

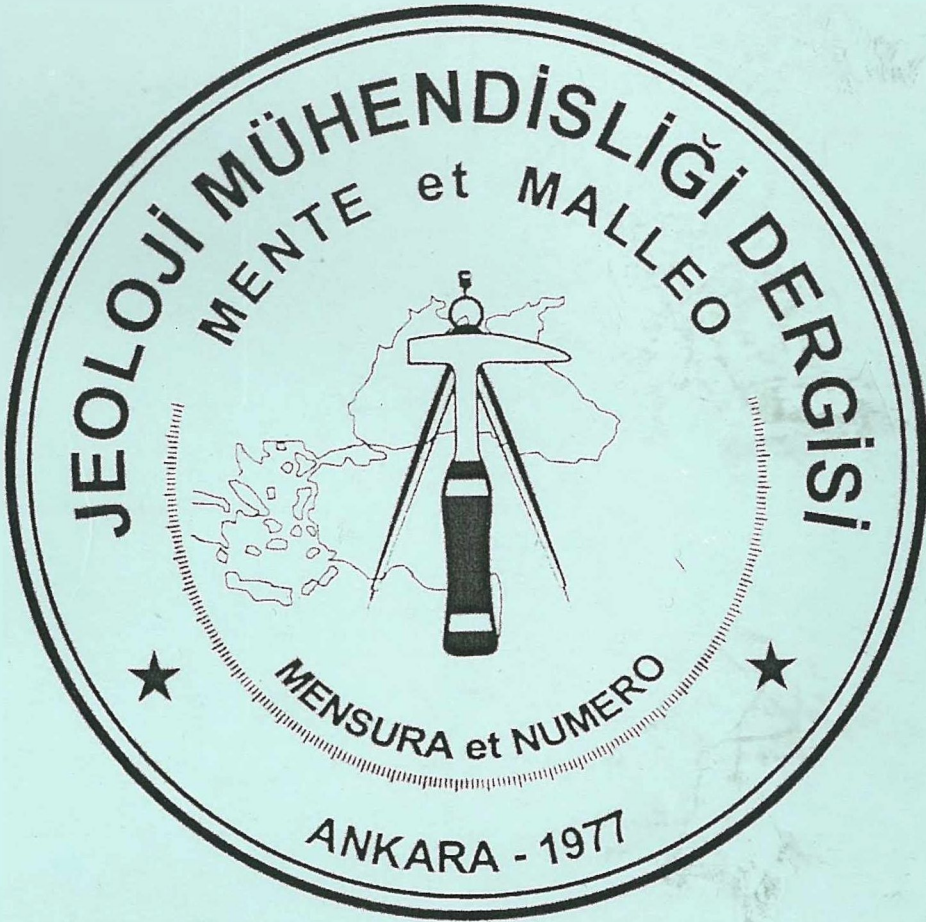
# JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

*Geological Engineering Journal*

It - Volume 29

ISSN 10116-9172

iyi - Number 2 - 2005



**TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**Chamber of Geological Engineers of Turkey**

## Editörler / Editors

### Abidin TEMEL

Hacettepe Üniversitesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
06532 Beytepe - Ankara  
Tel: 0312 297 77 55  
Fax: 0312 299 20 34  
E-Posta: atemel@hacettepe.edu.tr

### Yurdal GENÇ

Hacettepe Üniversitesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
06532 Beytepe - Ankara  
Tel: 0312 297 77 55  
Fax: 0312 299 20 34  
E-Posta: ygenç@hacettepe.edu.tr

### Dinçer ÇAĞLAN

MTA Genel Müdürlüğü  
Fizibilite Etütleri Dairesi  
Eskişehir yolu, 06520 Ankara  
Tel: 0312 287 34 30/2206  
Fax: 0312 286 35 19  
E-Posta: dincer@mta.gov.tr

## Yardımcı Editörler/Asistant Editors

### Hüseyin YILMAZ

Cumhuriyet Üniversitesi-Sivas

### Sedat TÜRKMEN

Mersin Üniversitesi-İstanbul

### Yıldırım GÜNGÖR

İstanbul Üniversitesi - İstanbul

## Jeoloji Mühendisleri Odası

### Chamber of Geological Engineers

### Yönetim Kurulu/ Executive Board

İsmet CENCİZ / Başkan - President

Dündar ÇAĞLAN / II. Başkan - Vice President

Bahattin Murat DEMİR / Yazman Üye - Secretary  
General

Çetin KURTOĞLU / Sayman-Treasurer

Veysel URKAN / Yayın Üyesi-Secretary of Puplication

Mehmet ŞENER / Mesleki Uygulamalar Üyesi-

Professional Application Secretary

Ümit SEYREK / Sosyal İlişkiler Üyesi-Social Affairs

Secretary

## Yazışma Adresi

### TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

PK 464 Yenışehir, 0644 Ankara  
Tel: 0312 434 36 01  
Fax: 0312 343 23 88  
E-Posta: jmo@jmo.org.tr

## Yayın Kurulu / Editorial Board

Musa ALPASLAN (Mersin Üniversitesi)

Kemal AKDAĞ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

Fehmi ARIKAN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Eşref ATABEY (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)

Emel BAYHAN (Hacettepe Üniversitesi)

Berk BESBELLİ (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Muazzez ÇELİK (Selçuk Üniversitesi)

Yavuz ERKAN (Hacettepe Üniversitesi)

Okay EROSKAY (Kültür Üniversitesi)

Candan GÖKÇEÖĞLU (Hacettepe Üniversitesi)

Ergun GÖKTEN (Ankara Üniversitesi)

Fikret KAÇAROĞLU (Cumhuriyet Üniversitesi)

Erçin KASAPOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)

Halil KUMSAR (Pamukkale Üniversitesi)

Matmut MUTLUTÜRK (Süleyman Demirel Üniversitesi)

Eran NAKOMAN (Dokuz Eylül Üniversitesi)

Nazmi OTLU (Cumhuriyet Üniversitesi)

Ahmet SAĞIROĞLU (Fırat Üniversitesi)

Sönmez SAYILI (Ankara Üniversitesi)

Şakir ŞİMŞEK (Hacettepe Üniversitesi)

Tandoğan ENGİN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)

Asuman TÜRKMEÑOĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

Necati TÜYSÜZ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

## Bu Sayıda Katkı Koyanlar / Reviewers in This Issue

Ayşenur UĞURLU (Hacettepe Üniversitesi)

Selami TOPRAK (MTA Gn. Md.)

Jeoloji Mühendisliği Dergisi Makale ve Dizin Özleri GeoRef ve Geobase/GeoAbstracts Uluslararası Indexler tarafından taranmaktadır.

*The Geological Engineering Journal is indexed and abstracted by GeoRef and GeoAbstracts.*

**NOT:** Cilt 28 Sayı 2-2004 Jeoloji Mühendisleri Dergisinde  
Yardımcı Editörümüzden Yıldırım GÜNGÖR sehven  
Yazılmamıştır.

# Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Geological Engineering Journal

Cilt 29  
Volume

Sayı 2 - 2005  
Number

## Araştırma Makaleleri / Research Articles

- 1- **Zübeyde HATİPOĞLU, Serdar BAYARI**  
**Hidrolik İletkenlik ve Etkin Gözeneklilik Dağılımının Jeostatistiksel Kestirimi: Mersin-Tarsus Kıyı ve Yamaç Akiferleri Örneği**  
*Geostatistical Estimation of Hydraulic Conductivity and Effective Porosity Distribution: A Case Study of Mersin-Tarsus Coastal and Hillside Aquifers*
- 10- **Nihat DİPOVA**  
**Antalya Falezlerinde Gözlenen Stabilite Problemleri**  
*Stability Problems Observed in Antalya Tufa Sea Cliffs*
- 26- **Saliha SARAÇ, Ali VAN**  
**Çambaşı (Ordu) ve Dereli (Giresun) Yörelerindeki Skarn Yataklarının Karşılaştırmalı Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri: Doğu Pontid Kuzey Zonu (KB Türkiye)**  
*Comparative Mineralogical and Chemical of Çambaşı (Ordu) and Dereli (Giresun) Areas Skarn Deposits: Northern Zones of Eastern Blacksea (NE Turkey)*
- 44- **Levent AKDUMAN, Yasemin LEVENTELİ, Özgür YILMAZER, İlyas YILMAZER,**  
**Seldağınaklık-Sekileştirme-Enerji Sistemi: Başkale-Van**  
*Artificial Dyke-Terrace-Energy System: Başkale-Van*
- 53- **Nihat DİPOVA, Mustafa YILDIRIM,**  
**Antalya Tufa Platolarının Oluşumu ve Jeomorfolojik Özellikleri**  
*Origin and Geomorphological Properties of Antalya Tufa Plateaus*

# Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Geological Engineering Journal

Cilt 29  
Volume

Sayı 2 - 2005  
Number

## Araştırma Makaleleri / Research Articles

---

- 1- **Zübeyde HATİPOĞLU, Serdar BAYARI**  
**Hidrolik İletkenlik ve Etkin Gözeneklilik Dağılımının Jeostatistiksel Kestirimi: Mersin-Tarsus Kıyı ve Yamaç Akiferleri Örneği**  
*Geostatistical Estimation of Hydraulic Conductivity and Effective Porosity Distribution: A Case Study of Mersin-Tarsus Coastal and Hillside Aquifers*
- 10- **Nihat DİPOVA**  
**Antalya Falezlerinde Gözlenen Stabilite Problemleri**  
*Stability Problems Observed in Antalya Tufa Sea Cliffs*
- 26- **Saliha SARAÇ, Ali VAN**  
**Çambaşı (Ordu) ve Dereli (Giresun) Yörelerindeki Skarn Yataklarının Karşılaştırmalı Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri: Doğu Pontid Kuzey Zonu (KB Türkiye)**  
*Comparative Mineralogical and Chemical of Çambaşı (Ordu) and Dereli (Giresun) Areas Skarn Deposits: Northern Zones of Eastern Blacksea (NE Turkey)*
- 44- **Levent AKDUMAN, Yasemin LEVENTELİ, Özgür YILMAZER, İlyas YILMAZER,**  
**Seldağınaklık-Sekileştirme-Enerji Sistemi: Başkale-Van**  
*Artificial Dyke-Terrace-Energy System: Başkale-Van*
- 53- **Nihat DİPOVA, Mustafa YILDIRIM,**  
**Antalya Tufa Platolarının Oluşumu ve Jeomorfolojik Özellikleri**  
*Origin and Geomorphological Properties of Antalya Tufa Plateaus*

## Hidrolik İletkenlik ve Etkin Gözeneklilik Dağılımının Jeostatistiksel Kestirimi: Mersin-Tarsus Kıyı ve Yamaç Akiferleri Örneği

*Geostatistical Estimation of Hydraulic Conductivity and Effective Porosity Distribution:  
A Case Study of Mersin-Tarsus Coastal and Hillside Aquifers*

\*Zübeyde HATİPOĞLU, \*\*Serdar BAYARI

\*Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, 33342 Mersin  
(e-posta: zubeyde@mersin.edu.tr)

\*\*Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, 06532 Ankara  
(E-posta: serdar@hacettepe.edu.tr)

### ÖZ

Bir akiferde hidrolik iletkenlik ve etkin gözeneklilik dağılımının güvenilir biçimde belirlenmesi yeraltısuyu sondajlarının yüksek verimliliğe sahip nokta ve derinliklerde açılması açısından önemlidir. Çalışma kapsamında, delta-kıyı ovası karışımından oluşan bir çökel ortamını yansıtan Mersin-Tarsus kıyı ve yamaç akiferlerinde hidrolik iletkenlik ve etkin gözeneklilik dağılımı üç boyutlu kriging yöntemi ile tahmin edilmiştir. Kestirilen ve gözlenen değerler arasında elde edilen yüksek derecedeki uyum, oluşturulan jeohidrolojik parametre dağılım modelinin sondaj yeri ve derinliği seçiminde güvenle kullanılabileceğini göstermektedir. Yüksek hidrolik iletkenlik ve efektif gözeneklilik değerlerinin akarsu yatakları dolayında, düşük değerleri ise akarsulardan uzak taşkın alanlarında belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** hidrolik iletkenlik, jeostatistik, kriging, Mersin, porozite

### ABSTRACT

Reliable estimation of three dimensional hydraulic conductivity and effective porosity in an aquifer is particularly important to determine the site and depth of groundwater production wells. Three dimensional distribution of hydraulic conductivity and effective porosity in Mersin-Tarsus hillside and coastal aquifers that characterize delta-flood plain sedimentary system, was estimated by means of block kriging method. Validity of models in selecting appropriate drilling sites was demonstrated by the high correlation obtained between observed and calculated values. High and low values of hydraulic conductivity and effective porosity are observed in close proximity of streams and distal fields, respectively.

