140/60

$$G_s = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan \phi}{\tan \psi_{ip}}; \quad G_s = \frac{0.97}{0.58} \cdot \frac{0.6}{0.48} = 1.67 \times 0.4 = 0.67$$

B) Grafik Çözüm:

Yatım farkı:  $9^\circ$  , Yatım yönü farkı:  $78^\circ$

$$A = 0.6, \quad B = 0.3, \quad \phi = 31^\circ$$

$$G_s = A \tan \phi + B \tan \phi$$

$$G_s = 0.6 \times 0.6 + 0.3 \times 0.6 = 0.36 + 0.18 = 0.54$$

$P_1$  ve  $P_5$  kutup noktalarının arakesit doğrusunun kutbu olan  $P_{1-5}$  kutbunun analizi

3.A) Analitik Çözüm:

$P_1$  düzlemi 140/60

$P_5$  düzlemi 39/68

$$\beta = 97^\circ, \quad \varepsilon/2 = 45^\circ, \quad \psi_{ip} = 50^\circ, \quad \phi = 31^\circ$$

$$G_s = \frac{\sin\beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan\phi}{\tan\psi_{ip}}; \quad G_s = \frac{0.99}{0.7} \cdot \frac{0.6}{1.19} = 1.41 \times 0.5 = 0.70$$

B) Grafik Çözüm:

Yatım farkı:  $8^\circ$ , Yatım yönü farkı:  $101^\circ$

$$A = 0.6, \quad B = 0.45, \quad \phi = 31^\circ$$

$$G_s = A \tan\phi + B \tan\phi$$

$$G_s = 0.6 \times 0.6 + 0.6 \times 0.45 = 0.36 + 0.27 = 0.63$$

$P_2$  ve  $P_5$  kutup noktalarının arakesit doğrusunun kutbu olan  $P_{2-5}$  kutbunun analizi

4-A) Analitik Çözüm:

$P_2$  düzlemi 155/42

$P_5$  düzlemi 39/68

$$\varepsilon/2 = 46^\circ, \quad \beta = 107^\circ, \quad \psi_{ip} = 34^\circ, \quad \phi = 31^\circ$$

$$G_s = \frac{\sin\beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan\phi}{\tan\psi_{ip}}; \quad G_s = \frac{0.95}{0.72} \cdot \frac{0.6}{0.67} = 1.32 \times 0.89$$

$$G_s = 1.17$$

B) Grafik Çözüm:

Yatım farkı:  $26^\circ$ , Yatım yönü farkı:  $116^\circ$

$$A = 1.45, \quad B = 0.6$$

$$G_s = A \tan\phi + B \tan\phi$$

$$G_s = 1.45 \times 0.6 + 0.6 \times 0.6$$

$$G_s = 1.23$$

$P_3$  ve  $P_4$  kutup noktalarının arakesit doğrusunun kutbu olan  $P_{3-4}$  kutbunun analizi:

5.A) Analitik Çözümü:

$P_3$  düzlemi 62/69

$$\beta = 124^\circ, \quad \varepsilon/2 = 23^\circ, \quad \psi_{ip} = 50^\circ, \quad \phi = 31^\circ$$

$P_4$  düzlemi 108/52

$$G_s = \frac{\sin\beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan\phi}{\tan\psi_{ip}} = \frac{0.83}{0.39} \cdot \frac{0.6}{1.19} = 2.13 \times 0.50 = 1.065$$

B) Grafik Çözüm:

Yatım :  $17^\circ$  , Yatım yönü farkı:  $46^\circ$

$A = 1.7$  ,  $B = 0.4$

$$G_s = A \tan\phi + B \tan\phi$$

$$G_s = 1.7 \times 0.6 + 0.4 \times 0.6 = 1.02 \times 0.24 = 1.26$$

$P_4$  ve  $P_2$  kutup noktalarının arakesit doğrusunun kutbu olan  $P_{4-2}$  kutbunun analizi:

6.A) Analitik Çözüm:

$P_4$  düzlemi 108/49

$$\beta = 105^\circ, \quad \varepsilon/2 = 18^\circ, \quad \psi_{ip} = 43^\circ, \quad \phi = 31^\circ$$

$P_2$  düzlemi 155/42

$$G_s = \frac{\sin\beta}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \cdot \frac{\tan\phi}{\tan\psi_{ip}} = \frac{0.96}{0.30} \cdot \frac{0.6}{0.9} = 3.2 \times 0.6 = 1.92$$

B) Grafik Çözüm:

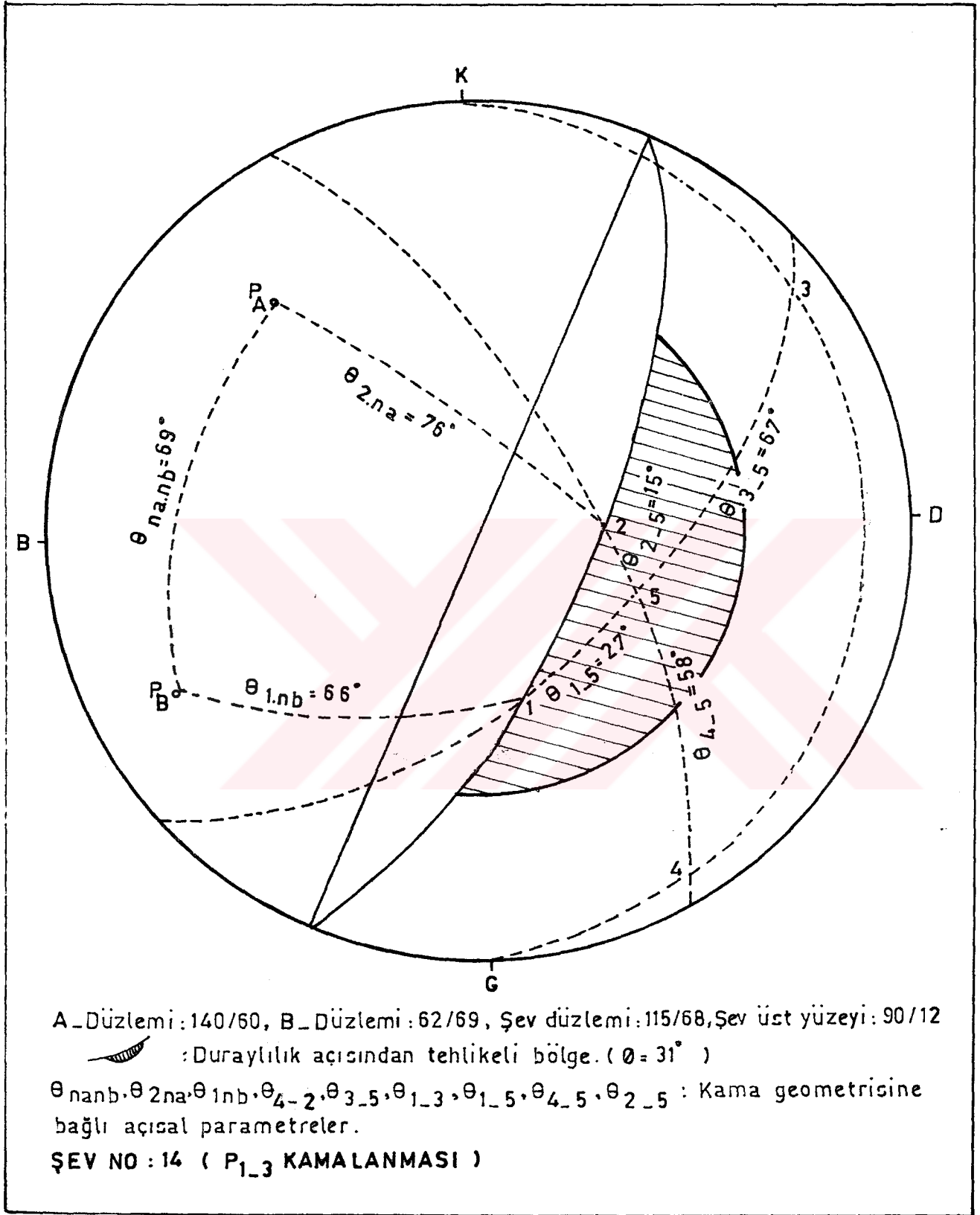
Yatım farkı:  $10^\circ$

Yatım yönü farkı:  $47^\circ$

$A = 1.2$  ,  $B = 0.6$

$$G_s = A \tan\phi + B \tan\phi$$

$$G_s = 0.6 \times 1.1 + 0.35 \times 0.6 = 0.66 + 0.190 = 0.95$$



Şekil.75 40.918\_848 metreler arasında yer alan yol şevine ait (Bazaltik tüf) kama tipi olası kitle hareketinde, kama-geometrisine bağlı yapısal elemanların eş alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.

P<sub>1-3</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:

Şev yeri : 40+918-848 metreler arası

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde elde edilen güvenlik sayıları: G<sub>SA</sub> : 0.67 , G<sub>SG</sub> : 0.54

P<sub>A</sub> : 140/60 , P<sub>B</sub> : 62/69

Şev düzlemi: 115/68 , Şev üst yüzeyi: 90/12

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile elde edilen veriler; (Şekil.75)

$$\theta_{na.nb} : 69^\circ, \theta_{2.na} : 76^\circ, \theta_{1.nb} : 66^\circ$$

$$\theta_{53} : 67^\circ, \theta_{15} : 27^\circ, \theta_{13} : 94^\circ$$

$$\theta_{54} : 58^\circ, \theta_{52} : 15^\circ, \theta_{42} : 73^\circ, \psi_5 : 56^\circ$$

$$H = 18 \text{ m.}, C = 2.5 \text{ ton/m}^2, \gamma = 2.7 \text{ ton/m}^3, \phi = 34^\circ$$

$$\phi_{tuf} = \phi (\text{ultimate}) + J_r = 28^\circ + 6^\circ = 34^\circ$$

$$X = \frac{\sin \theta_{42}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.95}{0.84 \times 0.24} = 4.75$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.99}{0.92 \times 0.4} = 2.67$$

$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.5 - 0.36 \times 0.36}{0.83 \times 0.97} = 0.51$$

$$B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.36 - 0.5 \times 0.36}{0.83 \times 0.87} = 0.25$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A x + C_B Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} Y) \tan \phi_B$$

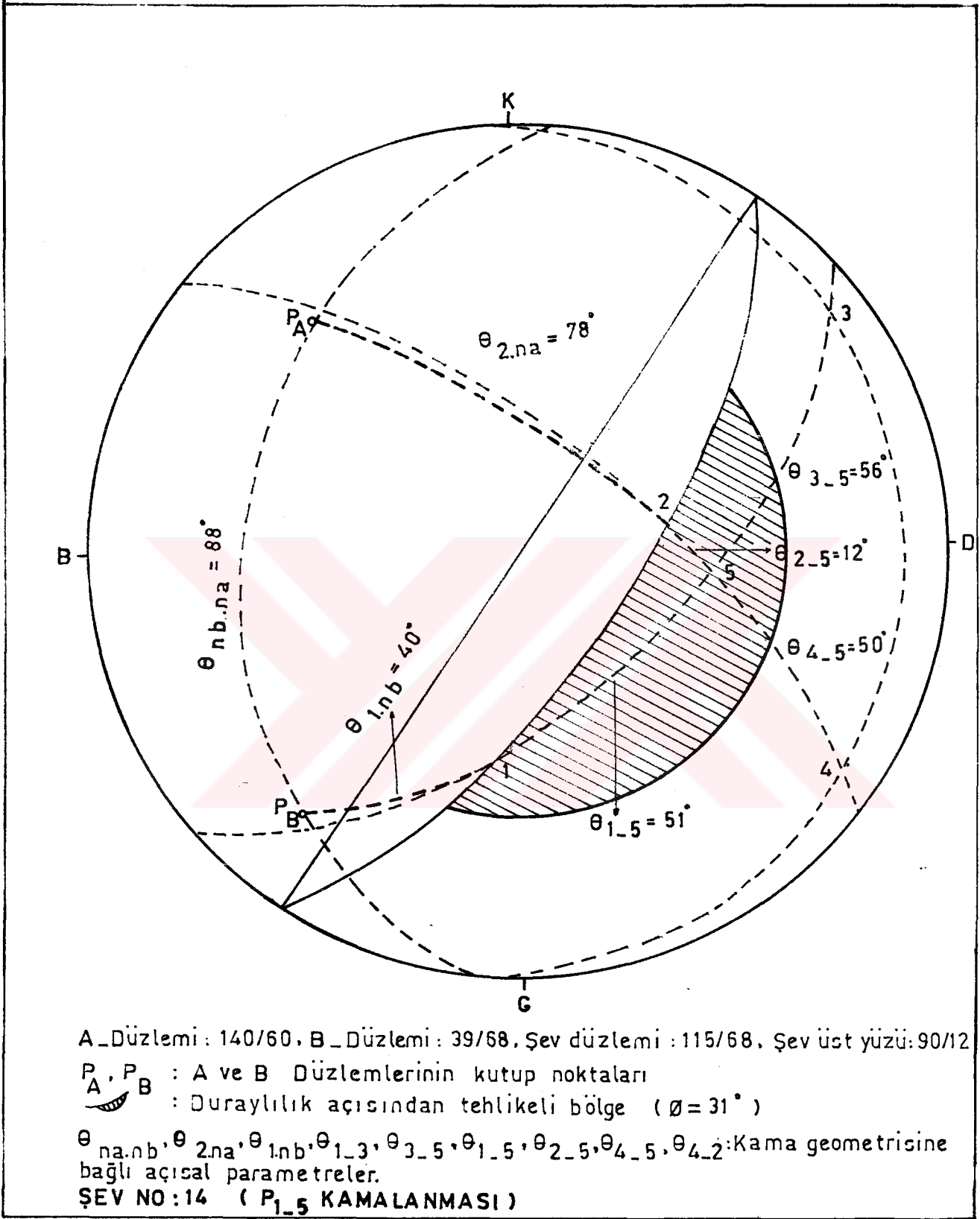
$$F = \frac{3}{2.7 \times 18} [2.5 (4.75 + 2.67) + (0.51 - \frac{4.75}{5.4}) 0.67 + (0.25 - \frac{2.67}{5.4}) 0.67]$$

$$F = 1.14 + (-0.24) + (-0.16) = 0.74$$

Kohezyon etkisi : 1.14

Su basıncı sıfır olması durumunda: F=1.14+0.50 = 1.64 olurdu.

Bu duruma (-0.90) gibi negatif bir etki su basıncı tarafından oluşturulmaktadır.