**Key words:** hydraulic conductivity, geostatistics, , kriging, Mersin, porosity



## GİRİŞ

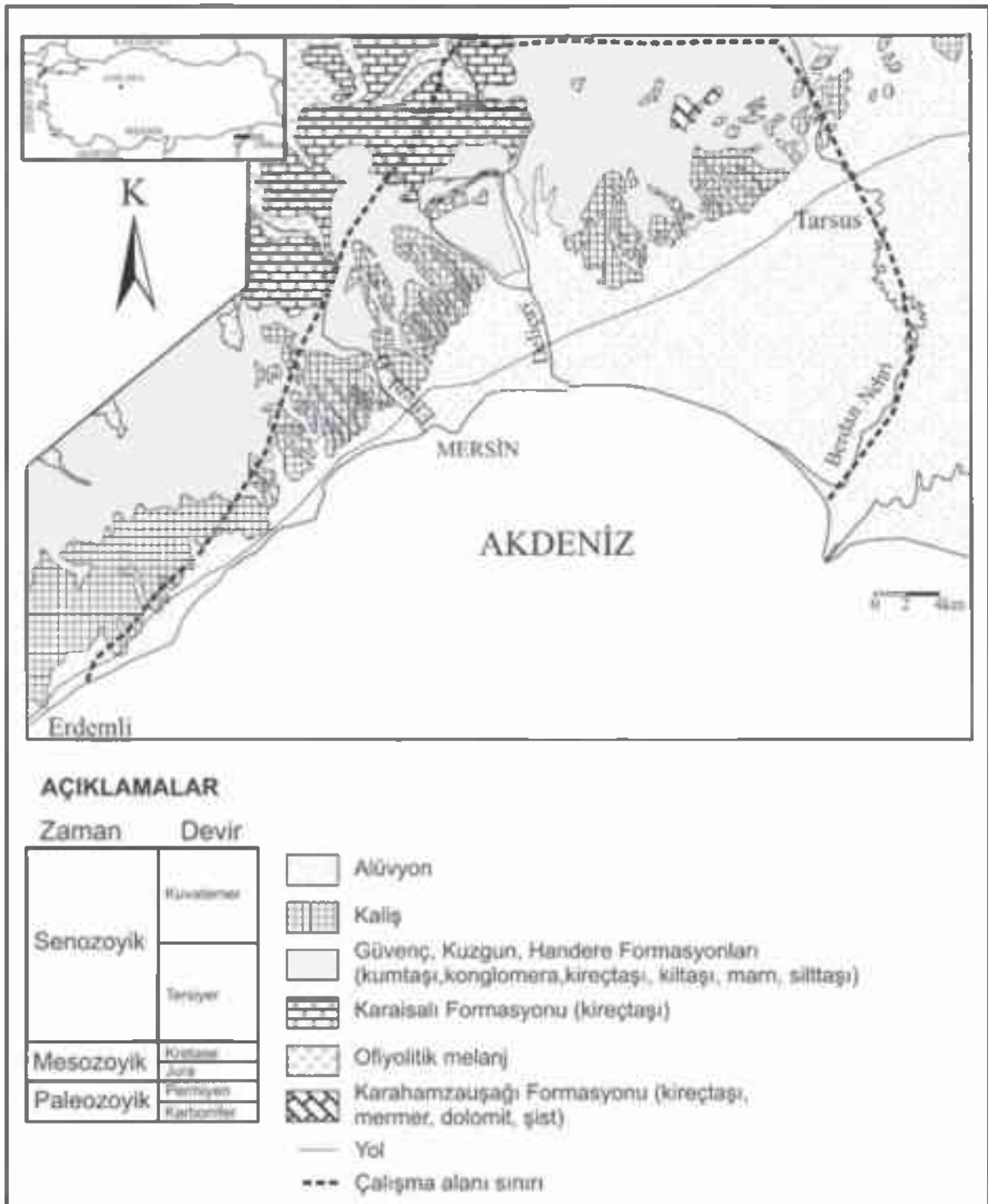
Yeraltısuyu üretimi açısından önem taşıyan hidrolik iletkenlik (Kh), etkin gözeneklilik ( $n_e$ ), depolama katsayısı ve iletimlilik gibi jeohidrolojik parametrelerin akifer içindeki dağılımı genellikle oldukça değişkendir. Diğer yandan, bu parametrelerin üç boyutlu dağılımın bilinmesi gerek verimli sondaj konum ve derinliklerinin belirlenmesi ve gerekse güvenilir yeraltısuyu akım modellerinin oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır. Delta ve kıyı-taşkın ovası gibi karmaşık çökel ortamlarında oldukça heterojen bir dağılım gösteren söz konusu parametrelerin mekansal dağılımının güvenilir biçimde belirlenmesi ise oldukça güçtür. Bu amaçla elektrik, elektromanyetik ve sismik vb. tekniklere dayalı jeofizik yöntemlerden yararlanılması mümkün olmakla birlikte, özellikle geniş alanlarda anılan yöntemlerin uygulanması oldukça maliyetli ve zaman alıcı olmaktadır. Buna karşılık, ortamı tanımlamak üzere yeterli miktarda verinin mevcut olması durumunda, bu verilerden itibaren jeostatistik teknikleri kullanılarak jeohidrolojik parametrelerin üç boyutlu dağılımı hızlı, ucuz ve güvenilir biçimde belirlenebilmektedir.

Konumun birer fonksiyonu olan jeohidrolojik parametrelerin mekansal dağılımı oldukça değişken olmakla birlikte tamamen rastlantısal değildir. Genellikle, farklı noktalarda yapılan ölçümlerden, birbirine yakın mesafede olanların değerleri birbirine yakındır (Marsily, 1986). Bu tür parametrelerin değişimi belli bir bölgeye ait olmaları ve konuma bağlı olarak ifade edilmeleri nedeniyle bölgesel değişkenler olarak tanımlanabilmektedir. Bir

değişkenin bilinmeyen noktalardaki değerinin hesaplanması, değeri bilinen noktalar yardımıyla yapılır ve bu işlem kestirim olarak tanımlanır (Tercan, 1996).

Bu çalışma kapsamında Mersin-Tarsus bölgesinde açılmış bulunan derin yeraltısuyu üretim kuyularına ait veriler kullanılarak hidrolik iletkenlik (Kh) ve etkin gözeneklilik ( $n_e$ ) değerlerinin üç boyutlu dağılımı kestirilmiştir. Bölgede uzun yıllar boyunca çeşitli kurumlar ve şahıslar tarafından açılan pek çok kuyu bulunmaktadır. Ancak bu kuyuların genellikle Kh ve  $n_e$  ölçümleri yapılmamıştır. Bu nedenle Kh ve  $n_e$  kestirimlerinde girdi verisi olarak mevcut kuyu litoloji loglarında tanımlanan birimlerin literatürde belirtilen Kh ve  $n_e$  değerleri kullanılmıştır. Üretilen Kh ve  $n_e$  veri setleri ile GSLIB (Deutsch ve Journal, 1998) yazılımı kullanılarak jeostatistik modeller oluşturulmuştur. Bu modellerin parametreleri ile üç boyutlu kriging kestirimleri yapılmıştır.

Çalışma alanı Mersin il sınırları içinde, Elvanlı-Tarsus yerleşimleri arasında  $34^{\circ}20'$  ile  $34^{\circ}57'$  boylam ve  $36^{\circ}38'$  ile  $37^{\circ}00'$  enlemleri arasında uzanan yaklaşık  $750 \text{ km}^2$  lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1). İnceleme alanı Toroslar ile Akdeniz arasında geniş bir kıyı-yamaç akiferi oluşturmaktadır. Toroslar ile deniz arasında kıyı düzlüğü batıdan doğuya doğru genişlemektedir. Delta-taşkın ovası karakterindeki bir çökel ortamını yansıtan bu alanda halen kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı 7 akarsu bulunmakta olup, kıyı akiferi bu akarsular ve bunların öncülleri tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 1. İnceleme alanı ve jeolojisi haritası (Şenol vd., 1998'den değiştirilerek alınmıştır).  
 Figure 1. Location and geology map of the study area (Modified from Senol et. al, 1998).



## JEOLOJİ ve HİDROJEOLOJİ

Bu çalışmada kullanılan jeolojik birimlere ait bilgiler Şenol vd. (1998)' den derlenmiştir. Mersin-Tarsus Kıyı akifer sistemi ile bu akifer sisteminin drenaj alanında yer alan jeolojik birimler, Toros Dağ Oluşum Kuşağının, Ecemiş Fayı güneydoğu kesiminde yer alır ve bu kuşağın jeolojik özelliklerini taşır. Temelde Paleozoyik yaşlı metamorfiklerden oluşan Karahamzauşağı Formasyonu bulunur. Üst Kretase döneminde bölgeye yerleşen ofiyolitik melanaj bölgenin kuzeybatı kesiminde yüzeylenmektedir. Bunlar üzerine Oligosen-Miyosen-Pliyosen döneminde karasal, geçiş ve denizel ortam çökellerinin oluşturduğu Karaisalı, Güvenç, Kuzgun ve Handerc Formasyonları yer alır. Çalışma alanının güney kesiminde Kuvaterner yaşlı karasal ve geçiş ortamı çökelleri ile morfolojik birimler yaygındır. Bunlardan geçiş ortamını temsil eden Kuvaterner yaşlı delta çökelleri en geniş yüzey alanına sahip birimdir (Şekil 1).

İnceleme alanı hidrojeolojik açıdan iki bölüme ayrılmaktadır. Bunlar; kuzey kesimde genel olarak güneydoğuya eğimli sedimanter kayaçların bulunduğu Yamaç akiferi ve güneyde yüzey alanı doğudan batıya azalan alüvyon malzemenin oluşturduğu Kıyı akiferidir (Hatipoğlu, 2004). Yamaç akiferinin bulunduğu kesimde litoloji genel olarak sedimanter kayaçların ardalanmasından oluşmaktadır. Bölge tek tür kaya tipinin hakimiyetinden çok kumtaşı, kireçtaşı, konglomera, silt, marn ve kiltası ardalanmasından oluşmaktadır. Bu nedenle Yamaç akiferinin bulunduğu alanlar genel olarak yeraltısuyu açısından düşük verimli yerel akiferlerden oluşmaktadır. Yüksek verimli Kıyı akiferi ise bir delta-kıyı ovası ortamınca temsil edilmektedir. Bu ortam, akarsularca taşınan çökellerin düşük enerjili kıyı-delta ortamında depolanması ile oluşturulmuştur. Taşınan malzemenin miktarı, boyutları ve taşınabildiği mesafe iklim, akarsu rejimi, yapısal davranış ve

kıyı işlevleri ile yakından ilgili olduğundan delta ortamları genellikle heterojenite ve çökel birimleri arasındaki karmaşık yapı ile tipiktirler (Reineck ve Singh, 1973).

## TEORİ

### Variogram Fonksiyonu

Bölgesel değişkenin (örn:  $K_h$ ,  $n_e$ ) değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri jeostatistikte variogram fonksiyonu ile tanımlanır. Variogram fonksiyonu varyansın uzaklığa bağlı değişimini gösteren bir fonksiyondur ve aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır (Tercan ve Saraç, 1998):

$$2\gamma(h) = \text{Var}(Z_i - Z_{i+h}) = \frac{1}{n(h)} \sum (z_i - z_{i+h})^2$$

$2\gamma(h)$ : variogram fonksiyonu,

$Z$ : incelenen değişken

$n(h)$ :  $h$  uzaklığındaki veri çifti sayısı

$h$ : uzaklık,

$Z_i$ : değişkenin aldığı değerleri

Variogramın orijine yakın davranışı bölgesel değişkenin sürekliliği ile ilgili bilgi verir. Parabolik şekil düzenli değişen bir özelliği, doğrusal şekil bölgesel değişkenin sürekli artması veya azalmasını gösterirken, orijindeki süreksizlik ise ölçüm hataları veya küçük ölçekli değişimleri belirler. Örneklem noktaları arasında birbirine en yakın iki örneğin uzaklığı, değişimin belirlenebileceği en küçük uzaklıktır. Bu uzaklıktan daha küçük uzaklıklarda, değerler arasındaki farkın değişimi belirlenemez. Bu durum variogramın orijininde sıfırdan farklı pozitif bir değer almasına neden olur. Variogramda bu durum külçe etkisi olarak tanımlanır (Tercan ve Saraç, 1998). Bölgesel değişkenin belirli uzaklıklar için belirlenen deneysel variogramına bir fonksiyon uyarlanarak bütün uzaklıklar için variogram belirlenir.

### Kriging Kestirimi

Kriging bölgesel değişkenin, örneklenemeyen noktalarda büyüklüğünün belirlenmesi için varolan verilerin ağırlıklı ortalamasının kullanıldığı bir yöntemdir. Ağırlıklar yansızlık ve en küçük varyans kriterleri sağlanarak oluşturulan doğrusal denklem sisteminin çözümü ile bulunur (Tercan ve Saraç, 1998).

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i)$$

$z^*(x_0)$ :  $x_0$

$z(x_i)$ :  $x_i$  noktasında kestirilen değer

$\lambda_i$ : kestirimde kullanılan veriler

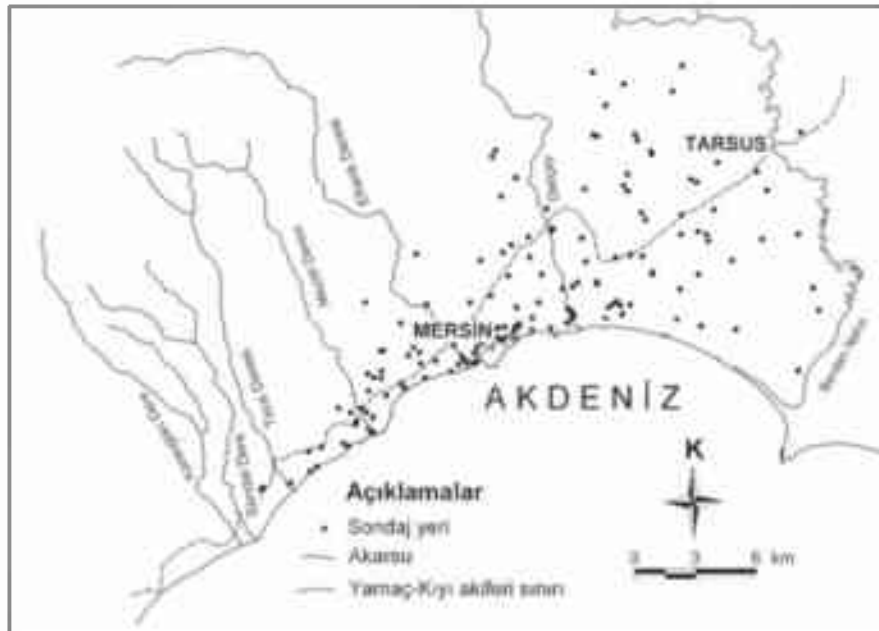
Kestirimde kullanılacak verilere atanacak değerler

Blok kriging kestiriminde ise bölgesel değişkenin tek bir noktadaki değeri değil, belirli bir hacim için ortalama değeri hesaplanmaktadır (Ouyang, vd., 2003).

### VERİ KAYNAKLARI VE KALİTESİ

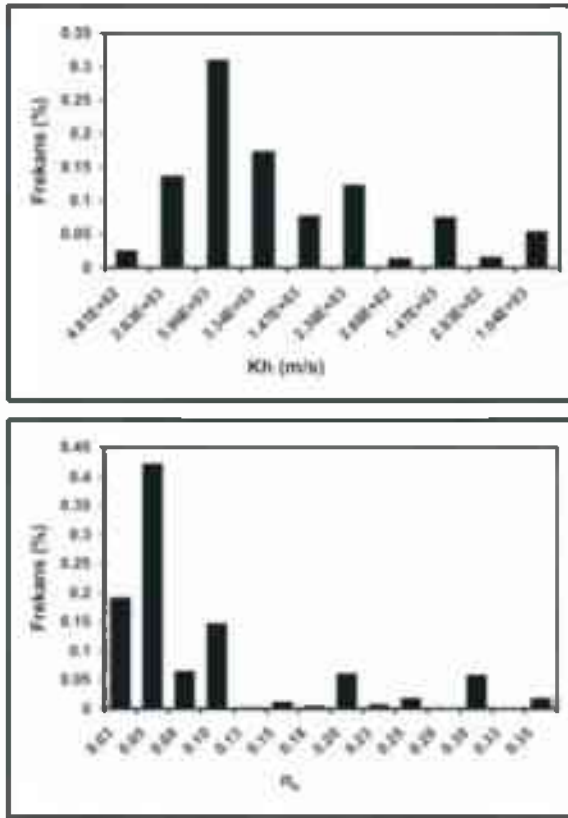
Mersin-Tarsus Kıyı akiferinin  $K_h$  ve  $n_c$  dağılımının belirlenmesinde 194 adet sondaj logu kullanılmıştır (Şekil 2). Sondajların yayıldığı alan yaklaşık  $750 \text{ km}^2$  ve en derin sondaj 299 m'dir. Sondajlar 1957-1997 yılları arasında farklı kurum ve kişiler tarafından açılmış, sondaj sırasında geçilen birime ait tanım ve özellikler sondajı açan kişi tarafından nitel olarak belirlenmiş ve sondaj loguna işlenmiştir. Çalışma kapsamında sondajlara ait litoloji logları 1 m'lik parçalara bölünmüş ve her bir aralığa ait litolojik birim için literatürden belirlenen  $K_h$  ve  $n_c$  değerleri atanmıştır. Oluşturulan veri setine, ilgili noktaya ait  $x$ ,  $y$ ,  $z$  değerleri eklenmiştir. Çeşitli birimler için atfedilen  $K_h$  ve  $n_c$  değerleri sırasıyla Çizelge 1'de verilmiştir.