Şekil.76. 40-918\_848 metreler arasında yer alan yol şevine ait (Bazaltiktüf) kama tipi olası kitle hareketinde, kama geometrisine bağlı yapısal elemanların eş alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.

P<sub>1-5</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumunda:

Şev yeri : 40+918-848 metreler arasında

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde bulunan güvenlik sayı-

ları : G<sub>SA</sub> : 0.70 , G<sub>SG</sub> : 0.63

P<sub>A</sub> : 140/60 , P<sub>B</sub> : 39/68

Şev düzlemi : 115/68 , Şev üst yüzeyi : 90/12

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile elde edilen veriler: (Şeki(.76)

$$\theta_{na.nb}:88^{\circ} , \theta_{2.na}:78^{\circ} , \theta_{1.nb}:40^{\circ}$$

$$\theta_{35}:56^{\circ} , \theta_{15}:51^{\circ} , \theta_{13}:107^{\circ}$$

$$\theta_{45}:50^{\circ} , \theta_{25}:12^{\circ} , \theta_{42}:62^{\circ} , \psi_5:50^{\circ}$$

$$H = 18 \text{ m.} , C=0.25 \text{ kg/cm}^2 , \gamma=2.7 \text{ gr/cm}^3$$

$$\phi_{tuf}=\phi(\text{ultimate})+J_r=28^{\circ}6^{\circ}=34^{\circ}$$

$$X = \frac{\sin\theta_{42}}{\sin\theta_{45} \cos\theta_{2.na}} = \frac{0.88}{0.76 \times 0.20} = 5.5$$

$$Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35} \cos\theta_{1.nb}} = \frac{0.95}{0.83 \times 0.76} = 1.5$$

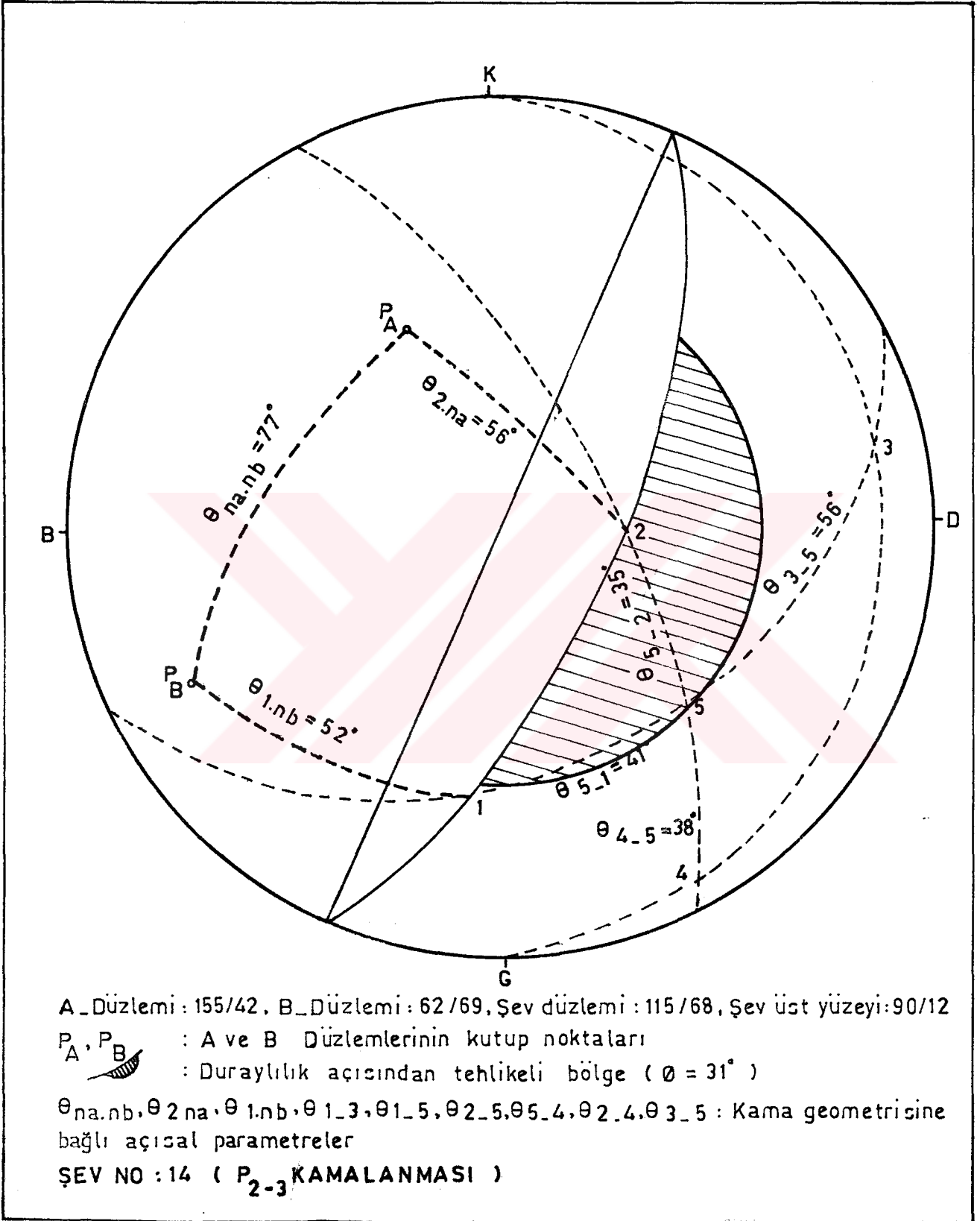
$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.5 - 0.37 \times 0.03}{0.76 \times 0.99} = 0.65$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.37 - 0.5 \times 0.03}{0.76 \times 0.99} = 0.47$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A X + C_B Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan\phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.7 \cdot 18} | 2.5 (5.5 + 1.5) | + (0.65 - \frac{5.5}{5.4}) 0.67 + (0.47 - \frac{1.5}{5.4}) 0.67$$

$$F = 1.28 - 0.24 + 0.13 = 1.17$$



Şekil-77.40 918\_848 metreler arasında yer alan yol şevine ait (Bazaltik tüf) kama tipi olası kitle hareketinde, kama geometrisine bağlı yapısal elemanların eş alanlı projeksiyon yardımı ile belirlenmesi.



P<sub>2-3</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumu:

Şev yeri: 40+918-848 metreler arası

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde elde edilen güvenlik

sayıları: G<sub>SA</sub>: 0.92 , G<sub>SG</sub> : 0.85

P<sub>A</sub>: 155/42 , P<sub>B</sub> : 62/69

Şev düzlemi; 115/68 , Şev üst yüzeyi: 90/12

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile elde edilen veriler;(Şekil.77)

$$\theta_{na.nb}: 77^\circ , \theta_{2.na}: 56^\circ , \theta_{1.nb}: 52^\circ$$

$$\theta_{35}: 56^\circ , \theta_{15}: 41^\circ , \theta_{13}: 97^\circ$$

$$\theta_{45}: 38^\circ , \theta_{25}: 35^\circ , \theta_{24}: 73^\circ , \psi_5: 42^\circ$$

$$H = 18 \text{ m. } C=2.5 \text{ ton/m}^2 , \gamma = 2.7 \text{ ton/m}^3$$

$$\phi_{tuf} = \phi_{(ultimate)} + J_r = 28^\circ + 6^\circ = 34^\circ$$

$$X = \frac{\sin \theta_{42}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.95}{0.61 \times 0.56} = 2.79$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.99}{0.83 \times 0.61} = 1.94$$

$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.74 - 0.35 \times 0.22}{0.67 \times 0.94} = 1.05$$

$$B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.35 - 0.74 \times 0.22}{0.67 \times 0.94} = 0.28$$

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan \phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.7 \cdot 18} | 2.5 (2.79 + 1.94) | + (1.05 - \frac{2.79}{5.4}) \cdot 0.67 + (0.28 - \frac{1.94}{5.4}) \cdot 0.67$$

$$F = 0.73 + 0.35 - 0.05 = 1.08$$

Kohezyon etkisi : 0.72

Su basıncınının sıfır olması halinde güvenlik sayısı:

$$F = 0.72 + 0.70 + 0.18 = 1.60$$

40+918-848 metreleri arasında bulunan yol şevinin  $10^\circ$  yatırılması halinde  $P_{2-3}$  kamalanmasında elde edilen güvenlik sayısı;

Eş alanlı projeksiyonda okunan değerler;

$$\theta_{na.nb} : 77^\circ, \theta_{2.na} : 66^\circ, \theta_{1.nb} : 62^\circ$$

$$\theta_{15} : 31^\circ, \theta_{35} : 56^\circ, \theta_{13} : 87^\circ$$

$$\theta_{52} : 25^\circ, \theta_{45} : 38^\circ, \theta_{24} : 63^\circ, \psi_5 : 42^\circ$$

$$X = \frac{\sin\theta_{42}}{\sin\theta_{45} \cos\theta_{2.na}} = \frac{0.89}{0.61 \times 0.40} = 3.7$$

$$Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35} \cos\theta_{1.nb}} = \frac{0.99}{0.83 \times 0.47} = 2.53$$

Şev  $10^\circ$  yatırılmadan evvelki A ve B değerleri aynı alınır. Çünkü  $\psi_5$ ,  $\theta_{na.nb}$  ve düzlemlerin eğim açıları değişmeyecektir.

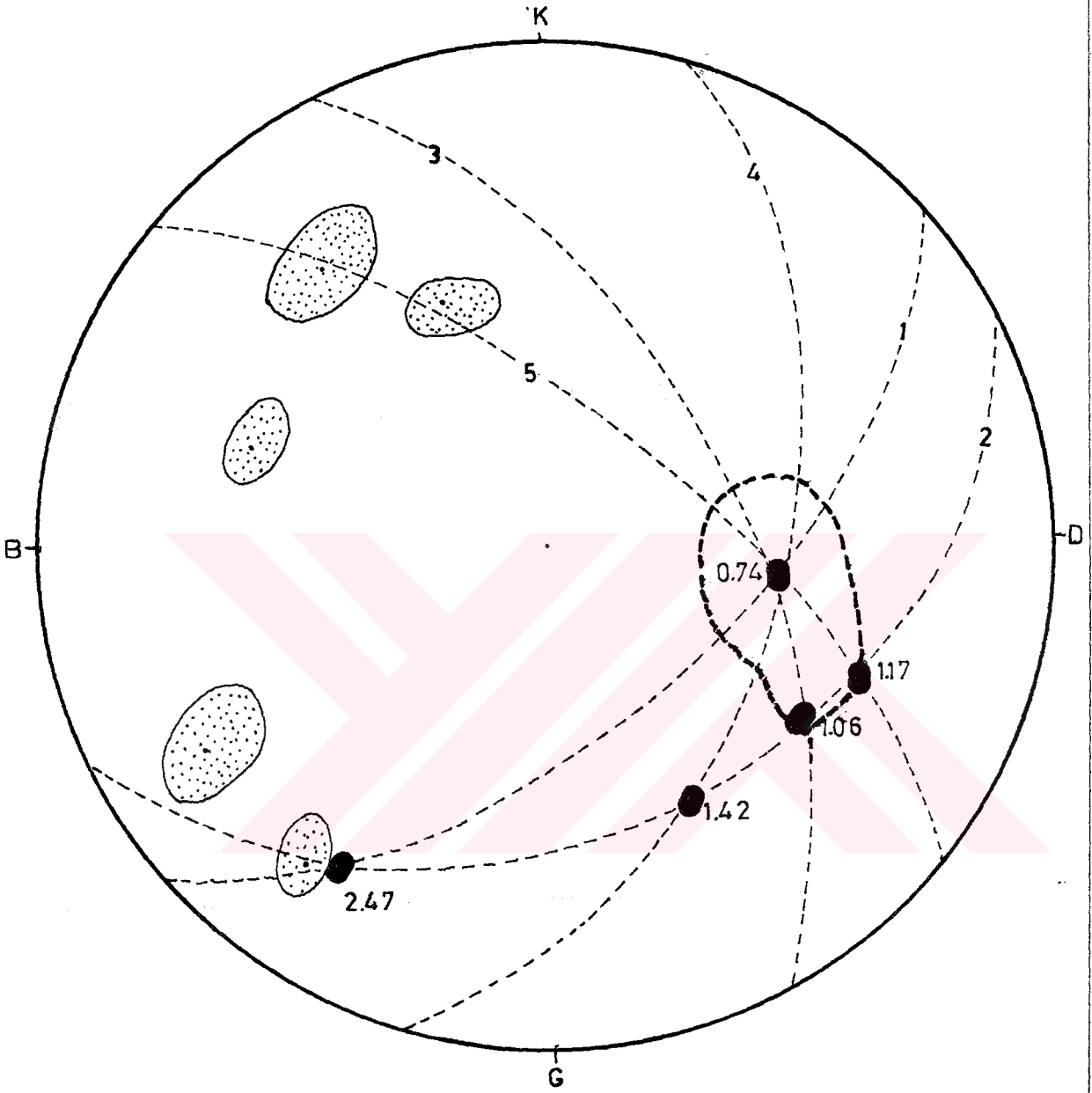
Bu durumda  $A=1.05$  ve  $B=0.28$  dir.

$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan\phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan\phi_B$$

$$F = \frac{3}{1.7 \cdot 18} \cdot 2.5 (3.7 + 2.53) + (1.05 - \frac{3.7}{5.4}) \cdot 0.67 + (0.28 - \frac{2.53}{5.4}) \cdot 0.67$$

$$F = 0.96 + 0.24 - 0.12$$

$$F = 1.08$$



● : Her bir süreksizliğin birbiri ile olan ilişkisinden elde edilen güvenlik katsayıları. (Kohezyon ve su basıncını içeren formül kullanılmıştır.)

⊖ : Ölçülerdeki dağılımı belirleyen kutup kümeleşmeleri.

⊖ : Olası kayma bölgesi

Şekil.78.14-numaralı şevde olası kayma bölgesi.

## YORUM

Şekil 74 'de şevin duraylı olmadığı görülmektedir.  $P_{1-5}$ ,  $P_{1-3}$ ,  $P_{3-4}$ ,  $P_{2-4}$ ,  $P_{2-3}$  ve  $P_{2-5}$  kutup noktaları duraylı olmayan bölge içindedir.  $P_{1-2}$ ,  $P_{3-5}$  kutuplarının ise, şev duraylılığına etkisi pek olmamaktadır. Diğer kutup noktalarına bağlı olarak kamalanmalar (Wedge failure) görülebilir. Bu bakımdan (genel şev duraylılığı açısından) şev duraylı görülmemektedir. Yapılan grafik ve analitik çözümler neticesinde  $P_{3-4}$ ,  $P_{4-2}$ ,  $P_{2-5}$  kutup noktalarında  $G_s > 1$  bulunmuştur. Şev problemi yaratacak olan kamalanmalar ise  $P_{1-5}$ ,  $P_{2-3}$ ,  $P_{1-3}$  kutuplanmalarına bağlı süreksizliklerde oluşacağı saptanmıştır.