Elde edilen  $K_h$  ve  $n_c$  verilerine ait histogramlar sola çarpık bir dağılım göstermektedir (Şekil 3).  $K_h$  verilerinin varyansı  $4.6 \cdot 10^{-5}$ , ortalaması  $1.7 \cdot 10^3$ ;  $n_c$  verilerinin varyansı 0.0073 ve ortalaması 0.08 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Sondaj noktaları haritası.

Figure 2. Map of the drillholes



Şekil 3. Kh ve ne verilerine ait histogramlar.  
Figure 3. Histograms of Kh and ne data.

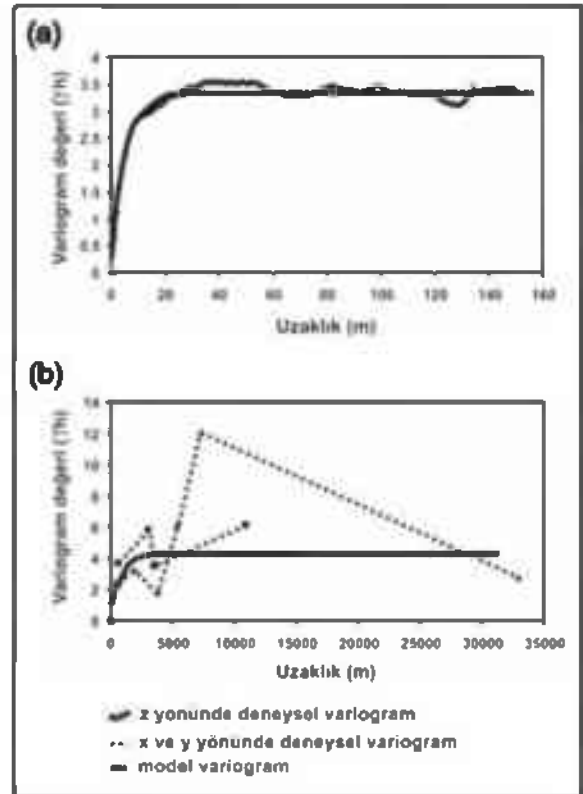
Çizelge 1. Veri setinde kullanılan bazı birimlere ait Kh ve ne değerleri.

Table 1. Kh and ne values for some units using in data set

Birim	Kh Literatür Değeri* (m/s)	Kullanılan Kh Değeri (m/s)	ne Literatür Değeri**	Kullanılan ne Değeri
Çakıl	$3 \cdot 10^{-4}$ - $3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	0.15-0.37	0.3
Kum	$9 \cdot 10^{-7}$ - $6 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0.08-0.40	0.35
Silt	$1 \cdot 10^{-9}$ - $2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-7}$	0.004-0.05	0.04
Kil	$1 \cdot 10^{-13}$ - $2 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-9}$	0.007-0.05	0.03

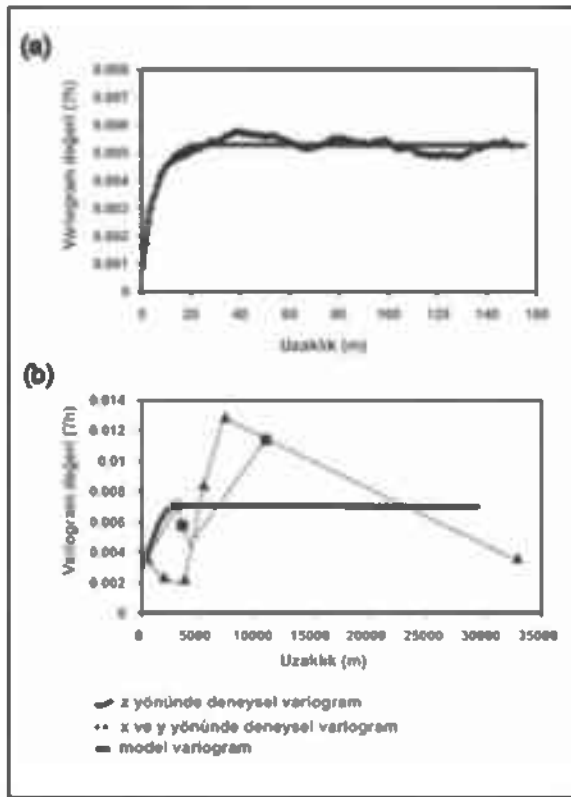
## DENEYSEL VARIÖGRAM VE VARIÖGRAM MODELİ

Kh ve ne veri seti ile x, y, z yönlerinde deneysel variogramlar hesaplanmıştır. Kh değerinin çok geniş bir değer aralığına yayılması nedeniyle logaritmik dönüşüm yapılmıştır. Variogramın hesaplanması ve kriging kestirimi aşamalarında dönüştürülmüş değerler kullanılmış ve kestirilen bu değerlere geri dönüşüm uygulanmıştır. Kh ve ne için düşey yönde hesaplanan variogramlar 20 m civarında bir yapısal uzaklığa sahiptir (Şekil 4a ve 5a). Yatay yöndeki Kh için yapısal uzaklık 3500m, ne için ise 2500m civarındadır (Şekil 4b ve 5b). Kh ve ne için oluşturulan variogram modeli üç boyutlu anizotropik bir küresel modeldir. Kh ve ne model parametreleri sırasıyla Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 4. Kh için deneysel ve model variogramlar: a) Düşey yönde, b) Yatay yönde

Figure 4. The experimental variograms and variogram models for Kh a) Vertical direction b) Horizontal direction



Şekil 5.  $n_e$  için deneysel ve model variogramlar: a) Düşey yönde, b) Yatay yönde

Figure 5. The experimental variograms and variogram models for  $n_e$ . a) Vertical direction b) Horizontal direction

Çizelge 2.  $K_h$  ve  $n_e$  için variogram model parametreleri.

Table 2. Model variogram parameters for  $K_h$  and  $n_e$ .

Parametre	$K_h$		$n_e$	
	Düşey	Yatay	Düşey	Yatay
C	3.25	3.25	0.004	0.004
$C_0$	1	1	0.003	0.003
a	20	3500	20	2500

### Çapraz Doğrulama

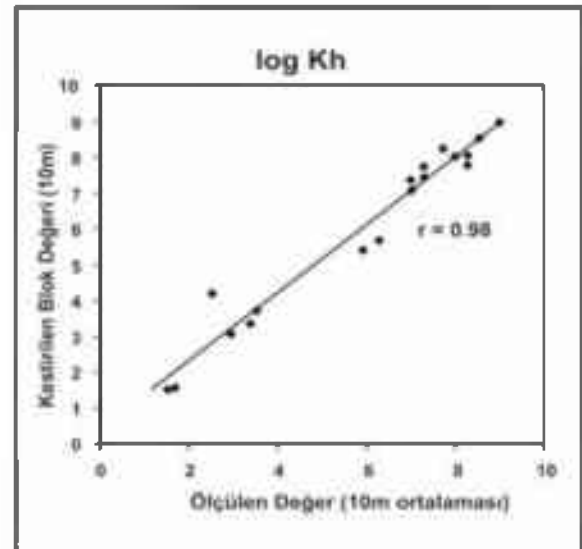
Veri seti ile oluşturulan variogram model parametrelerinin doğruluğunun (geçerliliğinin) belirlenmesi için çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde veri seti ile modelin uyumu kontrol edilmektedir (ASTM 1996; Ouyang vd., 2003). Bu amaçla, her örnek veri setinden uzaklaştırılarak kriging ile kestirim

yapılmakta, iyi bir uyum için gerçek değerler ve kestirilen değerler arasındaki farkların sıfır ortalamaya ve minimum varyanslı simetrik bir yapıya sahip olması gerekmektedir (Tercan ve Saraç, 1998). Bu çalışma için  $K_h$  ve  $n_e$  kestirimlerinin çapraz doğrulama işlemine ilişkin sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Ayrıca, 194 sondaj arasından rastgele seçilen 20 sondajın 0 ve -10m seviyeleri arasında  $1 \times 1 \times 10$ m boyutundaki blokları için kestirilen değerleri ile bunlara karşılık gelen ölçülen değerler arasında da oldukça yüksek bir uyum bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 6 ve 7).

Çizelge 3.  $K_h$  ve  $n_e$  için çapraz doğrulama sonuçları

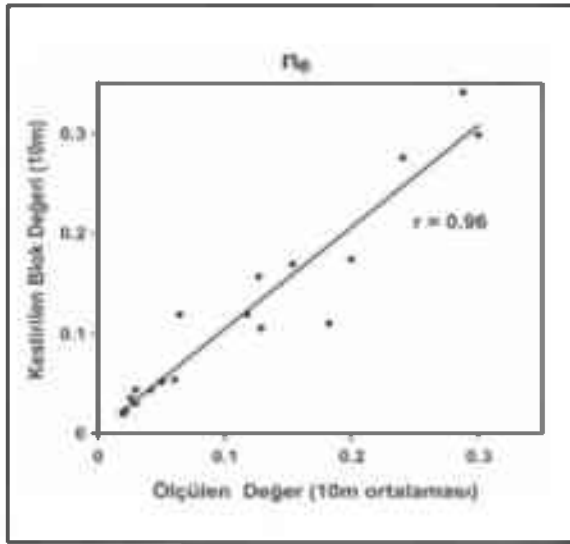
Table 3. Cross validation results for  $K_h$  and  $n_e$

	$K_h$	$n_e$
Kestirim sayısı	19303	19303
Ort. $(z^* - z)$	-0.0015	0.00005
Ort. $ z^* - z $	0.597	0.024
Ort. $(z^* - z)^2$	1.009	0.0018
Ort. $(\sigma^2_k)$	0.369	0.00084
Ort. $[(z^* - z)/\sigma_k]$	0.00086	0.0155
Ort. $[(z^* - z)/\sigma_k]^2$	0.330	2.0146
$\Sigma z^* - z $	11536	459.99



Şekil 6.  $K_h$  için ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki ilişki.

Figure 6. Relation between measured and estimated  $K_h$  values

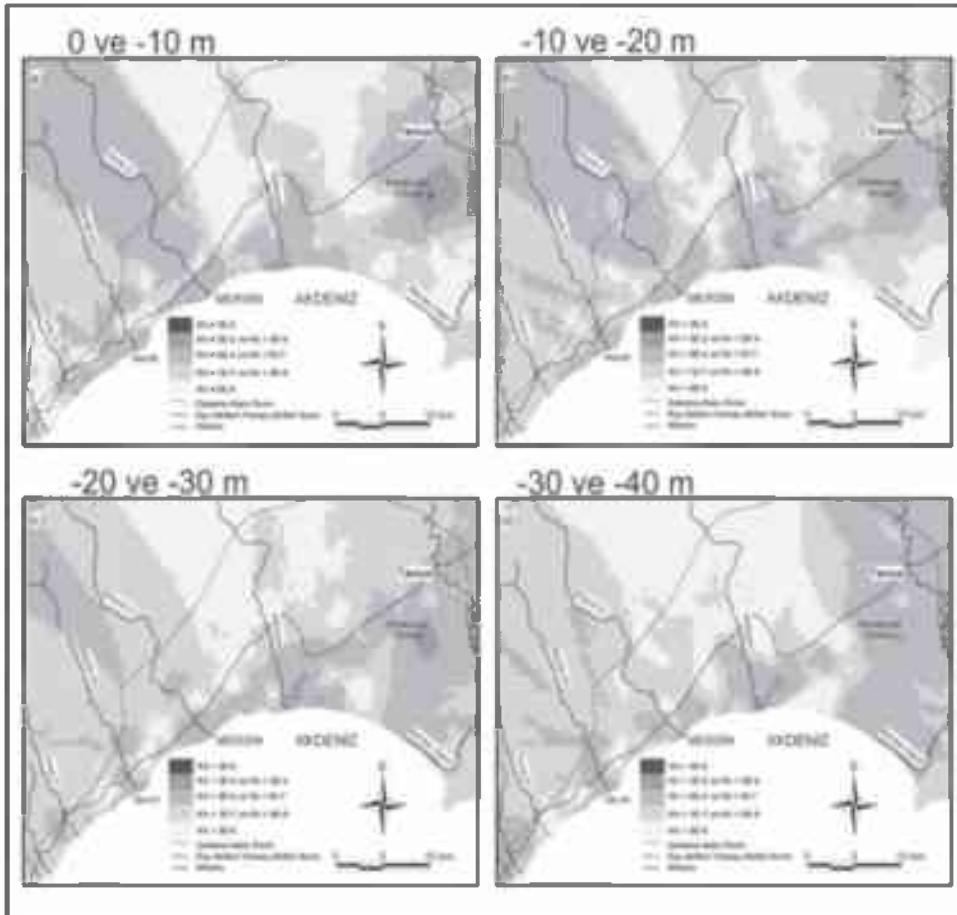


Şekil 7.  $n_e$  için ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki ilişki

Figure 7. Relation between measured and estimated  $n_e$  values.

### ÜÇ BOYUTLU KRİGİNG ANALİZİ

Kh ve  $n_e$  dağılım modellerinin güvenilirliğinin belirlenmesinden sonra, bu parametrelerin inceleme alanındaki üç boyutlu dağılımı blok kriging yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla, inceleme alanı x ekseninde boyunca 500 metrelik 98, y ekseninde boyunca 500 metrelik 80 grid içeren ve z yönünde 0 ve -40 m derinlikleri arasında 10'ar metrelik 4 katmanın bulunduğu bloklara ayrılmıştır. Ön hesaplamalar sırasında, 1, 10, 25 ve 50 m kalınlıkları için yapılan kestirimlerden ölçülen değerlere en yakın olanların 10 m'lik blok kalınlığı için elde edildiği belirlenmiştir. Bu kalınlık değeri aynı zamanda litoloji loglarında gözlenen ortalama birim kalınlığına karşılık gelmektedir. Kestirilen değerler MapInfo (1998) yazılımı ile coğrafi haritalara dönüştürülmüş olup, Kh ve  $n_e$  için oluşturulan haritalar birbirine benzer olduğundan Şekil 8'de sadece Kh haritası sunulmuştur.



Şekil 8. Kriging kestirimi ile farklı derinlikler için belirlenen Kh dağılımı: a) 0 ve -10 m, b) -10 ve -20 m, c) -20 ve -30 m, d) -30 ve -40 m

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada yeraltısuyu verimliliğinin değerlendirilmesi açısından en önemli parametreler olan  $K_h$  ve  $n_e$ 'nin dağılımının belirlenmesi amacıyla jeostatistik yöntemler kullanılmıştır. Bölgede açılan kuyuların loglarından belirlenen litolojilere karşılık gelen  $K_h$  ve  $n_e$  değerleri ile  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $K_h$  ve  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $n_e$  veri setleri oluşturulmuştur. Bu veri setleri kullanılarak variogram analizi ve blok kriging yöntemleri ile kestirim yapılmıştır. Elde edilen kestirim sonuçları blok kriging yönteminin delta-kıyı ovası gibi karmaşık çökel ortamlarında da jeohidrolojik parametre kestiriminde başarılı sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Ayrıca bu çalışma sonuçları bölgeye ait yeraltısuyu akım modelinin oluşturulmasında kullanılabilir yapıdadır. Sonuçların alansal dağılımı incelendiğinde  $K_h$  ve  $n_e$ 'nin yüksek değer ve geniş yayılım alanına sahip olduğu bölgenin Tarsus'un güney kesiminde, Karabucak Ormanı çevresindeki 0 ve -10m seviyeleri arasındaki alan olduğu anlaşılmaktadır. Bu bölgede alt katmanlarda gözlenen verimlilik üst seviyeye oranla azalmaktadır. Deliçay'ın kıyıya yakın kesimi, Mersin ve Mezitli çevresi 0 ve -40 m seviyeleri arasında yüksek  $K_h$  ve  $n_e$  değerlerine sahiptir. Mevcut kuyu verimleri açısından da bu bölgeler en verimli alanlardır. Tarsus'un batı ve kuzeybatısı ile Deliçay ve Efrenk Dereleri arasında  $K_h$  ve  $n_e$  en düşük değerleri almaktadır. Berdan Nehri'nin kıyıya yakın kesiminde 0 ve -20m arasındaki derinlik aralığı da yeraltısuyu üretimi açısından verimin düşük olduğu bir diğer bölgedir. Bu bölgede -20 ve -40m arasında  $K_h$  ve  $n_e$  değerleri üst katmanlara göre artış göstermektedir.

## KATKI BELİRTME

Yazarlar bu çalışmanın yürütülmesindeki öneri ve katkılarından dolayı H.Ü. Maden Mühendisliği Bölümünden Prof.Dr. Erhan Tercan, Araştırma Görevlileri Bülent Tütmez ve Elif Akcan'a teşekkür ederler. Çalışmaya Hacettepe Üniversitesi ve Mersin Üniversitesi Araştırma Fonlarınınca maddi destek sağlanmıştır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1996. Standard Guide for the Concepts of Geostatistical Site Investigation Report. D5549-94, Philadelphia, Pensilvania.
- Deutsch, C.V. ve Journal A.G., 1998. Geostatistical Software Library and Users Guide. Oxford University Press, New York, 369 s.
- Domenico P.A. ve Schwartz, F.W., 1997. Physical and Chemical Hydrogeology, 2nd Edition. John Wiley & Sons, New York, 640 s.
- Hatipoğlu, Z., 2004. Mersin-Tarsus kıyı akiferinin hidrojeokimyası. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Doktora Tezi, 142 s (yayınlanmamış).
- Marsily, G., 1986. Quantative Hydrogeology. Academic Press, London, 440 s.
- MapInfo Corporation, 1998. MapInfo Professional 5.5 software package, New York.
- Ouyang, Y., Higman, J., Campbell D. ve Davis, J., 2003. Three-dimensional kriging analysis of sediment mercury distribution: a case study. Journal of the American Water Resources Association, 39(3), 689-702.
- Reineck, H.E. ve Singh, I.B., 1973. Depositional Sedimentary Environments. Springer-Verlag, 439 s.
- Spitz, K. ve Moreno J., 1996. A Practical Guide To Groundwater And Solute Transport Modeling. John Wiley & Sons, 461 S.
- Şenol, M., Şahin, Ş. ve Duman T.Y., 1998. Adana-Mersin dolayının jeoloji etüd raporu. MTA, Ankara, 46 s. (yayınlanmamış).
- Tercan, 1996. Maden yatakları sınır belirsizliğinin "indicator kriging" ile değerlendirilmesi ve Sivas-Kangal-Kalburçayırı kömür yatağında bir uygulama. Madencilik, Cilt: 35(4), 3-11.
- Tercan, A.E. ve Saraç, C., 1998. Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistik Yöntemler. TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 48 Ankara 137 s.

## Antalya Falezlerinde Gözlenen Stabilite Problemleri Stability Problems Observed in Antalya Tufa Sea Cliffs

**Nihat DİPOVA**

Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 07050 Antalya, Ndipova@akdeniz.edu.tr  
Akdeniz University, Department of Civil Engineering, 07050 Antalya, ndipova@akdeniz.edu.tr

### ÖZ

Antalya örneğinde olduğu gibi, falez üzerine kurulu kentlerde falez stabilite sorunları yaygın olarak gözlenmektedir. Falez duraysızlıklarının en önemli gerekçesi dalga aşındırmasıdır. Kıyı falezlerinde deniz seviyesinde dalga etkisi ile oluşan aşınma, ince tabakalı kayalarda, tabanda azaltmakta ve üstteki kaya tabakaları indirekt çekme yenilmesine maruz kalarak, kaya düşmesi şeklinde falez gerilemesine neden olmaktadır. Masif kayalarda ise deniz seviyesindeki aşınma sonucu çentikler oluşmaktadır. Çentik kaya içine doğru ilerledikçe falez üstünde çekme gerilmesi artmakta ve çekme yenilmesi sonrasında gerilme çatlakları oluşmaktadır. Bu aşamadan sonra "eğilme duraysızlığı" süreci başlamaktadır. Ayrılan kaya bloğu denize doğru eğildikçe çentik kapanma ve çentiğin arkasındaki kaya içinde "ufalanma zonu" oluşmaktadır. Kaya bloğunun ağırlık merkezinin öne doğru kayması ufalanmanın artmasına, ufalanma ise yeni bir ağırlık merkezi kaymasına neden olur. Bu duraysızlık süreci kayacın tümüyle denize devrilmesine kadar sürer. Falez şevinde gerilme çatlaklarının açılması ile bloğun tümüyle devrilmesi arasındaki proses ise bir tür "ikincil devrilme" dir. Kıyı erozyonu ve falez gerilemesi hızını etkileyen en önemli faktörler; sediman taşınımı, dalga yönü ve büyüklüğü, kaya malzemesi ve kütle özellikleri, yağış rejimi, kentleşme ve yapılaşmadır.

Bu çalışmada Antalya falezlerinde gözlenen erozyon ve kıyı gerileme mekanizmaları açıklandıktan sonra, Konyaaltı plajı doğusu, Atatürk Parkı, Sağlık Meslek Lisesi, Yat Limanı-İskele Caddesi, Eski Lara Caddesi kıyıları ve Bambus Plajı'ndaki kıyı falezlerindeki erozyon ve gerileme durumları vaka analizleri şeklinde açıklanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Antalya, erozyon, falez, ikincil devrilme

### ABSTRACT

Cities, which are established on sea cliffs, like Antalya, suffer some instability problems. The most important reason of cliff instability is wave erosion. At the base of cliffs wave impacts results in erosion. In thinly bedded rocks, this removes the support at the base and above rock layers fail due to high tensional stress. Cliff retreat is observed as a result of rock fall. Instead, in massive rocks, notches are developed at the base of the cliff. As a result of undercutting tensional cracks occur above the cliff. This is the beginning of "tilt instability". As the rock block is tilting, notch tends to be closed and turn into a "crash zone". As centre of gravity shifts through the sea, deformation increases in the crash zone, and additional

deformation in the crash zone result in a new shift of centre of gravity. This process continues until the toppling of rock block completely. The process between opening of tension crack and toppling is called "secondary toppling mechanism". Factors affecting rate of cliff erosion and retreat are; sediment transportation, wave direction and intensity, properties of rock material and rock mass, precipitation, urbanization and construction facilities

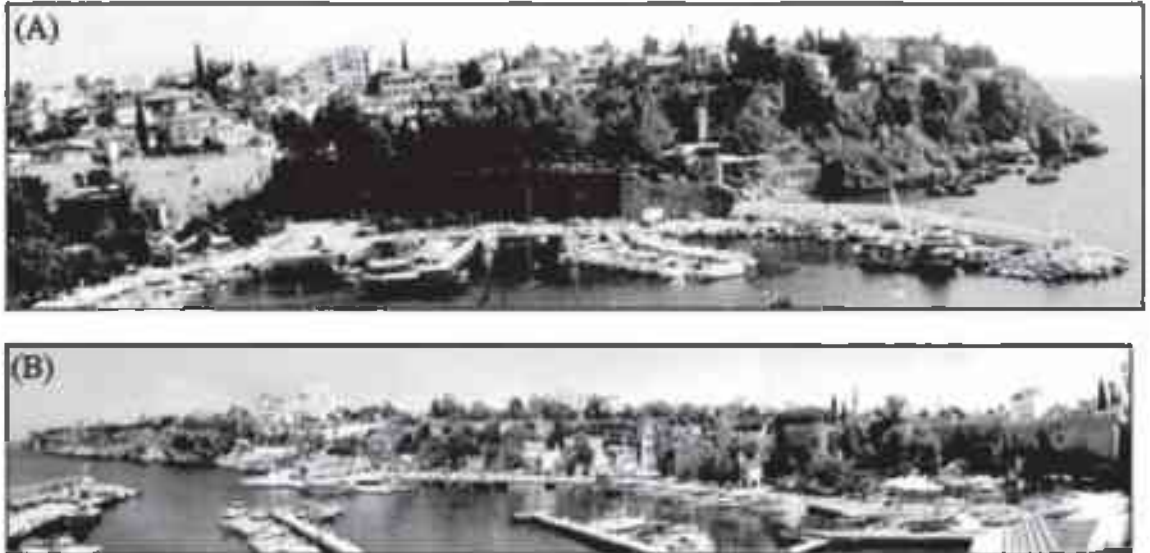
In this paper, erosion and retreat mechanism observed in Antalya sea cliffs will be explained. Erosion and retreat conditions of cliffs around Atatürk Park, School of health, Yacht harbour-Iskele Street, Old Lara Street and Bambus Beach will be explained as case studies.

**Keywords:** Antalya, erosion, sea cliff, secondary toppling.

## GİRİŞ

Kıta ile deniz arasında sınır teşkil eden dik yamaçlara "Falez" adı verilmektedir. Kıyı kentleri genellikle, kentin faaliyet alanlarına bağlı olmak üzere, kıyı ovaları, deltalar veya kıyı falezleri üzerine kurulmuştur. Antalya örneğinde olduğu gibi, falezler üzerine kurulu kentler için kıyı aşınması ve falez gerilemesi önemli sorunlar yaratmaktadır.

Antalya kıyı falezleri, Bergama Krallığı tarafından Attelia adında ilk büyük yerleşimin kurulmasından sonra, Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde savunma yapıları, deniz feneri ve su değirmeni gibi yapılar için kullanılmıştır. Cumhuriyet dönemine kadar kent "kale içi" olarak bilinen koyak içinde sınırlı iken (Şekil 1-A), özellikle 1980 li yıllardan sonra turizmin gelişmesi ve şehir nüfusunun artması sonucu, kale içinin batısında ve doğusunda falezler boyunca yapılaşma artmıştır (Şekil 1-B).



Şekil 1. Antalya falezlerinden panoramik görüntü. A) Yatlimanı doğusu, B) Yatlimanı batısı.  
Figure 1. Panoramic views from Antalya. A) East of Yacht Harbour. B) West of Yacht Harbour.





Şekil 2. Antalya kıyı şeridi uydu görüntüsü.

Figure 2. Satellite image of Antalya coastal zone.

Antalya kıyı falezleri, doğuda Karpuzkaldıran, batıda ise Konyaaltı plajı arasında yer alır ve uzunluğu yaklaşık 17 km dir. Konyaaltı Plajı'nın gerisinde falezler batıya doğru devam etmektedir, ancak günümüzde kumsalın gerisinde kalmıştır. Aynı şekilde doğuda da Lara plajı ve Yamansaz sulak alanının gerisinde falezler devam etmektedir (Şekil 2).

## JEOLOJİ

Antalya kıyı falezleri tufa türü kayalardan oluşmaktadır. Tufa, fiziko-kimyasal ve biyojenik yolla oluşmuş kalsiyum karbonat çökelidir. Traverten terimi de benzer bir terim olmakla birlikte, son zamanlarda hidro-termal çökeller için sınırlı tutularak kullanılmaktadır (Ford ve Pedley, 1996). Diyajenez düzeyi önemsenmeksizin ılık su kalsiyum karbonat çökelleri için ise tufa terimi tercih edilmektedir. İncelemelerde Antalya tufasında hakim olarak biyojenik kökenin belirlenmesi ve ılık su çökeli olması nedeni ile tufa terimi uygun görülmektedir (Dipova, 2002-a).

Antalya tufası Orta Anadolu'nun yükselmesine bağlı olarak gelişen Aksu yarı

graben haseninde çökelmiştir (Glover and Robertson, 1998). Yüze alanı olarak dünyanın en geniş tufa çökelidir (Pentecost, 1995) Yatay ve yataya yakın tabakalanma hakim çökelim mekanizmasının gösel çökelim olduğunu göstermektedir. Ancak tünek kaynak yolu modeli tufa oluşumu için başlangıç teşkil etmektedir. Bu modele göre yamaç aşağı akımda kurna şeklinde küçük basenler oluşmakta, bu basenler çökellerle dolup birleşerek düzlük alanları oluşturmaktadır (Masadağı). Oluşan bu düzlüklerde daha sonra daha geniş basenler olduğundan kalın tabakalı gösel çökeller oluşabilmektedir. Oluşan düzlüklerde akarsu sistemleri geliştiğinde örgülü ve menderesli nehir çökelleri oluşmakta ve düzlemsel morfoloji güçlenmektedir.

Tufa oluşum modellerinden biri olan çağlayan modeli bir yüksek enerji ortamıdır. Falez üzerinden su türbülanslı olarak akar ve bu sırada falez üzerinde sucul bitkiler gelişir. Falezden sarkan yosunlar üzerinden su akarken, fiziko-kimyasal ve biyojenik mekanizmalarla yosunların üzeri kalsiyum karbonat ile kaplanır. Bu yolla perde şeklinde tufa kayacı oluşur. Perde şeklindeki kaya oluşumlarının arkasında düşey

kör mağaralar gelişir. Çağlayan oluşum modeli ürünü tufalar jeolojik kayıt içinde fazla yer tutmazlar. Bunun nedeni kıyı aşınması ile hızla yok edilmesidir. Ancak bu sırada falez gerilemesine karşı bir direnç oluştururlar (Şekil 3).

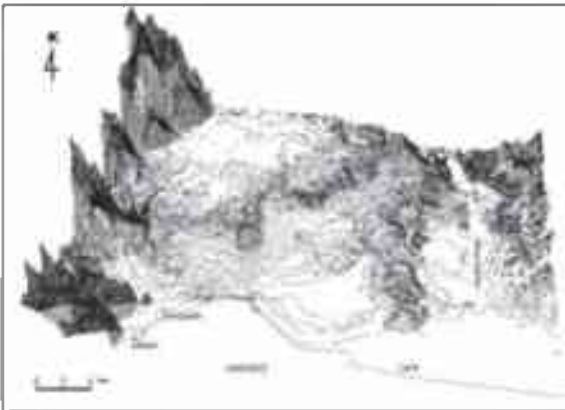


Şekil 3. Karpuzkaldıran'da çağlayan tipi tufa oluşumu.