Kohezyon ve su basıncını içeren formül  $P_{1-5}$ ,  $P_{2-3}$ ,  $P_{1-2}$  kamalanmalarına uygulanmış ve aşağıdaki değerler bulunmuştur.

$$P_{1-3} \quad F=0.74 \quad , \quad P_{2-3} \quad F=1.03 \quad , \quad P_{1-5} \quad F=1.17$$

Bu durumda  $P_{1-3}$  kamalanmasına bağlı olarak bir kama tipi kayma beklenecektir.  $P_{2-3}$  kamalanmasında durum daha da kritiktir.

Çünkü:

1. Güvenlik sayısı 1 'dir (kritik denge)
2. 47/87 konumlu ( $G_{C2}$ ) gerilme çatlağının büyük dairesi  $P_{2-3}$  arakesit kutbunun çok yakınından geçmektedir. Yani kaymayı artırıcı bir faktör durumundadır.

Bu şevde kayma yönünü belirleyen en önemli faktör ( $G_{C2}$ ) gerilme çatlağı olmuştur.

Bu analiz sonucunun doğruluğu ispatlanmış ve şevin 7 Eylül 1987 de duraylılığı bozulmuş ve kayma yönü (G45E) istikametinde olmuştur. Yukarıda bulunan kayma yönü değeri ise G47E dir.

Şev duraylılığın sağlanabilmesi şevin  $10^\circ$  daha yatırılmasına bağlıdır. Bu durumda maliyetin artmasına sebep olacaktır.

(1 m<sup>3</sup> sağlam kayanın dekapajı 1650 TL dir (1987 yılı fiyatı)).

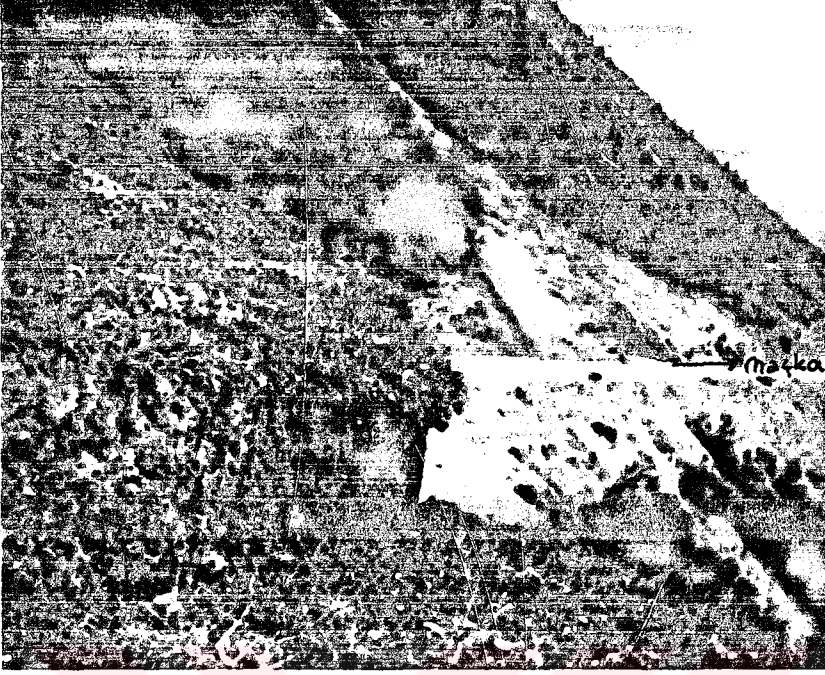


Foto-18  
40+918-40+848 metreler arasındaki şevin kaymadan önceki durumu. Gerilme çatlağının konumu 128/84



Foto-19  
40+918-40+848 metreleri arasındaki şevin kaymadan önceki durumu. Gerilme Çatlağının konumu 45/90, 47/87.

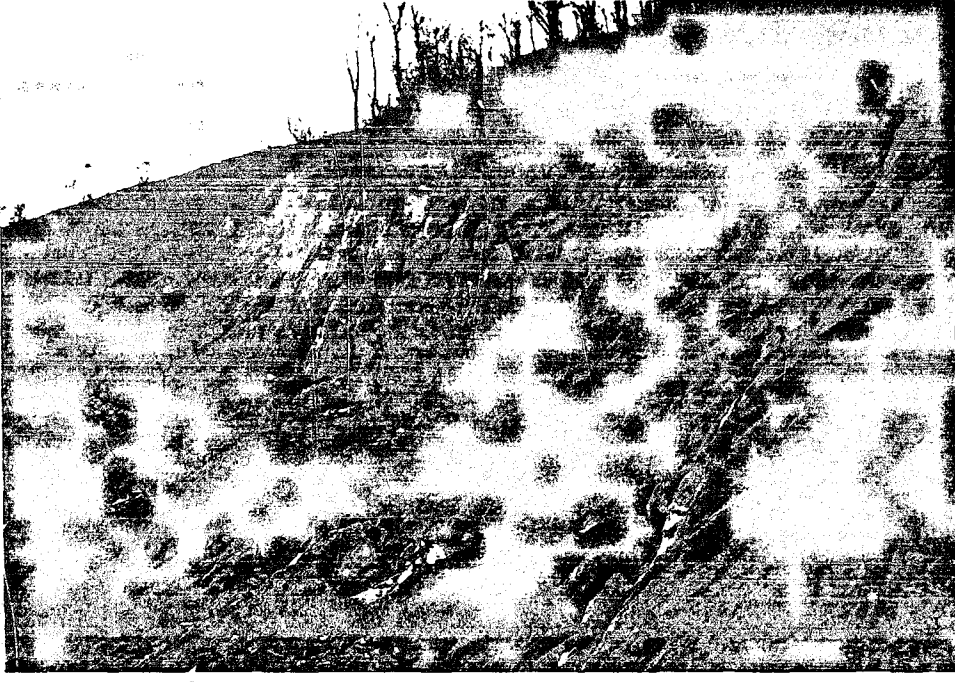


Foto 20  
40+918-40+848 metreleri arasındaki şevin duraylılığı  
bozulduktan sonraki durumu (7 Eylül 1987)



Foto-21  
40+918-40+848 metreleri arasındaki şevin yatırıldıktan  
sonraki bugünkü durumu.

## ŞEV-15

Zigana tüneli-Gürgenağaç yolunun 37+674-36+558 metreleri arasında yer alan bu şev Güzelyeylaköy splitlerinde açılmıştır. Şevde toplam 63 çatlak ölçüsü alınmış ve eş alanlı projeksiyon ağı kullanarak hakim çatlak takımları ve bunların kutup noktaları saptanmıştır (Şekil 79). Bu kutuplardan geçen büyük daireler ikişer ikişer göz önüne alarak, bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı araştırılmıştır (Şekil 80). Kayma olasılığı olan süreksizlikler ve bunların oluşturduğu kaya kamaları ile alınarak olası kayma yönü (Şekil 81) belirlenmiş ve şeve ait karakteristikler bulunmuştur ( $\beta, \epsilon, A$  ve  $B$  oranları). Bu veriler yardımıyla analitik ve grafik analizler yapılmıştır (sayfa. 185).

P<sub>1-4</sub> Kamalanmasının Analizi

## Analitik Çözümü

P<sub>1</sub> düzlemi: 181/60 (A)      P<sub>4</sub> düzlemi: 227/90 (B)

$$\epsilon/2 = 26^\circ \quad \beta = 142^\circ, \quad \psi_{fi} = 54^\circ \quad \phi = 35$$

$$G_s = \frac{0.61}{0.43} \cdot \frac{0.7}{1.37} = 1.41 \times 0.51 = 0.72$$

## Grafik Çözüm:

Yatım farkı:  $30^\circ$       Diyagramından;  $A=0.9, B=0.4$

Yatım yönü farkı:  $46^\circ$

$$G_s = 1 \times 0.7 + 0.4 \times 0.7 = 0.63 + 0.28 = 0.91$$

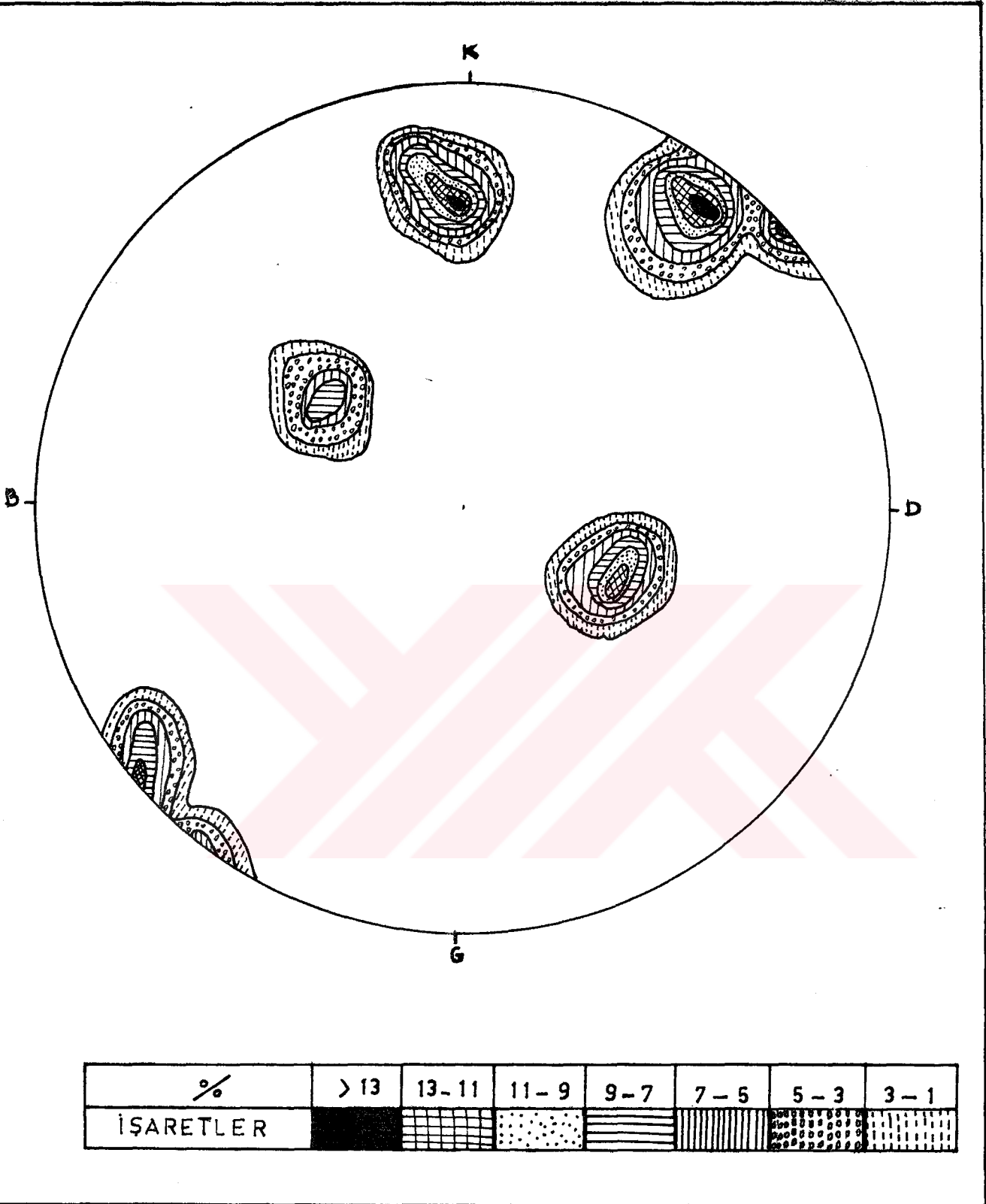
P<sub>1-5</sub> Kamalanmasının Analizi

## Analitik Çözüm:

P<sub>1</sub> düzlemi: 181/60 (B),      P<sub>5</sub> düzlemi: 127/36 (A)

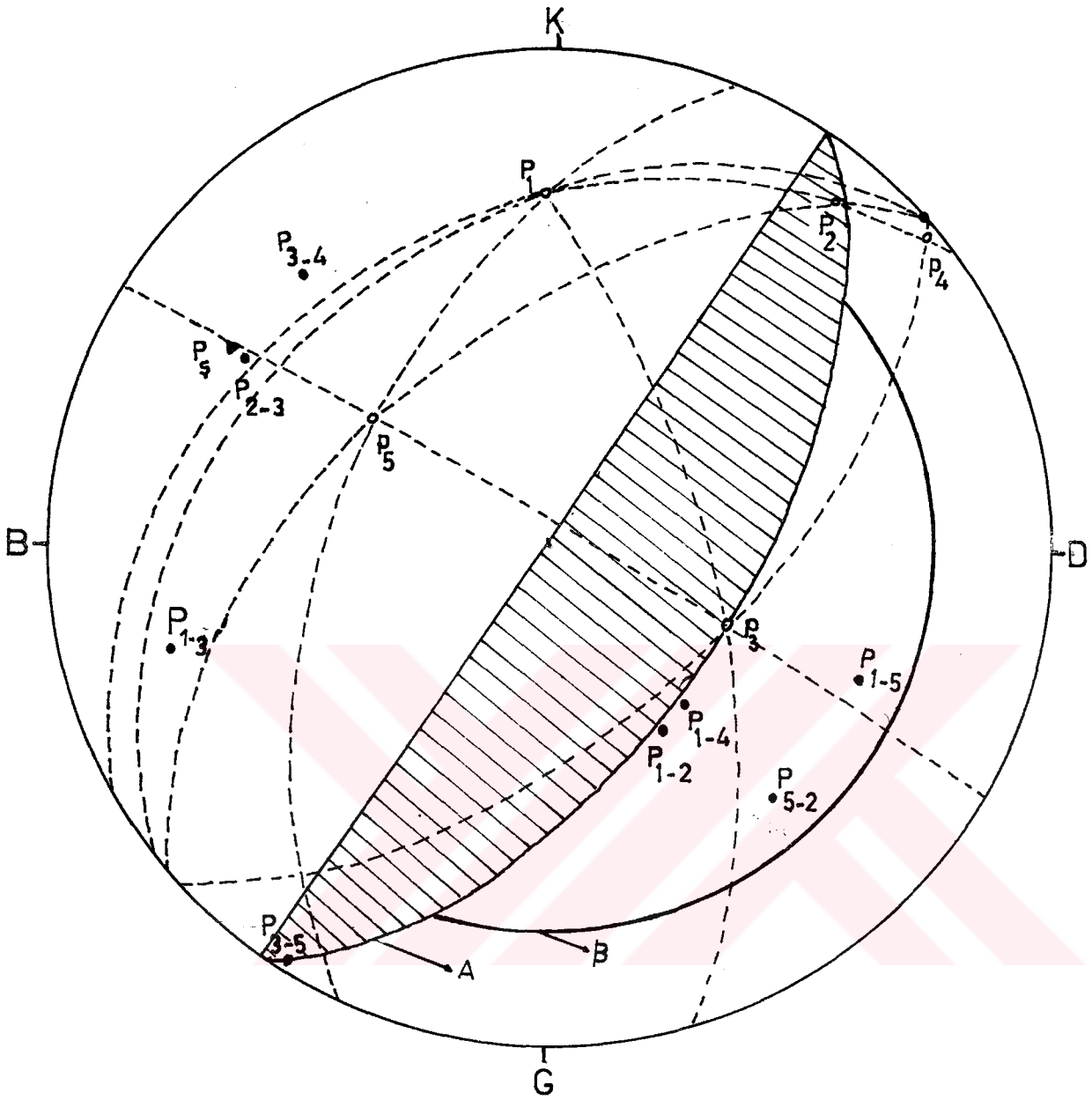
$$\epsilon/2 = 24^\circ \quad \beta = 124^\circ \quad \psi_{fi} = 36^\circ$$

$$G_s = \frac{0.82}{0.4} \cdot \frac{0.7}{0.73} = 2 \times 0.95 = 1.9$$



Şekil: 79. 36 + 674 - 35 + 558 metreleri arasındaki yol şevine ait eş alanlı projeksiyon ağı yardımı ile elde edilen 63 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı





A : Şev düzlemi

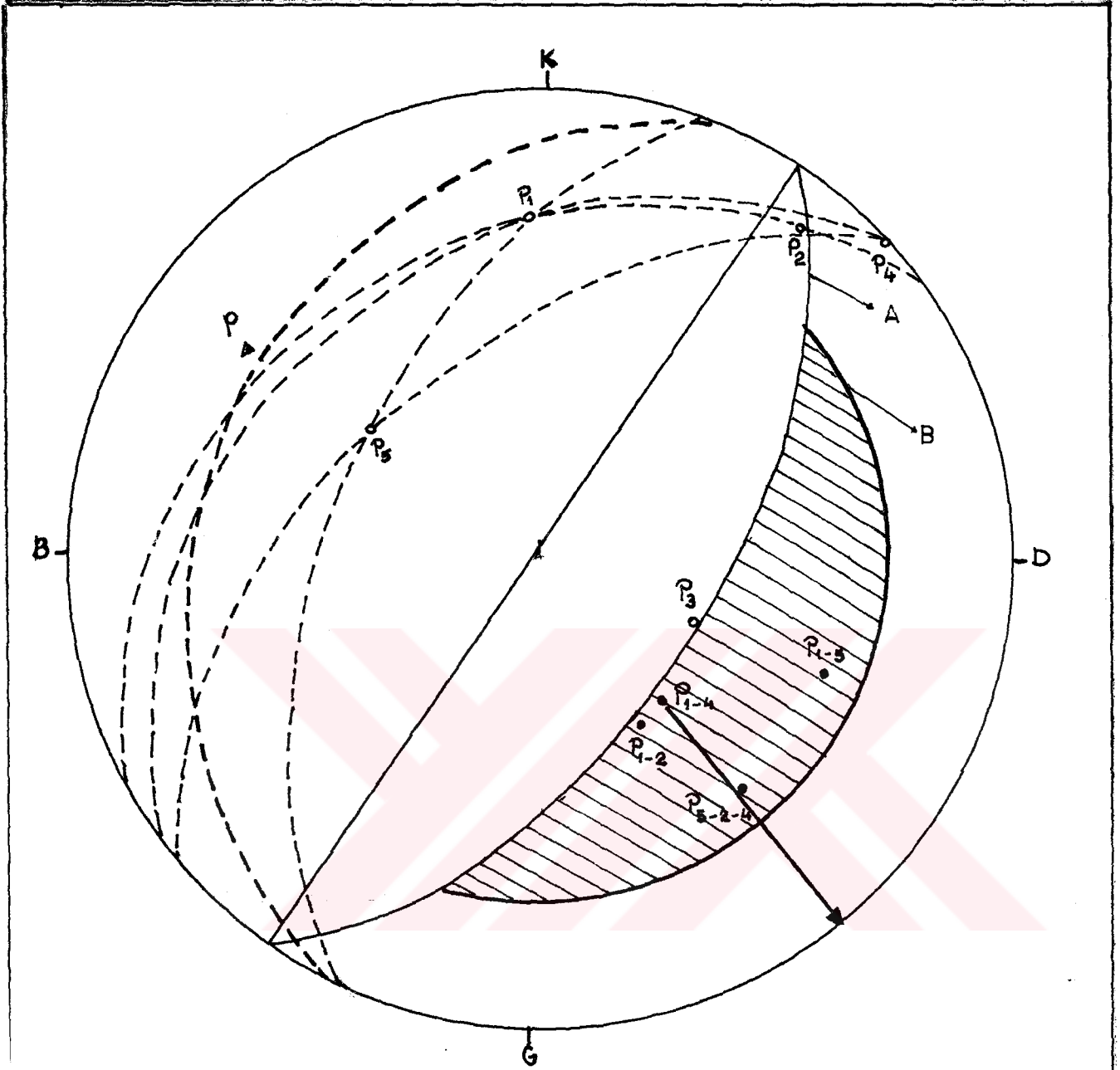
B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge

○ : Çatlak takımları kutup noktaları

● : Çatlak takımları arakesit doğruları kutbu

△ : Şev düzlemi kutbu

Şekil.80. 36+674- 35+558 metreleri arasındaki yol şevinin eşalanlı projeksiyon yardımı ile yapılan duraylılık analizi



- A : Şev düzlemi  
 B : Duraylılık açısından tehlikeli bölge  
 ▲ : Şev düzleminin kutbu  
 ○ : Çatlak takımları kutup noktaları  
 ● : Çatlak takımları arakesit doğruları kutbu

Şekil: br. 36+674-35+558 metreleri arasındaki yol sevi-  
 nin duraylılık analizi neticesinde saptanmış  
 olası kayma yönü

Grafik Çözüm:

Yatım farkı:  $24^{\circ}$

Yatım yönü farkı:  $54^{\circ}$

Diyagramdan

$$G_s = 1.7 \times 0.7 + 0.5 \times 0.7 = 1.19 + 0.35 = 1.54$$

$P_{1-2}$  Kamalanmasının Analizi

Analitik Çözüm:

$P_1$  düzlemi: 181/60 (A)     $P_2$  düzlemi: 218/78 (B)

$$\varepsilon/2 = 20^{\circ} \quad \beta = 138^{\circ}, \quad \psi_{fi} = 55^{\circ}$$

$$G_s = \frac{0.67}{0.34} \cdot \frac{0.7}{0.40} = 1.98 \times 0.50 = 0.99$$

Grafik Çözüm:

Yatım farkı:  $18^{\circ}$

$$A = 1.0$$

$$B = 0.45$$

Yatım yönü farkı:  $37^{\circ}$

$$G_s = 1.0 \times 0.7 + 0.45 \times 0.7 = 0.7 + 0.31 = 1.01$$

$P_{5-2-4}$  Kamalanmasının Analizi:

Analitik Çözüm:

$P_5$  düzlemi: 127/36 (A)     $P_2$  düzlemi: 218/78 (B)

$$\varepsilon/2 = 41^{\circ} \quad \omega = 125^{\circ} \quad \psi_{fi} = 35^{\circ}$$

$$G_s = \frac{0.8}{0.65} \cdot \frac{0.7}{0.7} = 1.23$$

Grafik Çözüm :

Yatım farkı :  $42^{\circ}$

$$A = 1.6$$

$$B = 0.2$$

Yatım yönü farkı:  $91^{\circ}$

$$G_s = 1.6 \times 0.7 + 0.2 \times 0.7 = 1.12 + 0.14 = 1.26$$

P<sub>1-2</sub> kamalanmasında kohezyon ve su basıncının da güvenlik sayısı formülüne katılması ile yeni bir güvenlik sayısı ede edilmesi;

Kamalanmayı oluşturan süreksizlik düzlemleri

A Düzlemi: 181/60, B Düzlemi: 218/78,  $\psi_5 = 55^\circ$ ,

Şev düzlemi: 124/60, Şev üst yüzeyi: 128/10

Dolgu maddesi kohezyonu;  $0.35 \text{ kg/cm}^2 = 3.5 \text{ ton/m}^2$

$\gamma_{\text{Bazalt}} = 2.76 \text{ ton/m}^3$ , Şev yüksekliği = H = 24 m.

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile okunan değerler; (Şekil.82)

$$\theta_{na.nb}: 40^\circ, \theta_{2.na}: 91^\circ, \theta_{1.nb}: 87^\circ, \theta_{2-5}: 3^\circ$$

$$\theta_{1-5}: 2^\circ, \theta_{4-5}: 61^\circ, \theta_{3-5}: 47^\circ, \theta_{1-3}: 49^\circ, \theta_{4-2}: 64^\circ$$

$$X = \frac{\sin\theta_{4-2}}{\sin\theta_{4-5} \cos\theta_{2.na}} = \frac{0.89}{0.87 \times 0.156} = 6.7$$

$$Y = \frac{\sin\theta_{1-3}}{\sin\theta_{3-5} \cos\theta_{1.nb}} = \frac{0.75}{0.73 \times 0.052} = 19.7$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.5 - 0.2 \times 0.766}{0.82 \times 0.41} = 1.06$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a \cos\theta_{na.nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{na.nb}} = \frac{0.2 - 0.5 \times 0.766}{0.82 \times 0.41} = -0.55$$

$$F = \frac{3}{2.76 \times 24} | 3.5 (6.7 + 19.7) | + (1.06 - \frac{6.7}{5.52}) 0.7 + (-0.55 - \frac{19.7}{5.22}) 0.7$$

$$F = \frac{277.2}{66.24} + (-0.1) + (-2.88)$$

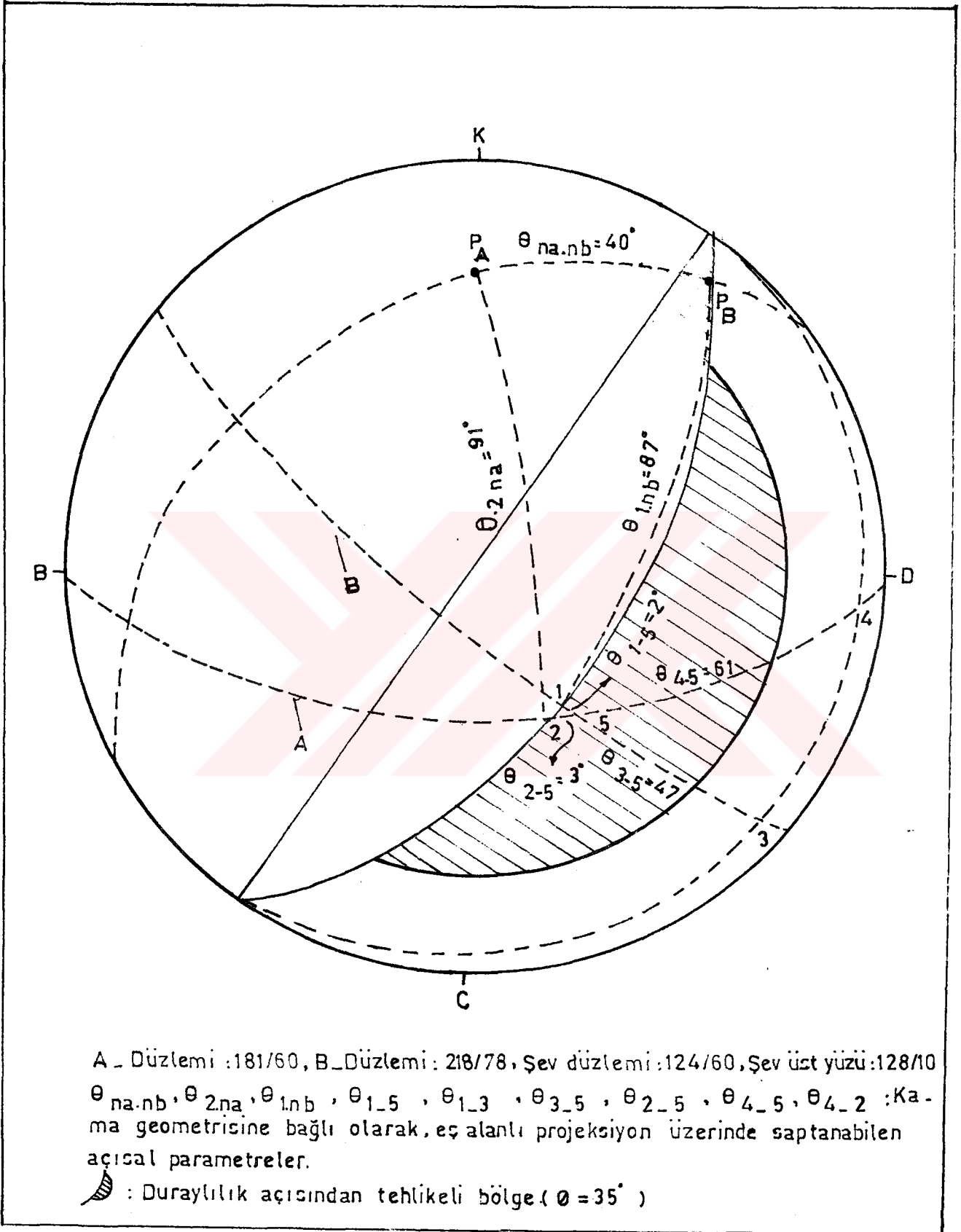
$$F = 4.18 - 2.98 = 1.2$$

Dolgu maddesinin kohezyona etkisi = 4.18 (The effect of the cohesive strength of the gauge material)

Su basıncının etkisi (The effect of the pressure of water)

$$P_w = (-0.64) + (-2.49) = -3.13$$

Kama geometrisinden ileri gelen etki : +0.15



Şekil.82.36 674\_558 metreler arasında yer alan yol şevine ait (Bazalt)  $P_{1,2}$  kamalanmasında, kama-geometrisinden yararlanılarak elde edilen açısal parametrelerin eş alanlı projeksiyon ile belirlenmesi.