Figure 3. Cascade model tufa precipitation around Karpuzkaldıran.

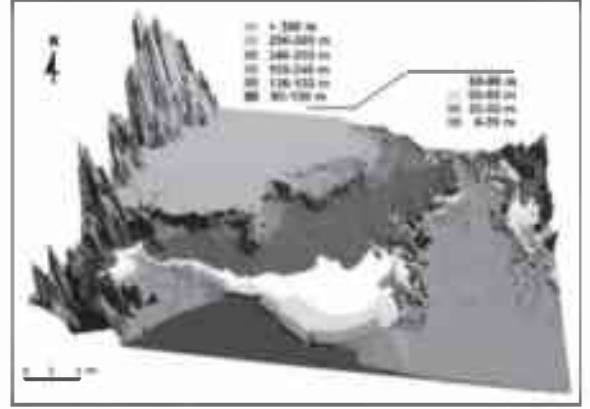
### JEOMORFOLOJİ

Antalya tufa birimi, batısı ve kuzeyi Beydağları ile, doğusu Aksu Nehri, güneyi ise Akdeniz ve Akdeniz kıyısında gelişen kıyı düzlükleri ile çevrilidir. Üzerine çökeltim imkanı bulunduğu Aksu yarı grabeni (Glover and Robertson, 1998) günümüzde batısı tufa ile sınırlanmış bir vadi niteliğindedir (Şekil 4).



Şekil 4. Antalya civarının 3 boyutlu modeli  
Figure 4. 3 dimensional model of Antalya area

Birimin Akdeniz ile sınırı falezli bir yapı sunmaktadır. Ortalama 35 m yüksekliğinde dike yakın falezlerin arkasında basamaklı yapı kuzeye doğru yükselen platolar şeklinde kendini gösterir. Şekil 4 ve 5 de belirgin olarak 2 basamak kolayca ayırt edilmekle birlikte, ayrıntılı incelemede, bir tanesi deniz altında olmak üzere, 4 ayrı plato ve bunların alt seviyeleri belirlenebilmektedir (Dipova ve Yıldırım, 2004).



Şekil 5. Antalya platoları  
Figure 5. Antalya plateaus.

### EROZYON VE GERİLEME MEKANİZMALARI

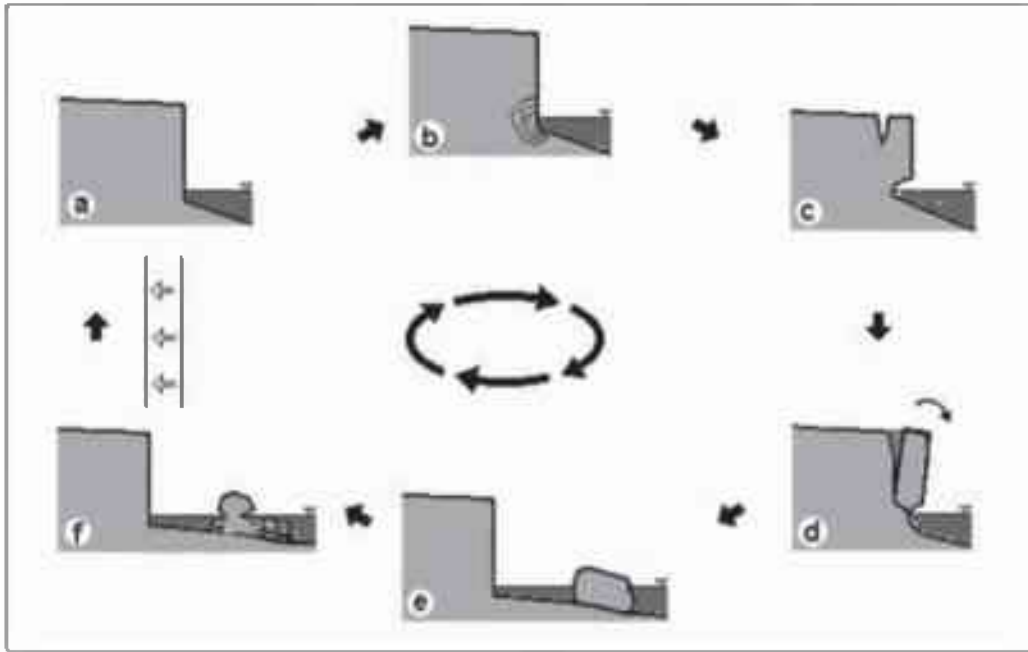
Falezli kıyıların oluşumunda dalga erozyonu ve buna bağlı gelişen kıyı gerilemesi etkili olmaktadır. Falezin geometrisi de, kaya kütlelerinin dayanım özelliklerine ek olarak, denizel ve karasal erozyonun göreceli şiddeti ile belirlenmektedir (Emery and Khun, 1982). Antalya örneğinde olduğu gibi deniz aşınması karasal yüzey erozyonundan daha etkin olduğunda dik ve dike yakın falezler ve bunun gerisinde yatay ve yataya yakın platolar oluşmaktadır. Antalya'da falez erozyonu ve gerilemesi için iki ana mekanizma gözlenmektedir. Bu mekanizmalar aşağıda açıklanmaktadır.

### Çentik ve İkincil Devrilme

Görel olarak masif ve dayanımlı kaya kütlelerinde deniz seviyesinde dalganın aşındırıcı etkisi ve buna ilave olarak düşük oranlarda da olsa biyo-erozyon ve tuzluluğun çözücü etkisi ile kaya aşınmaktadır. Bu aşınma maksimum dalga yüksekliğinin üzerine çıkmamakta ancak kaya içine doğru ilerlemektedir. Bu yolla oluşan aşınma yapılarına çentik (veya kertik) denmektedir. Çentiklerin deniz seviyesinde oluşmasında burada aşındırıcı etkilerin en fazla bulunmasına ek olarak, falez tabanında kayada yanal doğrultuda gerilme azalması da etkili olmaktadır (Şekil 6-b).

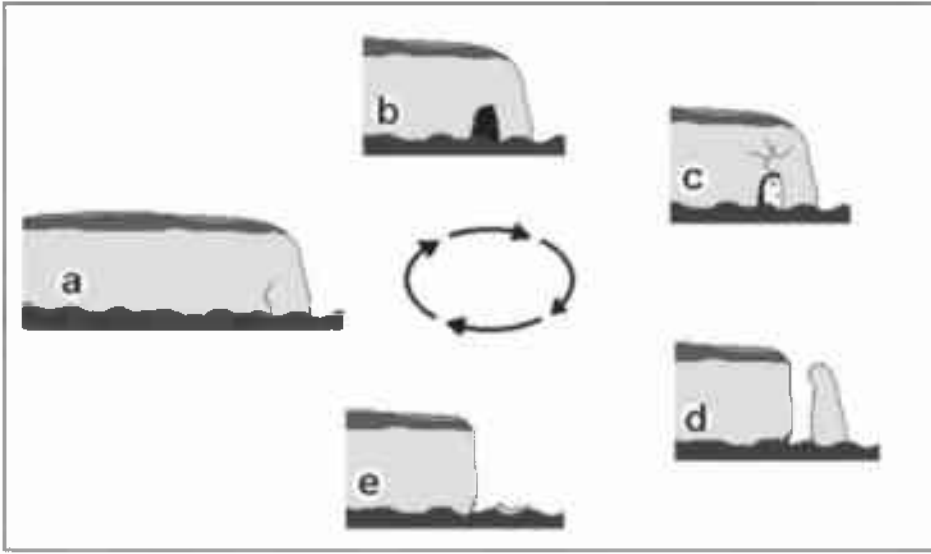
Çentiğin kaya içine doğru ilerlemesi, kaya kütlelerinin indirekt çekme dayanımı aşılanaya dek sürer. Çekme dayanımı aşıldığında falez üzerinde gerilme çatlağı oluşur (Şekil 6-c). Alttan çentik üstten ise çatlak ile ana kütlede ayrılan kaya

bloğu öne doğru eğilme eğilimi gösterir. Bu sırada çentiğin bir kısmı kapanırken çentik arkasında ise "ufalanma zonu" oluşur (Şekil 6-d). Mekanizmanın bu aşaması "eğilme duraysızlığı" ile açıklanabilir. Gerilme çatlağı ve ufalanma zonu oluştuktan sonra devam eden erozyon, kaya bloğunun ağırlık merkezinin öne doğru ötelenmesine neden olmakta, bu da ufalanma zonundaki deformasyon için ilave gerilme anlamına gelmektedir. Ufalanma zonundaki deformasyon ise ağırlık merkezinin daha fazla öne ötelenmesine neden olmaktadır. Bu döngü bloğun tümüyle devrilmesine kadar sürer (Şekil 6-e). Bu mekanizma şev duraylılığındaki "devrilme"ye benzemektedir. Ancak mekanizmadaki farklılığı ayırmak için "ikincil devrilme" adı verilmiştir. Blok devrildiğinde geride kalan dik falez devrilen blok genişliği kadar gerilemiş olur (Şekil 6-f). Dalga aşındırması devam ettiği için "ikincil devrilme" mekanizması "döngü" halini almaktadır.



Şekil 6. Dalga aşındırması sonucu ikincil devrilme döngüsü.

Figure 6. Secondary toppling cycle due to wave erosion.

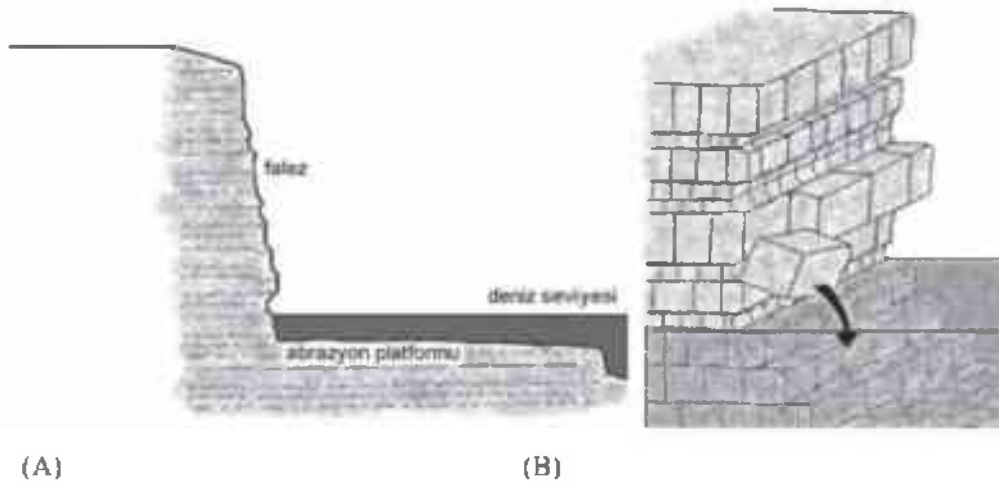


Şekil 7. Kıyı erozyonunda şahit kaya oluşumu  
Figure 7. Sea stack formation due to coastal erosion.

### Belirgin Çentik Olmaksızın Kaya Düşmesi

Masif kayalarda çentik ve ikincil devrilme oluşurken, tabakalı kaya kütlelerinde belirgin çentik olmaksızın kaya düşmeleri şeklinde gerileme sürmektedir (Şekil 8-A). Dalga etkisi ile

deniz seviyesinde erozyon oluşmaktadır. Ancak tabakalı yapı, oluşan indirekt çekme gerilmesini tüm tabakalara paylaştırmakta ve kaya bloklarının düşmesi biçiminde erozyon sürmektedir (Şekil 8-B).



Şekil 8. Tabakalı kayalarda çentik gelişimi olmadan geri çekilme  
Figure 8. Cliff retreat on layered rocks without notch development.

## FALEZ GERİ ÇEKİLMESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

### Sediman Taşınımı

Diğer kıyı erozyonu türlerinde olduğu gibi, falez erozyonunda da, sediman taşınımı erozyonu karşılama açısından geri çekilmeyi etkileyen önemli bir faktördür. Antalya falezlerinde de Konyaaltı-İskele (Yat Limanı) arası bölgenin, Düden Platosu falezlerine göre daha fazla geri çekilmiş olmasının gerçekçelerinden birisi bu olmalıdır. Çünkü Düden Çayı Düden platosundan denize dökülmektedir. Bu çayın klastik sediman taşıma kapasitesi düşük olmakla birlikte, sert (kireçli) suyu güncel tufa oluşumuna neden olmaktadır. 19. yüzyılın sonlarında yatak düzenlenmesi ile tek bir kanala alınmadan önce Düden çayı menderesli veya örgülü nehir biçiminde akardı. Böylece günümüzdeki Karpuzkaldıran mevkiinden, şehrin başladığı Paşakavaklar mevkiine kadar falezlerden sert su boşalımı, çağlayan tipi tufa oluşumunu sağlamıştır. Perde şeklindeki tufa oluşumu erozyona karşı kalkan görevi görmüştür. Yirminci yüzyılda süren erozyona rağmen bu perde tufa oluşumların bazı bölümleri Fener mevkiinde gözlenebilmektedir. 1930 lu yılların fotoğraflarında kayda giren Paşakavaklar'daki perde tufa oluşumları ise günümüzde gözlenmemektedir.

### Dalga Yönü ve Büyüklüğü

Antalya'da hakim dalga yönü KKB dir. Atatürk Parkındaki ve Eski Lara Yolu kıyı morfolojisi incelendiğinde eğilen blok yüzeylerinin dalga yönüne dike yakın açıyla geliştiği görülmektedir. Falez gerileme hızını etkileme açısından dalga kuvveti belirleyici etkindir. Sunamura (1977) masif kayalarda yaptığı araştırmada çentik büyümesi hızının dalga kuvveti ile doğru orantılı olduğunu belirlemiştir. Sunamura (1992), kayaç dayanımı

ve zaman parametrelerini bir arada değerlendirerek erozyon hızını eşitlik haline getirmiştir (Eşitlik 1).

$$R = K \cdot \ln(F_w/F_r) \quad (1)$$

$$F_w = A \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad (2)$$

$$F_r = B \cdot \sigma_c \quad (3)$$

Burada: R = Erozyon hızı, H = Dalga Yüksekliği,  $\rho$  = Deniz Suyu Yoğunluğu, g = Yerçekimi İvmesi,  $\sigma_c$  = Kayaç Serbest Basınç Dayanımı, A and B = Boyutsuz Sabitler, K = Hızın fiziksel büyüklüğü ile ilgili katsayı.

### Kaya Malzemesi ve Kütle Özellikleri

Eşitlik 1 de görüleceği gibi erozyon ile dalga kuvveti doğru orantılı, kayaç mukavemeti ise ters orantılıdır. Kayaç mukavemeti serbest basınç dayanımı ile ifade edilmektedir. Antalya falezlerindeki erozyon ve gerileme hızının bu ilişki ile belirlenebilmesi için araştırılan bölgeler için karot örnekler üzerinde serbest basınç dayanımının belirlenmesi gerekecektir. Böyle bir araştırma başka bir çalışmaya konu olmakla birlikte, Dipova (2002-B) te Antalya tufa biriminden alınan farklı özellikteki karot örneklerde yapılan 310 adet deney sonucuna göre 1 ile 100 MPa gibi çok geniş bir aralıkta değişen serbest basınç dayanım değerleri rapor edilmiştir. Kayaç birim hacim ağırlığı ise 1,2-2,5 t/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Ortaya çıkan bu tablo, kayaç özelliği için genel kabullerle hareket edilemeyeceğini ve incelenecek her bir dar bölge için ayrıntılı deneysel çalışmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Kaya kütle özellikleri konusu daha fazla önem arz etmektedir. Tufanın kompleks oluşum modelleri ve buna bağlı gelişen birincil boşluklar ve karstik boşluklar hesaba katıldığı zaman eklemlili kayaçlar için türetilmiş kaya sınıflama sistemlerinin kullanımında problemler

yaşanmaktadır. Kaya kalitesi tanımlamasında yaygın olarak kullanılan RQD parametresi tufa için uygun görülmemektedir (Dipova, 2004). Bu nedenle falez erozyon hızı tahmin yöntemi oluşturulmadan önce tufaya uygun bir kaya sınıflama sistemi geliştirilmesi gerekmektedir.

### Yağış

Yağışın dalga erozyonundan çok yüzeysel erozyonu artırıcı etki yapacağı açıktır. Ancak dalga erozyonu ile oluşan gerilme çatlakları yüzeylerinin ve çatlak arası dolguların erozyonunu hızlandırarak endirekt bir etki yaptığı da dikkate alınmalıdır.

### Kentleşme ve Yapılaşma

Falezler üzerinde 10-15 kat arası yüksek yapılaşma söz konusudur. Bu yapıların temel tiplerine bağlı olmak üzere 10-15 t/m<sup>2</sup> zemine ilave gerilme aktarmalarına neden olur. Böylece falez tabanında, örtü basıncına ilave olarak % 10-15 arasında gerilme artışına neden olmaktadır. Bu

mantıkla düşünüldüğünde falezler üzerindeki ilave yüklemeler erozyon hızında artışa neden olabilecektir. Bir diğer konu da yapı yaklaşma sınırıdır. Kıyı kenar çizgisi dar kıyılarda şevin üst sınırı olarak alınmaktadır. Ancak özel mülkiyete izin veren bu uygulama yapıların stabilitesi için ayrıca değerlendirilmelidir. Çoklu blok ikincil devrilme mekanizmasından etkilenen duraysız bölge falez üst sınırından onlarca metre geriye kadar etkili olabilmektedir. Oysa Eski Lara Yolu'nun güncündeki yapılarda 10 m nin altına inen yaklaşımlar gözlenmektedir. Hatta Kadınyarı ile Yat Limanı arasındaki bölgede falez hizasında (0 m yaklaşma) yapılar bulunmaktadır.

### ÖRNEK ALANLAR

#### Konyaaltı Varyantı-Kadınyarı Arası

Konyaaltı Varyantından başlayıp, Atatürk Parkı'nı, Vali Konağı'nı, DSİ lojmanlarını ve Sağlık Yüksek Okulunu içine alan bölge bu bölümde ele alınacaktır (Şekil 9).



Şekil 9. Konyaaltı varyantı ve İskele (Yat Limanı) arası için bulduru haritası.

Figure 9. Location map of area between Konyaaltı Variant and Yacht Harbour.





Şekil 10. Konyaaltı varyantında çoklu ikincil devrilme mekanizması (Dipova, 2003).

Figure 10. Multiple secondary toppling mechanism near to Konyaaltı variant (Dipova, 2003)

Konyaaltı varyantının doğusunda bulunan erozyon yapıları çoklu ikincil devrilme mekanizması için güzel bir örnektir. Şekil 10 da sağdaki fotoğrafta deniz tarafından itibaren devrilen blok ve eğilme duraysızlığı aşamasındaki blok belirgin olarak gözlenmektedir. Fotoğrafın geri planında ise çoklu blok devrilmesinin geliştiği görülmektedir. Fotoğrafın sol kısmında geri plandaki dik kayalıkların üzerinde şehir tramvay hattı ring yapmaktadır. Bloklar arasındaki toprak dolgu kısımlar plaja inmek için geçiyolu olarak kullanılmaktadır.

Çoklu blok devrilmesi mekanizması falez gerisinde de gözlenebilmektedir. Atatürk Parkı içinde değişik boyutlarda çukurluklar bulunmaktadır. Bu çukurluklar çoğunlukla karstik çöküntü olarak algılanmaktadır. Ancak, bu boşlukların kıyıya paralel ovalimsi olmaları, özellikle deniz tarafındaki duvarlarının düze yakın olması, karstik çöküntüden çok, eğilen blokların arkasındaki açılmalar olduğunu ortaya koymaktadır Konyaaltı caddesinin güneyi, başka bir deyişle, Atatürk Parkı'nın tamamı devrilme mekanizmasının etkisi altındadır. Park içinde ağır yapılar bulunmamakla birlikte mevcut lokanta, kahvehane gibi küçük, tek katlı yapılar, çoğunlukla gerilme çatlakları ile ayrılmış kaya blokları üzerinde bulunmaktadır

Atatürk Parkı'nın falez kısımları büyük bir çoğunlukla eğilen bloklardan oluşmakta ve deniz seviyesinde dalga etkisi ile çentik oluşumu ve büyümesi devam etmektedir. Çentik önlerinde aşınma düzlükleri (abrazyon platformu) oluşmaktadır. Dalga kırılması sonucu doğal köprüler oluşmakta ve şahit kayalar gelişmektedir (Şekil 11).

Atatürk Parkı doğu sınırında deniz kenarında büyük bir çöküntü bulunmakla birlikte, parkın bitiminden sonra göreceli olarak daha stabil kayalar bulunmaktadır. Park ile Sağlık Yüksek Okulu arasındaki alan Vali Konutu, DSİ Sosyal Tesisleri ve apartmanlar bulunmaktadır. Bu alanda da deniz seviyesinde çentik (kertik) oluşumu sürmekte, ancak falez üzerinde gerilme çatlakları oluşmadığından çentik tavanı yukarı doğru göçerek mağara halini almaktadır (Şekil 12). Sağlık Yüksek Okulu'nun bahçesi ise devrilme mekanizmasının izleri ile doludur. En öndeki bloğun eğilmesi ile oluşan arkadaki gerilme çatlakları toprakla dolmuş ve 12 m genişliğinde bir koridor görünümü almıştır. Bu alan çocuk bahçesi olarak kullanılmıştır. 2004 bahar aylarında SYO zemin kat kolonlarında kırılmalar olmuş ve bina boşaltılmıştır. Bu konuda ayrıntılı araştırma gerçekleştirilmemekle birlikte, yapının da zemin hareketlerinin aktif olduğu bir bölgede bulunduğu da bir gerçektir.



Şekil 11. Atatürk Parkında kıyı erozyonu ile abrazyon platformu ve şahit kaya gelişimi.

*Figure 11. Abrasion platform and sea stack development due to coastal erosion on Atatürk Park coasts.*



Şekil 12. DSİ lojmanları ve Kadınyarı arasında erozyon izleri.  
*Figure 12. Erosion on coasts between DSİ and Kadınyarı.*

### Yat Limanı-İskele Caddesi

Günümüzde Yat Limanı olarak bilinen "İskele" Antalya'nın en eski yerleşim yeridir. Antalya Liman koyağı kenarları meyilli, önu denize açılan iki yarım daire şekilli bir yapıdadır. Alagöz (1973) bu yapıyı deniz erozyonu ile önu açılmış bir çökme dolini olarak yorumlamıştır.

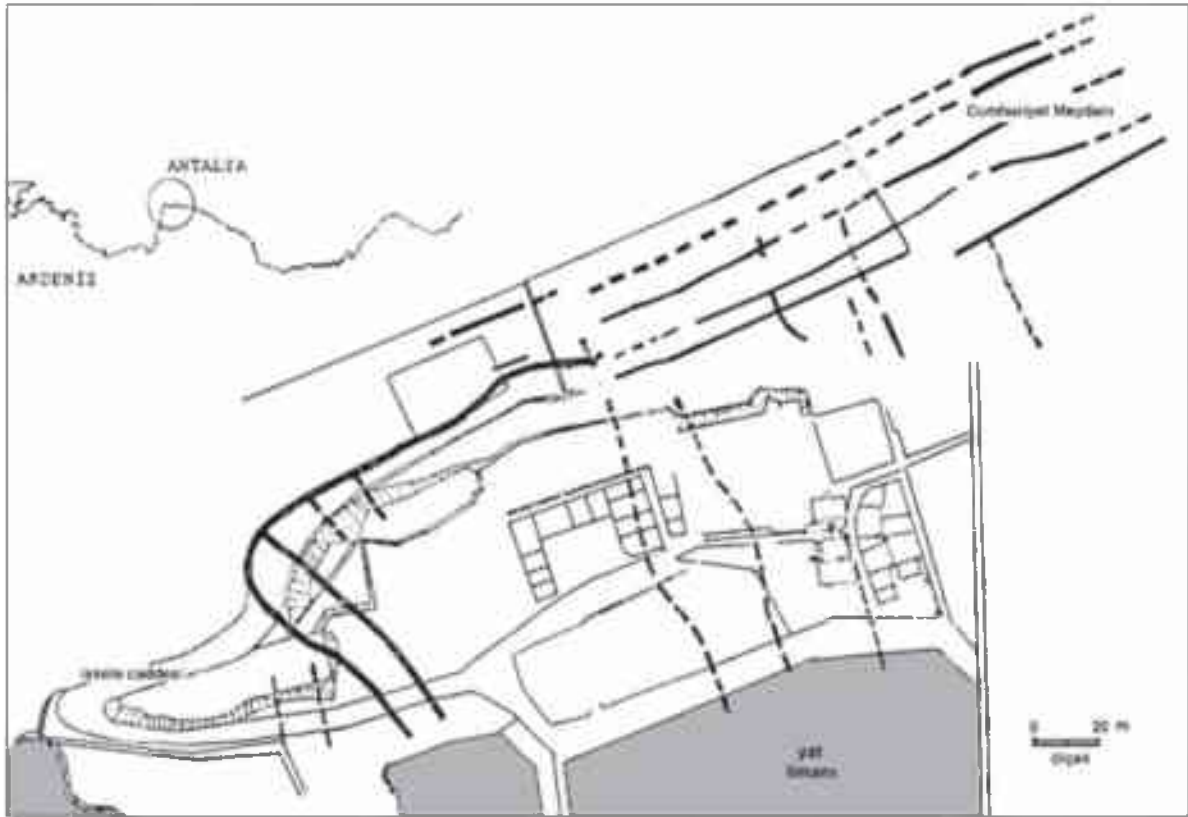
Liman çıkışında deniz derinliği 40 m civarında iken, liman içinde en fazla 10 m dir. Ayrıca liman içinden tatlı su çıkışı vardır. İskele Camının altındaki kaynak içme suyu olarak kullanılmıştır. Bunlar Alagöz (1973) ün savını destekleyen bulgulardır. Ayrıca, falez gerilemesi ile koyağın önünün denize açılması dışında, relatif deniz



seviyesi yükselmesi sonucunda koyak tabanı sular altında kalmış ve doğal liman halini almıştır.

İskeleden falez üstüne "İskele Caddesi" üzerinden çıkılır. İskele Caddesi'nin çıkışında ise doğuda Tophane Çay Bahçesi, batıda ise eskiden Orduevi'nin bulunduğu yerde çay bahçesi bulunmaktadır. 1980 li yılların başında eski Orduevi binasında, İskele Caddesi üzerinde ve Tophane Çay Bahçesi'nde çatlaklar ve yarılmalar gözlenmiştir. 1982 yılında Tophane Çay bahçesinin falezinden bir kaya parçası düşmüştür. Bu gelişmeler sonucu, aynı dönemde turizm amaçlı yat limanı olarak kullanılmak üzere

yeniden düzenlenen iskele için tehlike olup olmadığını yanıtlanması amacı ile jeoteknik ve jeofizik araştırmalar yapılmıştır. Ercan vd. (1985) yapılan araştırmalar sonucunda şekil 13 te verilen süreksizlik hatlarını belirlemişlerdir. Süreksizlik hatları iki set halindedir ve birbirini kesmektedir. Tophane çay bahçesi civarında K-G doğrultulu kırık hatları belirlenmiş ve bahçe duvarında 2 cm ye yakın ötelenmeler rapor edilmiştir. D-B doğrultulu çatlaklar "yerçekimsel kayma hazırlığını gösteren yırtılmalar" olarak yorumlanmakta, yenilme mekanizması ise "blok kayması" ile açıklanmaktadır.



Şekil 13. Yat limanı-Cumhuriyet Meydanı arasında belirlenen süreksizlik hatları. (Ercan vd. 1985).

Figure 13. Discontinuities between Yacht Harbour and Cumhuriyet Square (Ercan et al 1985)

Ercan vd (1985) tarafından önerilen "kayma mekanizması" nın arazideki yenilmeleri açıklamadığı düşünölmektedir. Özellikle Tophane çay bahçesinin orta bölümündeki "U" biçimli çıkıntının her iki yanında K-G doğrultulu kırık hatlarının olması ve bunlara dik doğrultuda D-B doğrultulu gerilme çatlaklarının varlığı, kayma dan çok "blok devrilmesi" olma olasılığını artırmaktadır. İskele Caddesi'nin kuzey kaldırımındaki arkadaki kayadan ayrılmalar da devrilme mekanizmasını kanıtlar niteliktedir. Bir heyelan aynasına yaslı bir şekilde kayma yerine, deniz tarafına doğru açılma gözlenmektedir. Yat limanına inilen merdiven kenarındaki kesitte de bu devrilme mekanizması belirgin olarak görölmektedir.

Devrilme mekanizması için gerekli olan çentik veya ufalanma zonu, falez topuğu örtölü olduğu için görölememektedir. Falez önünde yapılan SK-6 nolu sondajda (Ercan vd, 1985) 6,5 m dolgu zemin belirlenmiştir. Limanda yerleşim kurulmadan önce büyük olasılıkla buradaki falezler dalga etkisine açıktı. Bu dönemde oluşan çentik veya ufalanma zonu nedeni ile blok devrilme mekanizması başlamış ve eğilme duraysızlığı aşamasına gelmiş olabilir. Sonraları falez topuğu dolgu ile örtöldükten sonra da bloklardaki eğilmenin sürmesi bu durumda doğal olacaktır. Yeraltısuyu hareketleri, yüzey suyu sızmaları da bazı dönemlerde bu hareketin ivmelenmesine neden olabilecektir.