P<sub>1-4</sub> eklem takımının kohezyon ve su basıncını içermesi durumu:

Şev yeri: 36+674-558 metreler arası

Kayma sadece sürtünme ile engellendiğinde elde edilen güvenlik

sayıları:  $G_{S_A}: 0.72$  ,  $G_{S_G}: 0.91$

$P_A : 181/60$  ,  $P_B : 227/90$

Şev düzlemi: 124/60, Şev üst yüzeyi: 128/10

Eş alanlı projeksiyon yardımı ile elde edilen veriler; (Şekil.83)

$$\theta_{na.nb}: 127^\circ, \theta_{2.na}: 83^\circ, \theta_{1.nb}: 81^\circ$$

$$\theta_{35}: 57^\circ, \theta_{15}: 10^\circ, \theta_{13}: 67^\circ$$

$$\theta_{45}: 44^\circ, \theta_{25}: 6^\circ, \theta_{42}: 69^\circ, \psi_5: 54^\circ$$

$$H=24 \text{ m.}, C=3.5 \text{ ton/m}^2, \phi = 35^\circ \text{ (Bazalt)}, \gamma = 2.76 \text{ ton/m}^3$$

$$X = \frac{\sin \theta_{42}}{\sin \theta_{45} \cos \theta_{2.na}} = \frac{0.93}{0.69 \times 0.12} = 11.62$$

$$Y = \frac{\sin \theta_{13}}{\sin \theta_{35} \cos \theta_{1.nb}} = \frac{0.92}{0.83 \times 0.15} = 7.07$$

$$A = \frac{\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0.5 - 0}{0.80 \times 0.63} = 0.98$$

$$B = \frac{\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}}{\sin \psi_5 \sin^2 \theta_{na.nb}} = \frac{0 - 0.5 \times (-0.60)}{0.51} = 0.59$$

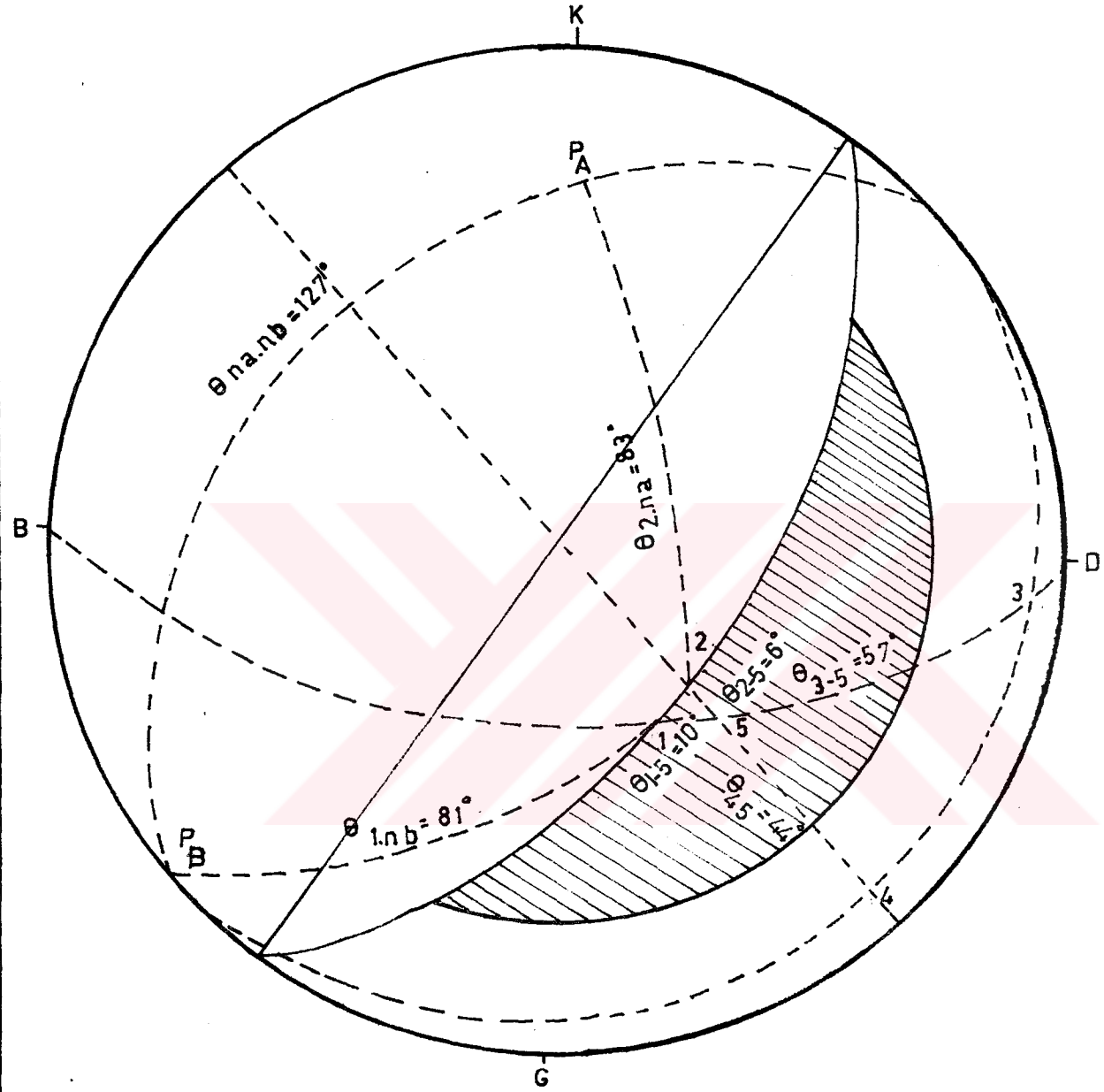
$$F = \frac{3}{\gamma H} (C_A \cdot X + C_B \cdot Y) + (A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot X) \tan \phi_A + (B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} \cdot Y) \tan \phi_B$$

$$F = \frac{3}{2.76 \cdot 24} | 3.5 (11.62 + 7.07) | + (0.98 - \frac{11.62}{5.52}) 0.7 + (0.59 - \frac{7.07}{5.52}) 0.7$$

$$F = 2.96 - 0.78 - 0.48 = 1.69$$

Su basıncı sıfır ise;

$$F = 2.96 + 0.68 + 0.41 = 4.05 \text{ olur.}$$



A\_Düzlemi : 181/60 , B\_Düzlemi : 227/90 , Şev düzlemi : 124/60 , Şev üst yüzü : 128/10

$\theta_{na.nb}$ ,  $\theta_{2.na}$ ,  $\theta_{1.nb}$ ,  $\theta_{1.3}$ ,  $\theta_{1.5}$ ,  $\theta_{3.5}$ ,  $\theta_{2.4}$ ,  $\theta_{4.5}$ ,  $\theta_{2.5}$  : Kama geometrisine bağlı açısal parametreler.

☞ : Duraylılık açısından tehlikeli bölge.  $\emptyset : 35^\circ$

Şekil 83.36.674\_558 metreler arasında yer alan yol şevine ait (bazalt)  $R_{41}$  kamalanmasında, kama geometrisinden yararlanılarak elde edilen açısal parametrelerin eş alanlı projeksiyon ile belirlenmesi.

## YORUM

36+674-35+558 metreleri arasındaki ycl şevinin eş alanlı projeksiyon yardımıyla yapılan duraylılık analizi neticesinde, çatlak takımlarına ait arakesit doğruları kutuplarından  $P_{1-2}$ ,  $P_{1-4}$ ,  $P_{1-5}$ ,  $P_{5-2}$  duraylılık açısından tehlikeli bölge içerisine düşmüştür. Bu süreksizliklere bağlı olarak şevde kama tipi kayma olasılığı vardır.

Duraylılık açısından tehlikeli bölge içerisinde kalan kutuplanmaların analitik ve grafiksel irdelenmelerinin neticesinde  $P_{1-4}$  ve  $P_{1-2}$  çatlak takımları arakesit doğrularının kutuplarında güvenlik sayıları sırası ile; analitik çözümlemede  $G_{S_{1-4}}:0.72$ ,  $G_{S_{1-2}}:0.99$  ve grafiksel çözümlemede ise;  $G_{S_{1-4}}:0.91$ ,  $G_{S_{1-2}}:1.01$  dir. Elde edilen güvenlik sayıları kayma sadece sürtünme ile engellenmesi durumunda geçerlidir. (Kohezyon etkisi sıfır kabul edilmesi durumunda). Bu durumda  $P_{1-4}$  arakesit doğrusuna bağlı olarak G40D yönünde,  $P_{1-2}$  arakesit doğrusuna bağlı olarak da G31D yönünde bir kayma beklenmesi gerekecekti. Diğer arakesit doğrularına bağlı olarak oluşan kutuplanmalara ait kamalanmalarda şev duraylılığı açısından zaten bir tehlike söz konusu değildir.

Süreksizlik yüzeyleri arasını dolduran dolgu maddesinin kohezyonu göz önüne alındığında elde edilen güvenlik sayıları;  $F_{1-2}=1.20$ ,  $F_{1-4}=1.69$  dur. Dolayısıyla  $P_{1-2}$ ,  $P_{1-4}$  kutuplanmaları dahil tüm kamalanmalarda bir kitle hareketi (kayma) söz konusu değildir (duraylı şev).

(Liyas yaşlı bazaltlara ait bu yol şevinde gerekli yatım açıları, TCK tarafından yolun bu kilometrelerine verilmiştir.).



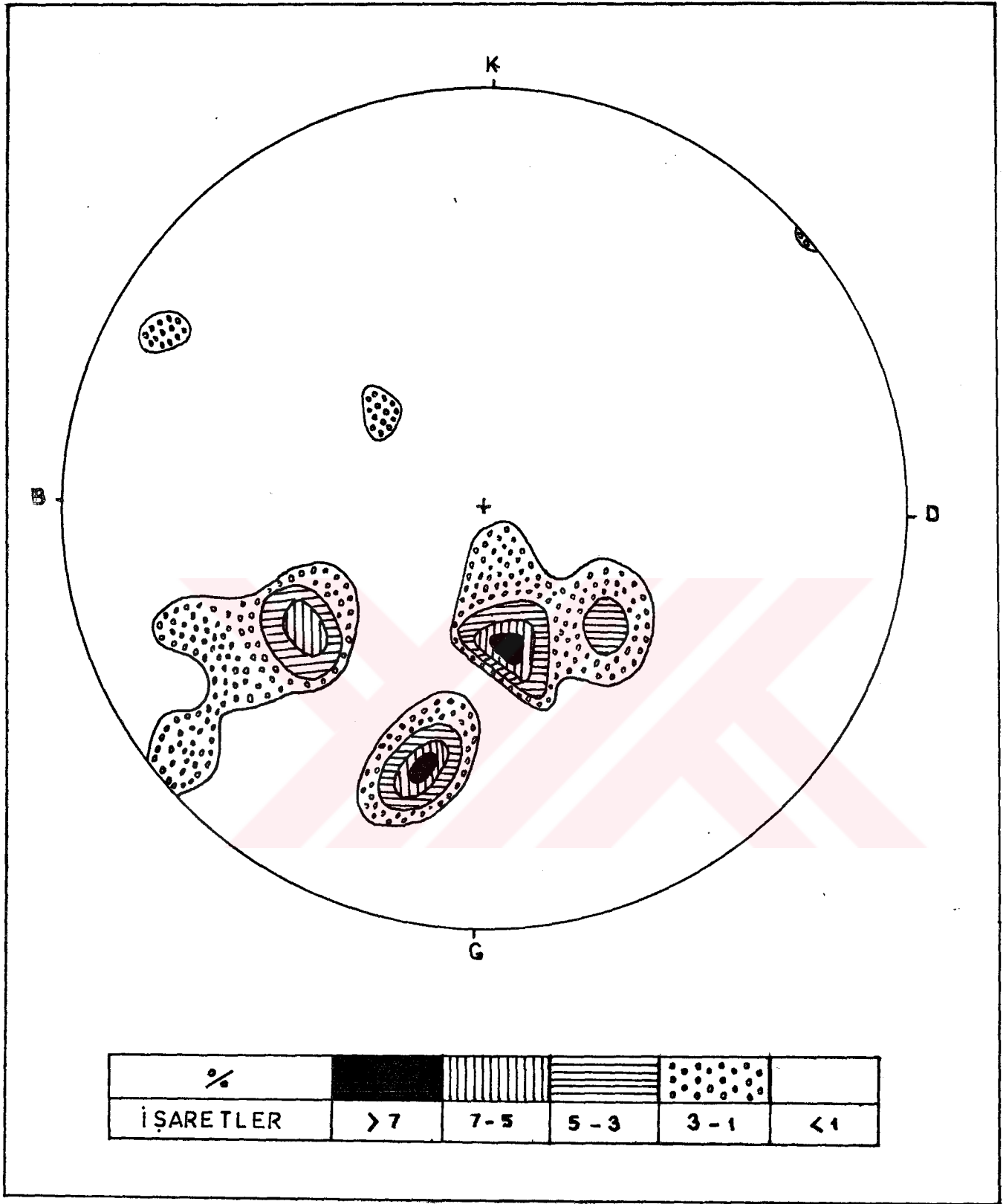
## ŞEV-16

Zigana -Gürgenağaç yolunun 38+345 ile 38+270 metreleri arasında kalan yol şevi Berdiga formasyonuna ait kireçtaşlarında açılmıştır. Şevde toplam 44 süreksizlik ölçüsü alınmıştır. Eş alanlı projeksiyon ağı yardımı ile hakim çatlak (takımları veya tabaka konumları) saptanmıştır. (Şekil 84). Bu kutuplanmalardan geçen büyük daireler ikişer ikişer analiz edilerek bunların arakesit doğrularının kutup noktaları bulunmuş ve şev duraylılığı açısından tehlikeli bölgede olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 85).