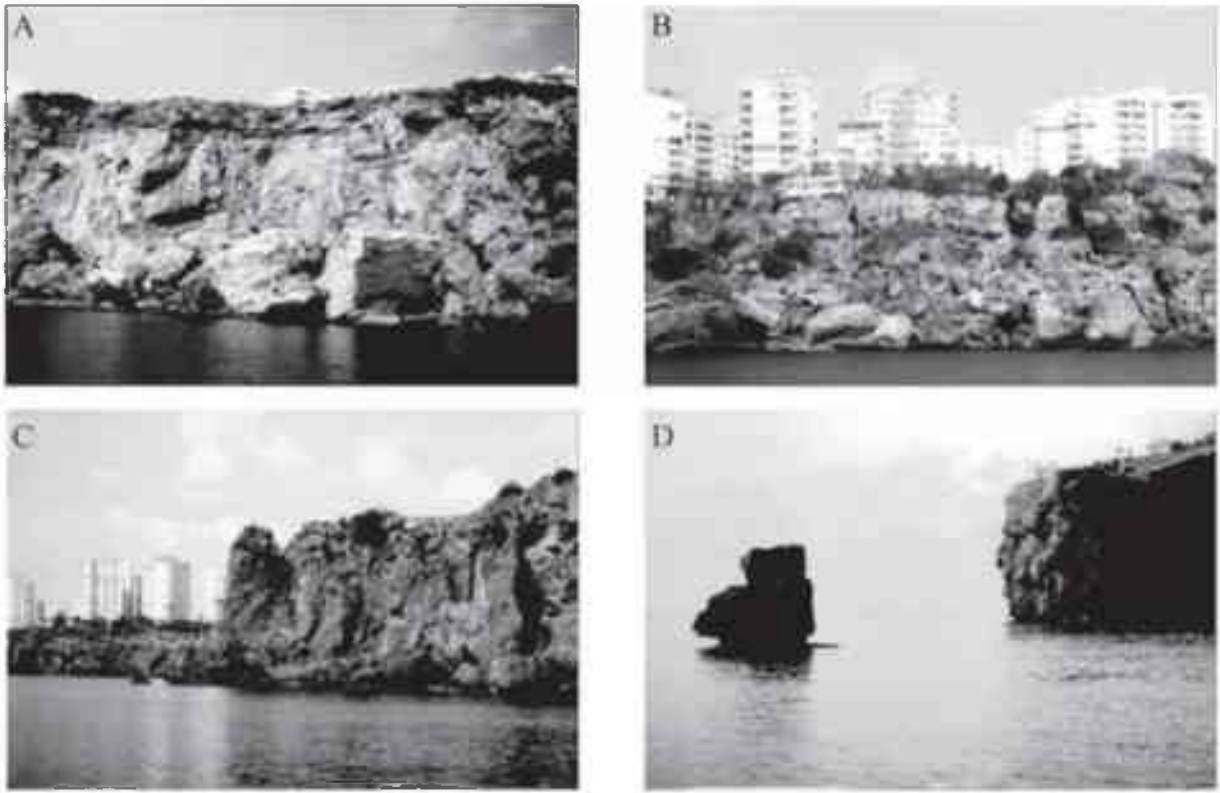
### **Eski Lara Yolu Kıyıları ve Bambus Plajı**

Şehir merkezinden başlayıp Düden platosunu kat ederek doğuya doğru giden Eski Lara Yolu boyunca falezlerde erozyon izleri gözlenmektedir. Falez önündeki kaya blokları falez üzerinden koparak düşmüşlerdir. Bazı kaya bloklarının falez üzerinden koştukları yer ayırt edilebilmektedir. Şekil 14-A da devrilen blok üzerinde terra rosa tabakasının henüz yıkanmamış olması, bloğun yakın bir dönemde düşüğünü göstermektedir. Kaya kopmaları olan

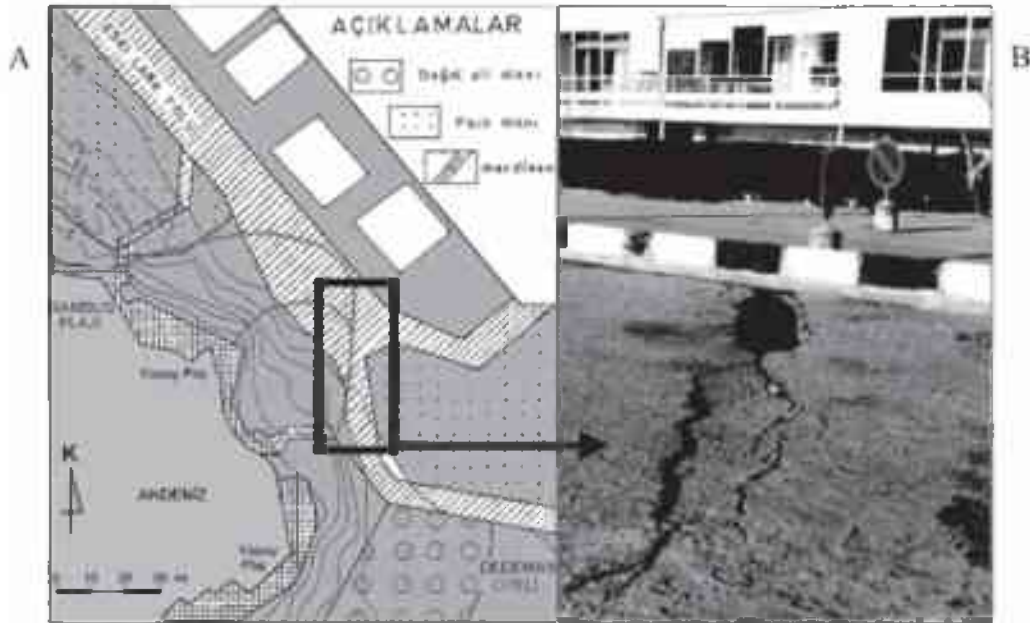
bölgelerde yapı olduğunda risk artmaktadır. Şekil 14-B de kopup düşen kaya bloklarının üzerindeki tek katlı bir yapıdaki deformasyon açıkça görölmektedir. Geri plandaki yapıların yatayı ile karşılaştırıldığında sola doğru yaklaşık 2 derece dönme görölmektedir. Masif karakterdeki kaya kütlelerinde deniz seviyesindeki çentik sonucu falez üstünde gerilme çatlakları oluşur (Şekil 14-C). Bazı dayanımlı kaya blokları gerileyen falezin önünde deniz içinde kalır ve şahit kaya ya da baston biçiminde gözlenir (Şekil 14-D).

Eski Lara Yolu'nun Bambus Plajı ile Dedeman Oteli arasında kalan bölümünde Aralık 2001 de derin yarıklar ve yol üzerinde deformasyonlar gözlenmiştir. Asfalt üzerinde 3 ayrı hat üzerinde yarıklar oluşmuştur (Şekil 15). Yer yer genişliği 1 m ye, derinliği 5 m ulaşan bu yarıkların yolun kuzeyindeki apartmanlara uzaklığı Koçak (2002) tarafından 13 m olarak ölçölmüştür. İl trafik komisyonunun kararı ile yolun bu bölümü araç trafiğine kapatılmıştır. Ancak yayaların bu bölgeye girişleri ve bloklar arasındaki merdivenlerden denize inmeleri konusunda bir önlem alınmamıştır.

Göçmeyi takip eden günlerde bölgede yapılan incelemelerde, Bambus Plajı ve apartmanlar arasında kalan bölgede basamaklı bir yapı gözlenmiştir. Deniz tarafından incelendiğinde bu basamakların kaya bloklarının denize doğru hareketleri ile oluşan relatif seviye farkından kaynaklandığı görölmüştür. Kaya içindeki yatay tabakalanmanın bu bloklar üzerinde denize doğru dalımlı olarak gözlenmesi ve falez üstündeki yarıkların açıklığı dikkate alındığında yenilme mekanizmasının kayma yerine, ikincil devrilme olduğu anlaşılmaktadır. Koçak (2002) de belirtildiği gibi bir kayma (slump) olsa idi tabakalar kara tarafına doğru eğilecek ve yenilme yerinde bir tansiyon açılması yerine kayma aynası ortaya çıkacaktı. Deniz seviyesinde yapılan incelemelerde belirgin bir çentik gözlenememiştir.



Şekil 14. Eski Lara Yolu boyunca erozyon izleri.  
Figure 14. Erosion on the coasts through the Old Lara Street.



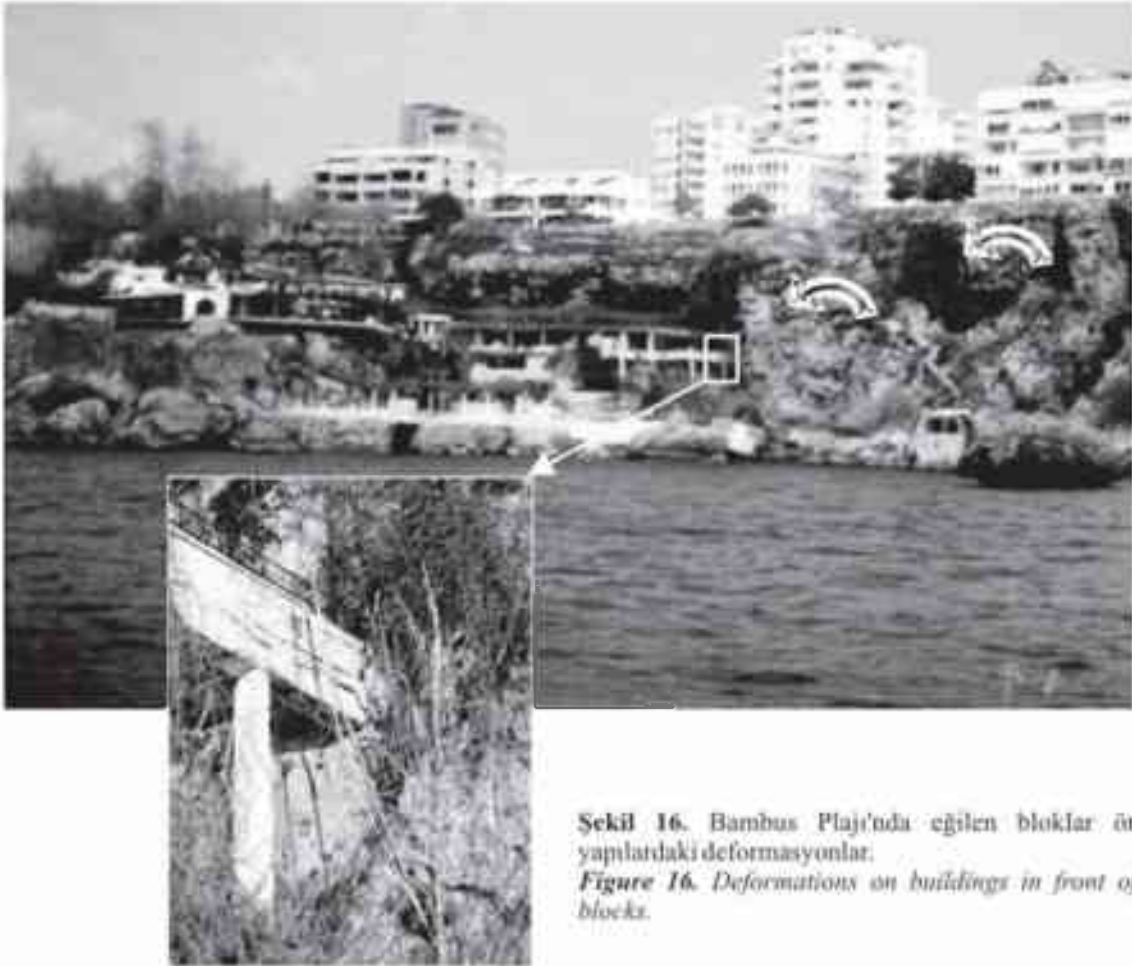
Şekil 15. A) Bambus Plajı'nda göçmelerin olduğu bölgenin haritası ve göçen blokların konumu, B) Kırığın fotoğrafı.  
Figure 15. A) Plan view of failed area and locations of failed blocks, B) Photograph of crack.

İkincil devrilme mekanizmasının başlangıcı olan çentik oluşumu, eğilme duraysızlığı aşamasına geçildiğinde çoğunlukla kapanmakta ve ufalanma zonu (crash zone) halini almaktadır. Bu örnekte de duraysızlığı devam ettiren deformasyonlar büyük bir olasılıkla ufalanma zonunda gerçekleşmektedir.

Bambus Plajının yapıları da hareketli bloklar üzerindedir. Özellikle eskiden motel odaları olarak kullanılan odaların pencereleri eğilme sonucu dikdörtgen yerine paralelkenar halini almıştır. Şekil 16 da kaya bloklarının denize doğru eğilmeleri ve bir bloğunun itmesi sonucu betonarme çerçevedeki deformasyon açıkça görülmektedir.

## SONUÇLAR

Antalya kıyı falezleri kıyı erozyonu ile karşı karşıyadır. Erozyon miktarı ve hızı dalga yönü ve büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Erozyona etki eden diğer etmenler ise; sediman taşınımı, kaya malzemesi ve kütle özellikleri, yağış rejimi, kentleşme ve yapılaşmadır. Deniz seviyesinde dalga etkisi ile çentikler açılmaktadır. Bu çentiklerin açılmasında biyo-erozyon ve tuzluluğun da küçük etkileri olduğu bilinmektedir. Falez üzerinde gerilme çatlakları açıldıktan sonra, falezlerde blok eğilmesi ve sonucunda blok devrilmesi ya da kaya düşmesi riski ortaya çıkmaktadır.



**Şekil 16.** Bambus Plajı'nda eğilen bloklar önündeki yapılarıdaki deformasyonlar.

**Figure 16.** Deformations on buildings in front of tilting blocks.

Kaya mukavemeti erozyona direnç sağlama açısından önemlidir. Falezleri oluşturan tufa kayacı çok değişken ve karmaşık yapıdadır. Bu durum 17 km uzunluktaki falezler için genel ifadeleri zorlaştırmaktadır. Falezlerin güvenlik incelemesi için hassas bir çalışma programı planlaması zorunlu hale gelmektedir. Yüksek risk taşıyan bölümler hassas ölçüm aletleri ile sürekli gözlem altına alınmalıdır. Bu bilgiler ışığında imar planında gerekli revizyonlar yapılmalıdır.

Falezler çoğunlukla yeşil alan olarak kullanılmaktadır. Ancak bazı bölgelerde yapıların tehlikeli biçimde falezle yaklaştığı görülmektedir. Bu bölümler için ayrıntılı inceleme yapılarak gerekli önlemler alınmalıdır. Yeşil alan olarak kullanımda yapılaşma olmamaktadır, ancak özellikle Atatürk Parkı'nda lokanta ve kahvehaneler bulunmaktadır. Bu küçük yapıların bazıları gerilme çatlakları ile ayrılmış bloklar üzerindedir. Bu yapılarda çalışan ve ziyaret eden kişilerin doğanın bu gerçeği hakkında bilgilendirilmesi gerekmektedir.