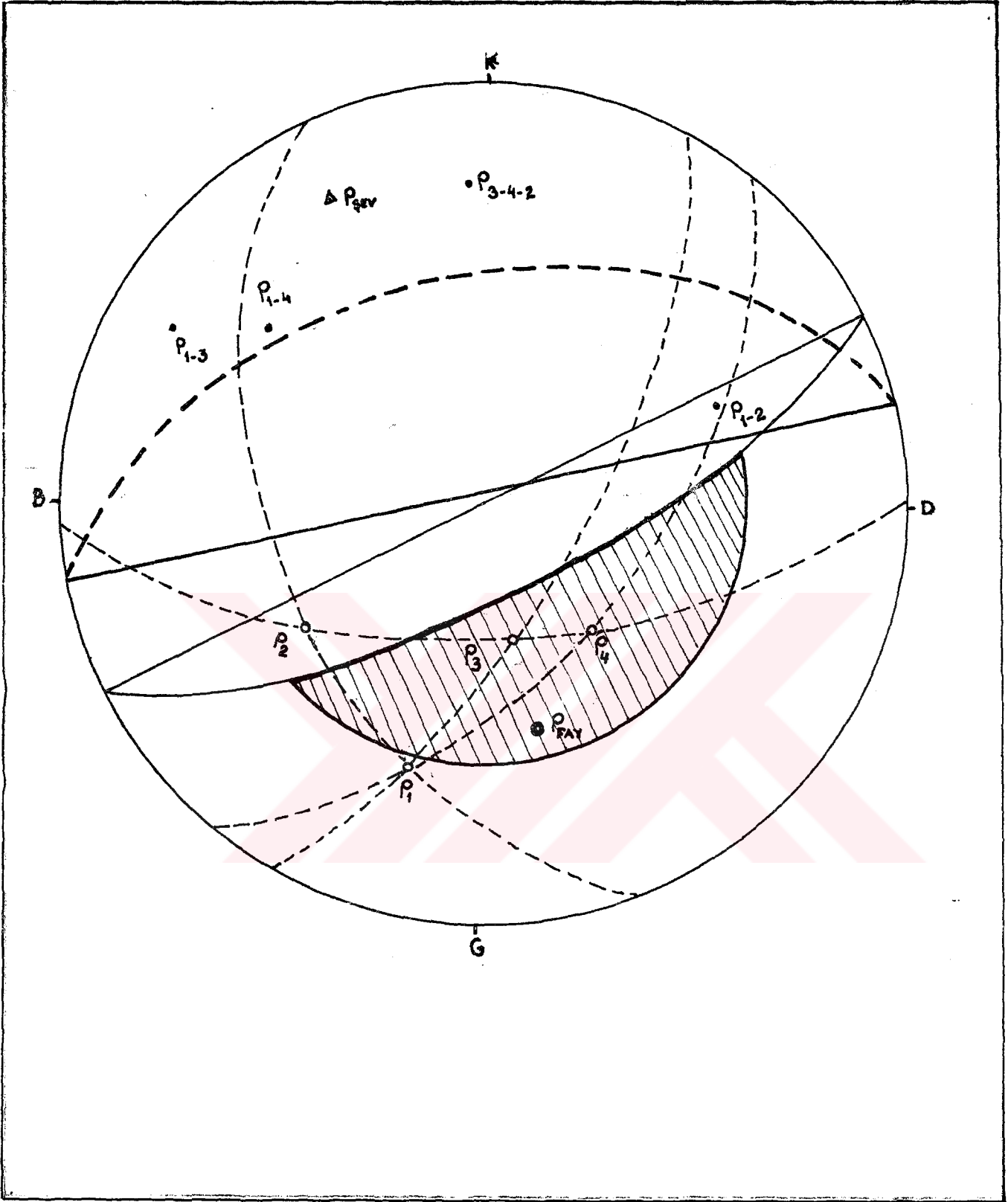
Şev de kayma olasılığı olan süreksizlik yoktur. Şev duraylıdır.

## YORUM

38+345 ile 38+270 metreler arasındaki kireçtaşlarında şev duraylılığı Şekil 85 'de görüldüğü gibi eklem takımlarını birleştiren büyük dairelerin kutup noktaları ( $P_{1-3}$ ,  $P_{1-4}$ ,  $P_{1-2}$ ,  $P_{2-4}$ ,  $P_{2-3}$ ,  $P_{3-4}$ ) duraysız bölge içerisine düşmemiştir. Süreksizlik düzlemleri ile şev düzleminin kutup noktalarının da konumları şevde bir kitle hareketinin oluşmayacağını göstermektedir (Duraylı şev) arazi gözlemleri de bu görüşü doğrulamaktadır.



Şekil.84.38+345\_38+270 metreler arasında kalan yol şevine ait, eşalanlı projeksiyon yardımı ile çizilen 44 süreksizlik ölçüsüne ait kontur diyagramı



Şekil.85.38+345\_38+270 metreleri arasındaki yol şevine ait kontur diyagramından yararlanılarak yapılan duraylılık analizi.

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 5.1 SONUÇLAR

##### 5.1.1 Çalışmanın sonucunda elde edilen yeni bulgular (G.Jeol.)

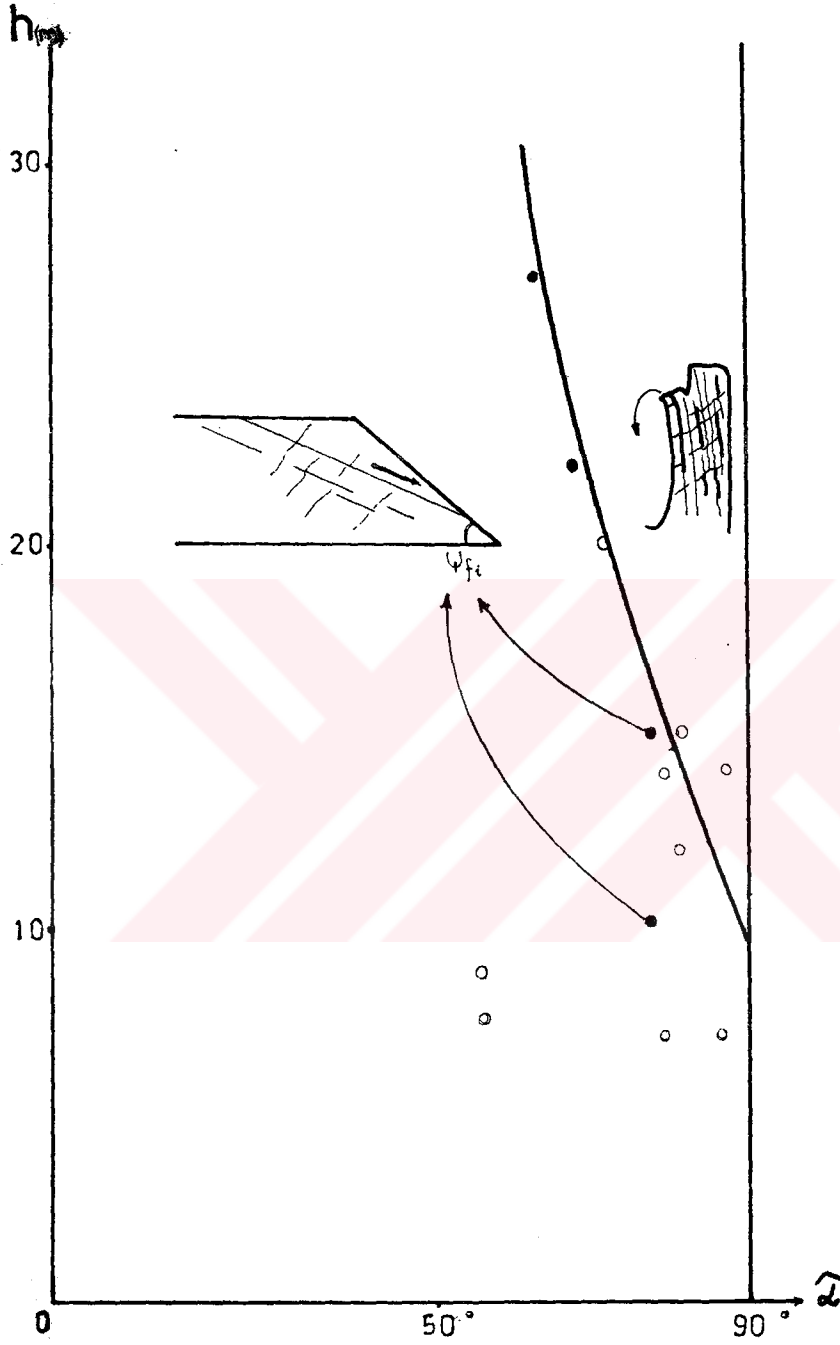
- Zigana Tüneli'nden-Gürgenağaç'a (Trabzon) kadar olan yol güzergahı boyunca, yaklaşık 50 km<sup>2</sup> 'lik alanın jeolojisi haritası yapılmıştır (Ek-1).

- Hamsiköy Formasyonu Çamlibel Üyesinin tabanını olistostromal seviyeler oluşturur. 20-30 metre görünür kalınlığa sahip bu seviyeler, daha üstteki kumlu kireçtaşları ve tüflerle geçişlidir. Olistostromaların deniz altı akıntılarına (Türbit akıntılar, denizaltı heyelanları vb.) bağlı olarak geliştiği ve bu bilginin ışığında bölgenin Alt Kretase'de de derin deniz durumunda olduğu düşünülebilir.

-Dikkaya Dasiti'nin tabanına yakın yerlerde kırmızı renkli biyomikritik kireçtaşlarının bu birimle uyumlu olarak bulunduğu saptanmıştır. Biyomikritik kireçtaşlarının yaşı Üst Kretase (Kampaniyen) olarak saptanmıştır.

-Çalışma alanı içerisindeki birimlerin fiziko-mekanik özellikleri ve bu özelliklerin birbirleri ile olan ilişkileri saptanmıştır (Bölüm 3).

ŞEV YERİ	ŞEV NO.	FORMAS. YON ADI	ŞEV YÜK.		ŞEV AÇISI	GÜVENLİK KATI KAMA TIPI KAMA			KAYMANIN TIPI	HAREKETE SEBEB OLAN SÜREKSİZLİK.	DURAYLI ALAN(%)	GEREKLİ YATIM AÇILARI	SEVİN YENİ KONUMU
			max.	min.		>1	1	<1					
51.106 -066	1	D İ K K A Y A	15	5	76°	1.21	-	-	-	-		-	145/76
50.485 -210	2		16	7	68°	>>1	-	-	-	-		-	140/68
50.000 -49.700	3		22	5	57°	3.44	-	-	Düzlem - sel kayma	R - Ger. çat. bağlı G <sub>0</sub> : 110/77	% 60	10°	113/47
49.470 -360	4		17	3	48°	-	-	0.72	Kama tipi kayma	P <sub>1</sub> : 126/55 P <sub>2</sub> : 16 / 69		4°	0 / 44
49.310 -180	5		15	4	75°	1.46	-	-	-	-		-	86/75
49.190 -130	6		16	5	78°	1.17	-	-	-	-		-	95 / 78
46.130 -45.965	7	H A M S İ K Ö Y	30	2	73°	>>1	-	-	-	-		-	125/73
45.600 -450	8		45.5	5.7	60°	-	1.08	-	Düzlem sel kayma	108 / 47		13°	111 / 47
44.640 -550	9		16	8	56°	2.35	-	-	-	-		-	112 / 56
43.551 -501	10		14	2	80°	>>1	-	-	-	-		-	134/80
43.501 -451	11		15	-	78°	>>1	-	-	Düzlemsel kayma	P <sub>1</sub> : 130/82 P <sub>2</sub> -fay:140/90		15°	133/63
43.272 -258	12		50	-	82°	1.38	-	-	-	-		-	115/82
43.258 -147	13	10	8	70°	1.69	-	-	-	-		-	110/70	
40.918 -818	14	26.5	20	68°	-	1.06	0.74	Kama tipi kayma	P <sub>1</sub> : 155/42, 62/69 P <sub>2</sub> : 62/69, 140/60		10°	115 / 58	
38.340 -270	15	36	15	72°	>>1	-	-	-	-	%100	-	-	120 / 72
36.674 -558	16	24	8	60°	1.20	-	-	-	-	%100	-	-	124/60



- : Duraylı şevler
- : Duraysız şevler

Şekil. 86. Hamsiköy Formasyonu Kıranoba Üyesinde şev yüksekliği şev açısı ilişkisi

### 5.1.2. Hamsiköy Formasyonu Kıranoba Üyesine Ait Sonuçlar

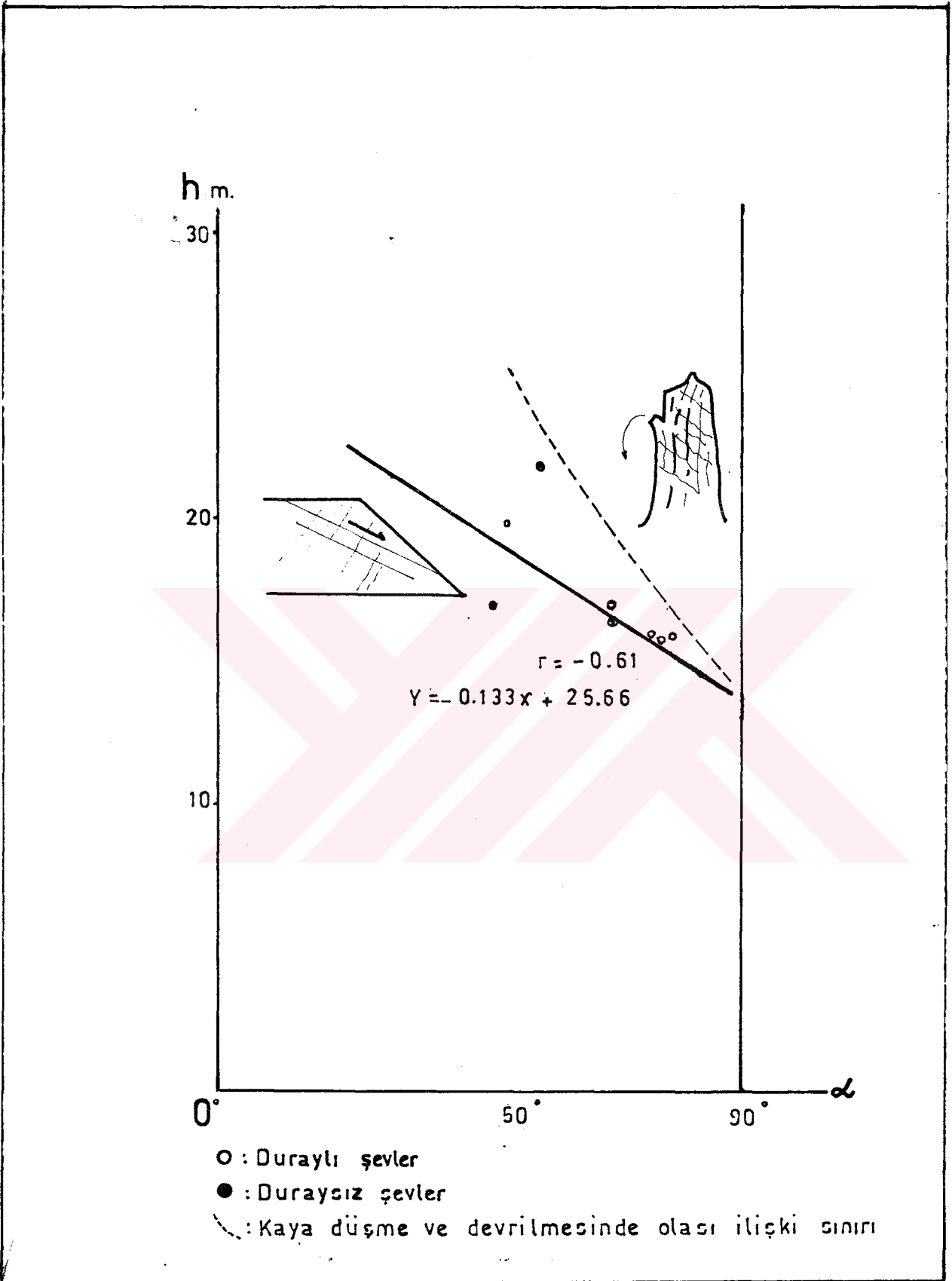
1. 20 metrenin üzerinde  $60^{\circ}$  'den az yatımlarda Hamsiköy formasyonu, Kıranoba üyesinde duraylılık kaybolmaktadır. Kaya kamalanmaları oluşmaktadır.
2. Kaya düşme ve devrilmelerine rastlanmamıştır. Fakat, 16 metreden büyük şev yüksekliklerinde yatım  $80^{\circ}$  büyük olması durumunda beklenebilir.
3. Süreksizliklerin şev dışına eğimli olduğu tüflerde düzlemsel kayma olasılığı; şev yüksekliğinin maksimum 15 m. minimum 10.5 m. olduğu olması durumunda görülmüştür. Bu durumda şev açısı  $78^{\circ}$  dir. Düzlemsel kayma olasılığının ortadan kalkması minimum şevin  $15^{\circ}$  yatırılmasına bağlı olduğu duraylılık analizi neticesinde belirlenmiştir. Bu durumda yukarıda belirlenen yüksekliklerde şev açısının  $(78-15)=63^{\circ}$  den küçük olması söz konusudur.

Sonuç olarak;  $H > 10.5$  ise, duraylılığın sağlanması için  $\alpha < 63^{\circ}$  olması zorunluluğu vardır (Şekil 86).

4. Gerilme çatlaklarının bulunduğu tüflere ait tüm şevlerde duraysızlık söz konusudur. Gerilme çatlakları ile duraysızlığı desteklenen arakesit noktalarından itibaren kaymanın olduğu saptanmıştır. Genel olarak etkili konumda olan gerilme çatlakları; doğrultuları G ve GD yönünde olanlardır.
5. Hamsiköy formasyonu, Kıranoba üyesine ait andezitik, bazaltik karakterdeki tüflerde olası ve saptanan kayma yönü G-GD 'dur.

### 5.1.3. Dikkaya Dasitine Ait Şev Analizi Sonuçları

Fiziksel ve mekanik özellikleri ile de desteklendiği üzere çalışma alanında kaya kalitesi, dayanımı en düşük birimi teşkil eder.



Şekil.87. Dikkaya Dasit'inde şev yüksekliği şev açısı ilişkisi



1. Kaya düşme ve devrilmesi dairesel kayma niteliğinde kitle hareketine rastlanmamıştır. 47.000-500 metreleri arasında kalan yol şeridinde, ( $\alpha > 80^\circ$ ,  $H > 15$  m) bir bakış olarak kaya düşme ve devrilmesi beklenebilir. Fakat devrilmesi beklenen malzemede h ve t oranlarını ölçmek mümkün olmamıştır. Hareket daha çok düzlemsel ve kama tipi kayma şeklindedir.
2.  $48^\circ$  'lik şev açısı, 17 metre şev yüksekliğinde, 126/55 ve 16/69 konumlu kesme çatlaklarına bağlı olarak kama tipi bir kayma olasılığı 4.no'lu şevde saptanmıştır (Çizelge.11 ).  
Düzlemsel kayma ise; genellikle gerilme çatlakları tarafından kayması desteklenen tansiyon çatlaklarından itibaren meydana gelmiştir (3 no'lu şev).
3. Gerilme çatlağı olan tüm şevlerde kayma olasılığı görülmüştür. Kayma yönünü belirleyen gerilme çatlaklarının eğim yönü GD 'dur.
4. Dasitlerde olası kayma yönü GGD 'dur.

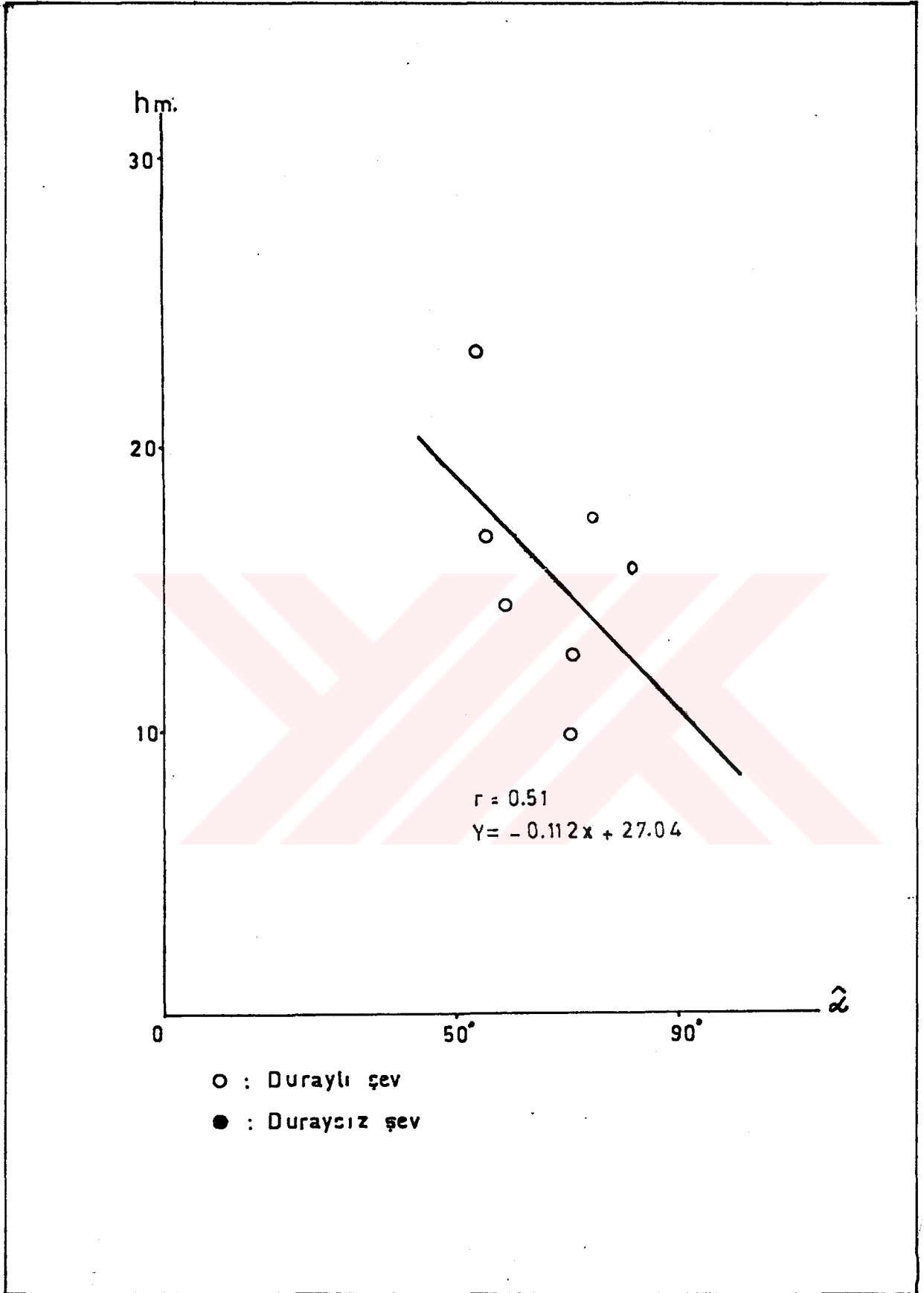
-Berdiga Formasyonuna Ve Güzelyaylaköy Spilitlerine ait Şev Analizi Sonuçları

Berdiga formasyonuna ait kireçtaşlarında bir tek şevde çalışılmıştır.

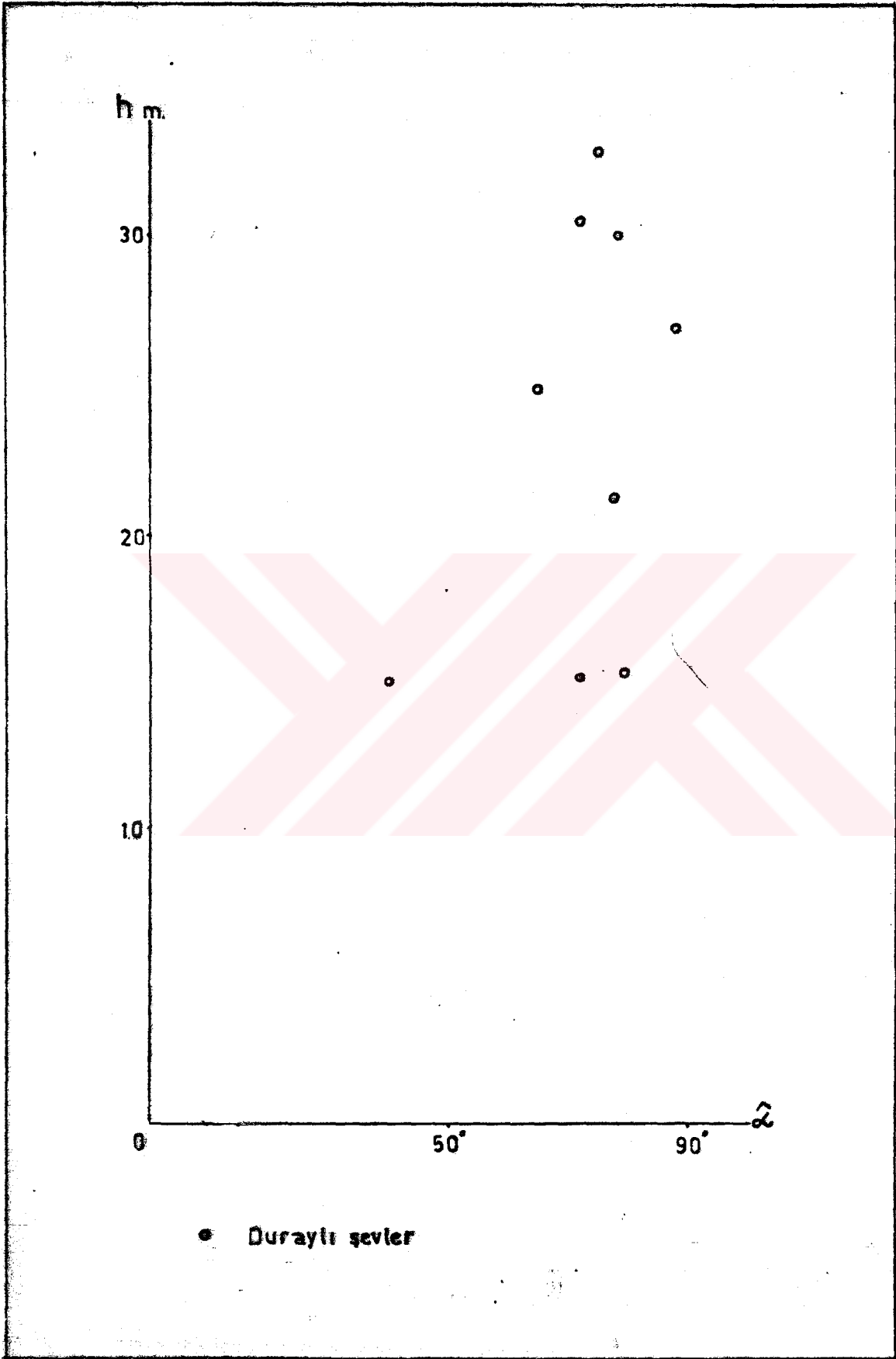
Fiziksel ve mekanik özellikleri ile desteklendiği üzere; sağlam kaya kalitesi yüksek bir birimdir.

$72^\circ$  şev eğiminde; maksimum şev yüksekliği 33 m., minimum şev yüksekliği 15 m. olmak üzere kireçtaşlarına ait yol şevlerinde duraylılık vardır. Arazi gözlemlerine dayanılarak yol güzergahında kireçtaşlarında varılan şev yüksekliklerine karşın şevlere istenilen miktarda yatım verilebilir.

Yol güzergahında, bazaltların yüzeylendiği yerlerde etkinin ayrışmadan dolayı kaya kalitelerinin düşük çıkması, sık çatlaklı olmaları, şev duraylılığına da yansımıştır. 37+674 ile 37+558 metreleri arasındaki şevde; ortalama şev açısı  $72^\circ$  ve maksimum şev yüksekliği 24 m., ortalama şev yüksekliği 19.5 m. bulunmuştur. Bu durumda yapılan analizde duraysızlık saptanmamıştır. Kayma yönü diğer birimlerde olduğu gibi GD'dur.



Şekil 88 Güzelyaylaköy splitlerinde şev yüksekliği şev açısı ilişkisi



Şekil 99. Berdiga Formasyonuna ait yol şevlerinde, şev yüksekliği şev açısı ilişkisi.

## 5.2 ÖNERİLER

Çalışma alanı içindeki birimlerde önemli şev problemlerinin çözümlenmesi için şu önerilerde bulunulabilir.

### -Dikkaya Dasiti

Zigana'dan itibaren Maçka istikametinde gidildiğinde, önemli şev problemlerinin olduğu kısım 50.000-49.360 metreleri arasındadır. Toplam 640 metre uzunluğunda bulunan bu şevlerde ayrışmanın çok etkili olduğu saptanmıştır. 50.000-49.700 metreler arasında dasitik tüfler zemin türü malzemeye dönüşmek üzeredir. Bu metreler arasında şevin en az  $10^{\circ}$  yatırılması gerekmektedir. Bu durumda kritik denge sağlanmaktadır.

49+470-360 metreler arasında kalan yol şevinde kama tipi kayma hareketi kesme çatlaklarına bağlı olarak gelişmiştir. Şev probleminin önlenmesi için, şevin minimum  $4^{\circ}$  yatırılması gerekmektedir.

Maksimum  $10^{\circ}$ , minimum  $4^{\circ}$  şevlerin yatırılması bu birimde, şev duraylılığının sağlanmasına yetecektir.  $10^{\circ}$  yatım açısı verilmesi durumunda yapılması gereken dekapajın fazla bir maliyet yükü getirmeyeceği açıktır. (Patlatma usulü ile yarma şev açılmasında  $1 \text{ m}^3$  dekapajın maliyeti  $\sim 1200 \text{ TL}$  'dir. 1987 yılı fiyatına göre).

### -Hamsiköy Formasyonu, Kıranoba Üyesi

Andezitik bazaltik karakterde tüflerden oluşan bu birimin temsil eden, yol güzergahı boyunca çeşitli yerlerdeki şevlerde çalışılmış ve bu birime ait aşağıdaki genellemeye gidilmiştir.

43+272 ile 43+242 metreleri arasındaki yol sevi hariç (yol güzergahının en problemleri yeri), kayma olasılığı olan diğer şevlerde; 46 ncı km. den 43 ncü km. ye kadar olan kısımda genel olarak, şevlere  $13^{\circ}$  ile  $15^{\circ}$  arasında bir yatım, 43 ile 39 ncü km. ler arasında bulunan şevlere de yaklaşık  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  arasında bir yatımın verilmesi önerilmektedir.

43+272 ile 43+242 metreleri arasında kalan yol sevi iki kısımda incelenmiştir:

1. Kademe altı sevi,
2. Kademe üstü sevi olmak üzere.

Kademe üstü şevde (h) ve (t) oranları saptanamamasına rağmen (H=50 m.) kaya düşme ve devrilmesi olası görülmektedir. Kademe altı şev duraylıdır.

Kitle hareketi olma olasılığı olan üst kısımda şevin "taşlanarak" yatırılması ihtimali çok zayıftır. Maliyet göz önüne alındığında, kademe üstü şeve "kaya civataları" nın raptedilmesi uygun görülmüştür.

Güzelyaylaköy sipilitlerinde ve Berdiga formasyonuna ait kireçtaşlarında herhangi bir şev probleminin olmadığı ve böyle bir ihtimalinde bulunmadığı arazi gözlemleri ve analiz neticelerinde saptanmıştır.

Özellikle kireçtaşları her türlü şev açısı şev yüksekliği ilişkisinde duraylıdır (Çizelge .11 ).

## KAYNAKLAR

- Ataman, T., Kaya Mekaniğine Giriş, s.143-168, ODTÜ yayını, Ankara, 1982.
- Attewell, P.B., Farmer, I.W., Principles of Engineering Geology, pp.720-756. Chapman and Hall, London, 1976.
- Caner, Z., Statistical Interpretation of Discontinuity Contour Diyagrams, Vol.6, pp 111-120, Pergaman Press, U.S.A. 1977.
- Erguvanlı, K., Trabzon-Gümüşhane Bölgesinin Jeolojik Etüdü Hakkında Rapor, M.T.A., Rapor no.2273, Ankara, 1950.
- Erguvanlı, K., Tarhan, F., Doğu Karadeniz Bölgesi Kitle Hareketlerinden Örnekler, Özel sayı, K.Ü. Yer Bilimleri Dergisi, Trabzon, 1982.
- Erguvanlı, K., Mühendislik Jeolojisi, s.108-138, İTÜ Uygulamalı Jeoloji Kürsüsü, İstanbul, 1973.
- Gattinger, T.E., Erentöz, C., Ketin, I., 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Trabzon Paftası, M.T.A., Ankara, 1962.
- Jaeger, C., Rock Mechanics and Engineering, pp.191-208, Chapman and Hall, London, 1976.
- Jaeger, J.C., Cook, N.G.W., Fundamentals of Rock Mechanics, pp. 800-820, Chapman and Hall., London, 1976.
- Hoek, E., Bray, J.W., Boyd, J.M., The Stability of a Rock Slope Containing a Wedge resting on two intersecting discontinuities., pp.1-55, London, 1973.
- Hoek, E., Bray, J.W., Rock Slope Engineering. The institution of mining and metallurgy., London, 1977.
- Ketin, I., Canitez, N., Yapısal Jeoloji, İ.T.Ü., İstanbul, 1976.
- Özsayar, T., Pelin, S., Gedikoğlu, A., Doğu Pontidlerde Kretase., s.65-114, K.T.Ü. Yer Bilimleri Dergisi, 1981.
- Tarhan, F., Artvin Granitinin Mühendislik Jeolojisi ve Baraj Yeri olmaya etkisi, Doçentlik tezi, 1982.
- Zaruba, Q., Mencl, V., Engineering Geology, pp.284-305, Oxford, 1976.

Y. C.

Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi

## RNEKLER ÜZERİNDE YAPILAN DENEY SONUÇLARI

RNEK NO:	D(mm)	L(mm)	t <sub>ysn</sub>	t <sub>sn</sub>	e, %	V <sub>1k</sub> (m/sn)	V <sub>1d</sub> (m/sn)	E <sub>dk</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>dd</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
.1	38	77.3	22	22	9.46	3514	3514	307371	314020
.2	38	76	21	21	9.30	3619	3619	326572	333577
.3	38	76	23	22	11.03	3304	3455	267998	299480
.4	38	76.6	23	23	11.46	3330	3330	271213	277397
.5	31	62.5	19	18	10.40	3289	3472	267122	304230
.6	31	62.4	18	17	10.33	3467	3671	296867	340442
.7	31	62.6	18	18	10.18	3478	3478	299167	306169
.8	31	62.2	18	17	9.56	3456	3659	297023	340795
.9	31	62.1	19	19	12.24	3268	3268	259386	267237
.10	31	61.6	19	19	10.36	3242	3242	259565	265429
.11	31	62.4	18	18	9.87	3467	3467	298107	304622
.12	31	62.7	19	18	10.62	3300	3483	268304	305697
.13	31	61.7	18	18	11.61	3428	3428	286916	293996

G	G(gr/cm <sup>3</sup> )	W (gr)	W (gr)	B <sub>k</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	B <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	P %	h <sub>s</sub> %	g <sub>s</sub> %		
1.10	38.00	77.30	2.69	215.43	220.09	2.46	2.51	8.65	5.32	2.16
1.20	38.00	76.00	2.69	212.12	216.67	2.46	2.51	8.51	5.28	2.15
1.30	38.00	76.00	2.69	208.81	213.49	2.42	2.48	9.94	5.43	2.24
.40	38.00	76.60	2.69	209.66	214.44	2.41	2.47	10.28	5.50	2.28
.50	31.00	62.50	2.69	114.94	117.49	2.44	2.49	9.42	5.41	2.22
.60	31.00	62.40	2.69	114.83	117.46	2.44	2.49	9.36	5.58	2.29
.70	31.00	62.60	2.69	115.35	118.05	2.44	2.50	9.24	5.71	2.34
.80	31.00	62.20	2.69	115.26	117.96	2.46	2.51	8.73	5.75	2.34
.90	31.00	62.10	2.69	112.33	115.73	2.40	2.47	10.91	7.25	3.03
.10	31.00	61.60	2.69	113.32	115.88	2.44	2.49	9.39	5.51	2.26
.11	31.00	62.40	2.69	115.31	117.83	2.45	2.50	8.98	5.35	2.19
.12	31.00	62.70	2.69	115.08	117.68	2.43	2.49	9.60	5.49	2.26
.13	31.00	61.70	2.69	112.24	115.01	2.41	2.47	10.40	5.95	2.47

x /

1	38	77.2	22	20	1.69	3509	3860	334916	409404
2	38	76	20	18	1.32	3800	4222	394180	491587
3	38	76.2	20	20	1.01	3810	3810	397464	401327
4	38	76.3	21	20	1.80	3633	3815	358650	399775
5	31	62.1	17	17	2.22	3653	3653	361044	365054
6	31	62.1	16	16	2.32	3881	3881	407194	411590
7	31	62.7	17	12	1.96	3688	5225	369017	748313
8	31	62.9	16	16	1.54	3931	3931	420982	425237
9	31	62.2	16	16	1.45	3888	3888	412025	416232
1	31	62.3	17	16	1.38	3665	3894	366403	418110
11	31	62.3	17	16	1.12	3665	3894	367358	419057
12	31	62.5	17	17	2.59	3676	3676	364415	368363
13	31	62.5	16	16	1.48	3906	3906	415880	420239

52

1.10	38.00	77.20	2.73	235.04	237.45	2.68	2.71	1.66	2.75	1.03
1.20	38.00	76.00	2.73	232.23	234.59	2.69	2.72	1.30	2.74	1.02
1.30	38.00	76.20	2.73	233.55	235.82	2.70	2.73	1.00	2.63	0.97
1.40	38.00	76.30	2.73	232.04	234.60	2.68	2.71	1.77	2.96	1.10
1.50	31.00	62.10	2.73	125.17	126.56	2.67	2.70	2.18	2.97	1.11
1.60	31.00	62.10	2.73	125.05	126.40	2.67	2.70	2.27	2.88	1.08
1.70	31.00	62.70	2.73	126.71	128.03	2.68	2.71	1.92	2.79	1.04
1.80	31.00	62.90	2.73	127.64	128.93	2.69	2.72	1.51	2.72	1.01
1.90	31.00	62.20	2.73	126.33	127.62	2.69	2.72	1.43	2.75	1.02
1.10	31.00	62.30	2.73	126.62	127.99	2.69	2.72	1.36	2.91	1.08
1.11	31.00	62.30	2.73	126.95	128.28	2.70	2.73	1.10	2.83	1.05
1.12	31.00	62.50	2.73	125.53	126.89	2.66	2.69	2.52	2.88	1.08
1.13	31.00	62.50	2.73	126.90	128.23	2.69	2.72	1.46	2.82	1.05

2.74



	38	65.6	15	15	1.50	4373	4373	538348	540276
	38	70.5	15	14	1.42	4700	5036	622311	716734
	38	76.6	16	16	1.98	4788	4788	642100	645254
	38	75.6	16	16	1.11	4725	4725	630842	633269
	31	61.3	13	12	1.15	4715	5108	628053	740290
	31	62.3	13	12	1.09	4792	5192	649086	764852
	31	63.3	13	13	1.52	4869	4869	667248	670566
	31	62.4	12	12	0.94	5200	5200	765324	768349
	31	62.3	13	13	1.58	4792	4792	645919	648937
	31	62.4	14	13	1.35	4457	4800	560014	652358
1	31	62.7	14	13	1.84	4479	4823	562706	656889
2	31	62.4	13	12	0.94	4800	5200	652160	768407
3	31	62.9	13	12	0.87	4838	5242	663081	781073

10	38.00	65.60	2.82	206.69	207.43	2.78	2.79	1.48	0.99	0.36
20	38.00	70.50	2.82	222.32	223.05	2.78	2.79	1.40	0.91	0.33
30	38.00	76.60	2.82	240.21	241.39	2.77	2.78	1.95	1.36	0.49
40	38.00	75.60	2.82	239.12	240.04	2.79	2.80	1.10	1.07	0.38
50	31.00	61.30	2.82	128.99	129.55	2.79	2.80	1.13	1.21	0.43
60	31.00	62.30	2.82	131.17	131.70	2.79	2.80	1.08	1.13	0.40
70	31.00	63.30	2.82	132.71	133.37	2.78	2.79	1.50	1.38	0.50
80	31.00	62.40	2.82	131.57	132.09	2.79	2.80	0.93	1.10	0.40
90	31.00	62.30	2.82	130.53	131.14	2.78	2.79	1.56	1.30	0.47
10	31.00	62.40	2.82	131.04	131.62	2.78	2.79	1.33	1.23	0.44
11	31.00	62.70	2.82	131.04	131.90	2.77	2.79	1.81	1.82	0.66
12	31.00	62.40	2.82	131.58	132.10	2.79	2.80	0.93	1.10	0.40
13	31.00	62.90	2.82	132.72	133.21	2.80	2.81	0.86	1.03	0.37

	38	76.2	23	20	4.08	3313	3810	294890	394724
	38	76.3	22	19	4.20	3468	4016	322773	437658
	38	76.4	23	20	4.02	3322	3820	296606	397056
	38	76	23	20	3.98	3304	3800	293616	393144
	31	62.5	19	17	4.43	3289	3676	289735	366360
	31	62.4	20	17	4.44	3120	3671	260628	365745
	31	62.2	19	16	4.14	3274	3888	287766	411209
	31	62.5	19	16	4.72	3289	3906	288922	412341
	31	61.7	19	17	4.45	3247	3629	282310	357200
	31	62.4	19	17	4.30	3284	3671	289179	366237
1	31	62.3	19	16	4.15	3279	3894	288669	412066
2	31	62	19	17	4.25	3263	3647	285619	361643
3	31	62.4	19	16	4.73	3284	3900	287995	411419

			G(gr/cm <sup>3</sup> )	W (gr )	W ( gr )	B <sub>K</sub> (gr/cm)	B <sub>D</sub> (gr/cm)	P, %	h <sub>s</sub> , %	g <sub>s</sub> , %
10	38.00	76.20	2.76	229.16	231.94	2.65	2.68	3.92	3.22	1.21
20	38.00	76.30	2.76	229.19	231.79	2.65	2.68	4.03	3.00	1.13
30	38.00	76.40	2.76	229.89	232.70	2.65	2.69	3.87	3.24	1.22
40	38.00	76.00	2.76	228.77	231.62	2.65	2.69	3.83	3.31	1.25
50	31.00	62.50	2.76	124.67	126.20	2.64	2.68	4.24	3.24	1.23
60	31.00	62.40	2.76	124.46	126.19	2.64	2.68	4.25	3.67	1.39
70	31.00	62.20	2.76	124.42	126.08	2.65	2.69	3.97	3.54	1.33
80	31.00	62.50	2.76	124.32	125.82	2.64	2.67	4.51	3.18	1.21
90	31.00	61.70	2.76	123.05	124.64	2.64	2.68	4.26	3.41	1.29
10	31.00	62.40	2.76	124.63	126.36	2.65	2.68	4.12	3.67	1.39
11	31.00	62.30	2.76	124.61	126.14	2.65	2.68	3.98	3.25	1.23
12	31.00	62.00	2.76	123.89	125.58	2.65	2.68	4.07	3.61	1.36
13	31.00	62.40	2.76	124.12	125.74	2.64	2.67	4.51	3.44	1.31
1	0	0	0	0	0			4.12	3.36	1.27

Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi  
T.C.

### ÖZGEÇMİŞ

2.1.1957 yılında Söke'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Sökede tamamladı. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji-Maden bölümünden Haziran 1980 yılında mezun oldu. 1983 yılında askerliğini Burdur'da tamamladı. Şu anda master öğrenimini Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği -Uygulamalı Jeoloji ana bilim dalında yapmaktadır.