### EXTENDED SUMMARY

*Erosion of sea-cliffs presents significant risk to cities develop behind the cliffs like Antalya (SW Turkey). After establishment of historical Attelia, Antalya sea cliffs were used for construction of defense buildings, lighthouses and residential purposes. After 1980's as tourism activities has grown, tufa cliffs have increasingly become sites for houses and hotels, with attendant risks.*

*Antalya sea cliffs are located between Karpuzkaldıran and Konyaaltı Beach and are approximately 17 km. In the west behind Konyaaltı Beach and in the east behind Lara Beach cliffs are continuing. Antalya coastal cliffs are active cliffs on which marine erosion is much more effective than subaerial erosion*

*The most important reason of cliff instability*

*is wave erosion. At the base of cliffs wave impacts results in erosion. In thinly bedded rocks, this removes the support at the base and above rock layers fail due to high tensional stress. Cliff retreat is observed as a result of rock fall. Instead, in massive rocks, notches are developed at the base of the cliff. As a result of undercutting tensional cracks occur above the cliff. This is the start of "tilt instability". As the rock block is tilting, notch tends to be closed and turn into a "crash zone". As centre of gravity shifts through the sea, deformation increases in the crash zone, and additional deformation in the crash zone result in a new shift of centre of gravity. This process continues until the toppling of rock block completely. The process between opening of tension crack and toppling is called "secondary toppling mechanism". Factors affecting rate of cliff erosion and retreat are; sediment transportation, wave direction and intensity, properties of rock material and rock mass, precipitation, urbanization and construction facilities.*

*In this paper, erosion and retreat mechanism observed in Antalya sea cliffs will be explained. Erosion and retreat conditions of cliffs around Atatürk Park, School of health, Yacht harbour-Iskele Street, Old Lara Street and Bambus Beach will be explained as case studies.*

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Alagöz, C.A., 1973, Karst olayları üzerine yeni bir müşahade "Antalya Liman Koyağı", Jeomorfoloji Dergisi, Sayı 5, Sayfa 33-41, Ankara.
- Dipova, N., 2002-a, Collapse mechanism of the Antalya tufa deposits, PhD. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Dipova, N., 2002-b, Antalya tufa falezleri üzerinde yapılaşmada geoteknik sorunlar, IV. Kıyı Müh. Ulusal Semp., 24-27 Ekim

- 2002, Antalya, Bildiriler Kitabı, sayfa 443-456.
- Dipova, N., 2003, Erosion and retreat of Antalya coastal cliffs, Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 03, Ravenna, Italy.
  - Dipova, N., 2004, Antalya tufasının temel zemini olarak genel özelliklerinin değerlendirilmesi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, 16-17 Eylül 2004, İTÜ, Tebliğler Kitabı, İstanbul, Sayfa 161-170.
  - Dipova, N., ve Yıldırım, M., 2004, Antalya kıyı taraçalarının oluşumu ve morfolojik özellikleri, Kıyı ve Deniz Jeolojisi Sempozyumu, 13-15 Eylül 2004, YTÜ, İstanbul, Bildiri Özleri Kitabı, Sayfa 33.
  - Emery, K. and Kuhn, G., 1982, Sea cliffs: their processes, profiles and classification. Geol.Soc.Am.Bull. 93, 644-654.
  - Ford, T.D., and Pedley, H.M., 1996, A review of tufa and travertine deposits of the world, Earth Science Reviews, vol. 41, p. 117-175.
  - Ercan, A., Özer, İ., Atılgan, İ., İbrahimiye, M., 1985, Eriyebilir kayalarda yerkaymaları, Yer altı kırıklarının jeoteknik ve birleşik jeofizik yöntemlerle belirlenmesi: Yat Limanı Antalya, Jeoloji Mühendisliği, Sayı 25, s. 55-63, Ankara.
  - Glover, C.P. and Robertson, A.H.F., 1998, Role of regional extension and uplift in the Plio-Pleistocene evolution of the Aksu Basin, SW Turkey, Journal of Geological Society, London, vol. 155, p. 365-387.
  - Koçak, İ., 2002, Bambus plajının doğusundaki falezlerde (Antalya) 2001 yılında oluşan göçmeler, Doğu Coğrafya Dergisi, Yıl 7, Sayı 8, Konya.
  - Pentecost, A., 1995, The Quaternary Travertine deposits of Europe and Asia Minor. Quaternary Science Reviews, Vol.14, p. 1005-1028.
  - Sunamura, T., 1977, A relationship between wave-induced cliff erosion and erosive force of waves, J. Geology 85: 613-618.
  - Sunamura, T., 1992, The geomorphology of rock coast. Wiley, Chichester.

## Çambaşı (Ordu) ve Dereli (Giresun) Yörelerindeki Skarn Yataklarının Karşılaştırmalı Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri: Doğu Pontid Kuzey Zonu (KD Türkiye)

*Comparative Mineralogical and Chemical of Çambaşı (Ordu) and Dereli (Giresun) Areas Skarn Deposits: Northern Zones of Eastern Blacksea (NE Turkey)*

\* Saliha SARAC, \*\* Ali VAN

\* MTA Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü, 61011, Trabzon

\*\* K.T.Ü. Jeoloji Müh., 61080, Trabzon

### ÖZ

Bu çalışmada Çambaşı (Ordu) ve Dereli (Giresun) yörelerindeki skarn yataklarının ayrıntılı jeolojisi, mineralojisi ve alterasyonu incelenerek, birbirleriyle kıyaslamaları yapılmıştır.

Çalışılan alanlarda granat-piroksen ve epidot skarn olmak üzere iki zon tespit edilmiştir. Buna göre skarn zonlarının mineralojisi ve mineral kimyaları incelenmiştir. Çambaşı (Ordu) yöresine ait granatların grossular-andradit ( $Grs_{0.92-0.43}Adr_{0.06-0.56}$ ) bileşimine sahip olduğu, Dereli yatağındaki granatların saf andradit ( $Ad_{0.99}$ ) ve andradit-grossular ( $Adr_{0.47-0.99}Grs_{0.00-0.51}$ ) bileşimine sahip oldukları tespit edilmiştir. Çambaşı (Ordu) ve Dereli (Giresun) yörelerindeki klinopiroksenler diyopsit olarak sınıflandırılmıştır. Granat ve klinopiroksenlerin bileşimiyle skarnların içerdiği metaller arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Çalışılan alanlardaki granat ve klinopiroksenlerin dağılımlarının dünyadaki Fe-Cu skarnların dağılımına benzer dağılım gösterdikleri tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Doğu Karadeniz, skarn mineralleri, granat, klinopiroksen

### ABSTRACT

*In this study, detailed geology, mineralogy, alteration of skarn deposits in Çambaşı (Ordu) and Dereli (Giresun) areas were investigated and compared.*

*In the studied area, two types of exoskarns were identified as garnet-pyroxene and epidote skarns. Mineralogy and mineral chemistry of these skarn zones were investigated. Garnets in Çambaşı (Ordu) skarn deposits are grossular-andradite ( $Grs_{0.92-0.43}Adr_{0.06-0.56}$ ) whereas in the Dereli (Giresun) area pure andradite and grossular-andradite ( $Adr_{0.47-0.99}Grs_{0.00-0.51}$ ). The clinopyroxenes in Çambaşı (Ordu) and Dereli (Giresun) areas, are classified as diopside. It was found out that the correlation between the composition of garnets and clinopyroxenes related to metal that skarn contains. The compositional distribution of the garnets and clinopyroxenes in the studied areas display a distribution pattern similar to garnets and clinopyroxenes from world-class Fe-Cu skarn.*

**Key Words:** Eastern Pontid, skarn minerals, garnet, clinopyroxene



## GİRİŞ

Doğu Karadeniz Bölgesi Pontid Tektonik Zonuna bağlı, Jura-Pliyosen zaman aralığında gelişen ada yayı dizisinin bir parçasıdır. Doğu Karadeniz Metal Provansı ise bu ada yayı üzerinde yer alır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Doğu Karadeniz, bu metalojenik kuşak içerisinde pek çok maden yatağı içermektedir. Bu yataklar birçok araştırmacı tarafından incelenmiş olup, en önemlileri porfiri Cu (Au, Mo) yatakları, skam yatakları, volkanizma eşlikli masif sülfür yatakları, polimetalik Cu-Pb-Zn (Ag, Au) yatakları ve epitermal Au-Ag yataklarıdır (Güven, 1993; Tüysüz vd., 1994; Tüysüz ve Er, 1995; Akçay ve Tüysüz, 1997; Akçay vd., 1998; Tüysüz ve Akçay, 2000). Bu çalışmada Doğu Pontid Kuzey Zonu Geç Kretase-Paleosen yaşlı granitoidik kayalara bağlı olarak gelişen skamların petrografik, mineralojik ve kimyasal özellikleri incelenerek birbirleriyle kıyaslamaları yapılmıştır.

Çalışma alanı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Ordu (Çambaşı) ve Giresun (Dereli) illerinde yer almaktadır (Şekil 1).

## ANALİTİK YÖNTEMLER

Analizler, K.T.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit laboratuvarında yapılmıştır. Hazırlanan bu örnekler karbonla kaplanarak Cambridge Massachusetts (A.B.D.) elektron mikroprob laboratuvarında JEOL JXA-733 elektron mikroprob cihazı ile analiz edilmiştir. Mikroprob analizlerinde 15kV ve 7nA ışın şartları kullanılmıştır.

## GENEL JEOLOJİ

Çambaşı (Ordu) yöresinde Geç Kretase yaşlı andezit, andezitik tüf ve bazaltlardan oluşan Meşelibel Formasyonu, trakiandezitler, mermerler ve bütün bu birimleri kesen Geç Kretase ve sonrası yaşlı Çambaşı Monzoniti yer almaktadır (Şekil 2). Dereli (Giresun) yöresinde ise yüzeyleyen kayalar, Liyas Öncesi Kotana Metamorfizmaları, Geç Kretase-Eosen Dereli Granitoidi ve bütün birimleri kesen damar kayalarından oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 1. Yer bulduru haritası

Figure 1. Location map of study area





## SKARN MİNERALLERİNİN PETROGRAFİ VE MİNERALOGİSİ

Skarn mineralleri arazide cevherleşmeleri sararak geniş alterasyon ve mineralojik zonlanma oluştururlar (Einaudi vd., 1981). Skarn mineralleri ve zonlanmaları her yatağa özgü farklı özelliklere sahiptirler. Bu amaçla, çalışma alanlarındaki skarn minerallerinin makroskobik ve mikroskobik özellikleri incelenmiştir.

### Çambaşı (Ordu)

Çambaşı yöresinde monzonitik kayaların mermer ve trakiandezitlere sokulum yapması sonucu, yan kayalarda bir takım mineralojik değişiklikler oluşmuştur. Yan kayalarda oluşan bu değişiklikler, iri kristalli Ca, Fe, Mg, Al silikat ve demir oksit minerallerinden oluşan skarn zonlarına yol açmıştır. Çambaşı yöresindeki skarn yatağı mermerler ve trakiandezitik kayaların içerisinde geliştikleri için ekzoskarn olarak tanımlanmıştır. Ekzoskarn oluşukları, Serpindere yöresinde mermerler içerisinde ve Küçükdüz sırtı yöresinde trakiandezitlerle mermerlerin dokanaklarında yer almaktadır (Şekil 2).

Magmatik kütlede yan kayalara doğru çok belirgin bir zonlanma görülmemiştir. Ancak, arazide granat skarn ve epidot skarnların baskın olduğu zonlar tespit edilmiştir. Granat skarnlar mermerler içerisinde Serpin Dere yöresinde yer almaktadır. Epidot skarnlar ise genellikle mermer-trakiandezit dokanaklarında ve trakiandezitler içerisinde gelişmiştir.

Ekzoskarnların içerisinde geliştiği mermerler esas olarak kalsit, kısmen de kuvars minerallerinden oluşmaktadır. Ekzoskarnların parajenezinde granat, epidot ve piroksen mineralleri hakimdir (Şekil 4). Kuvars, kalsit, plajiyoklas, serisit, aktinolit, klorit, diğer ana bileşenleri; sfen ve opak mineraller ise tali bileşenleri oluşturmaktadır.

Mineral	Mineral Fazları		
	1. Faz	2. Faz	3. Faz
Grossular-andradit	■		
Diyopsit	■		
Aktinolit-tremolit		■	
Pistazit		■	
Klorit			■
Kalsit			■
Kuvars			■

Şekil 4. Çambaşı (Ordu) yöresi skarn mineralleri parajenezi

Figure 4. Paragenes of skarn minerals in the Çambaşı (Ordu) area

**Granat (Grossular-andradit):** Çok az oranlarda, genellikle yarı öz şekilli ve öz şekilsiz küçük kristaller halinde, mermerlerin içerisinde gözlenmektedir. Granatların boyutları küçük olup, (0.2 - 0.4 mm arasında) anizotropik özellik göstermektedir. Granatlar çok küçük olduklarından zonlanmalar nadiren görülmektedir. Cinslerinin mikroprob analizleri sonucunda grossular-andradit oldukları tespit edilmiştir (Şekil 5A). Ayrıca granatların kırık ve çatlakları boyunca kalsitleştikleri, silisleştikleri ve limonitleştikleri görülmüştür.

**Klinopiroksen (Diyopsit):** Yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller şeklinde görülmektedir (Şekil 5B). Cinslerinin diyopsit oldukları tespit edilmiştir. Klinopiroksenlerin bir bölümü tremolit-aktinolit türü amfibol minerallerine dönüşmüştür. En çok görülen ayrışma ürünleri olarak piroksenlerin kırık ve çatlakları boyunca meydana gelen epidot, kuvars ve klorit mineralleri ve çok az oranda ise kalsitleşmeler görülür.

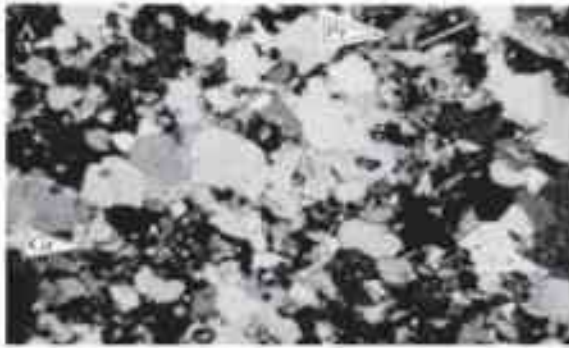
**Epidot (Pistazit):** Skarnların en yaygın olan mineralini oluştururlar. Genelde yarı öz şekilli ve öz şekilsiz kristaller şeklinde görülür. Boyutları 2 mm ile 0.5 mm arasındadır. Epidotların bir kısmı klinopiroksenlerin ve granatların alterasyon ürünleri şeklinde izlenir.

**Aktinolit-tremolit:** Çok az oranlarda piroksenlerin uralitleşme ürünleri şeklinde görülmektedir. Lifsi ve prizmatik şekilli olup

yeşil renkli pleokrizma gösterirler Tremolit-aktinolitler genellikle piroksenlerin ara çatlak ve dilinimleri boyunca, onları ornatarak gelişmişlerdir.

**Kalsit:** Hem birincil, hem de ikincil olarak görülürler. Birincil kalsit kristalleri genellikle yarı öz şekilli, iri kristalli olup, diğer minerallerle dokanakları çok nettir. İkincil kalsitler ise daha çok küçük kristaller şeklindedir. Granat, piroksen ve epidotların ara ve çatlak ve dilinimleri boyunca gelişmiştir.

**Kuvars:** Hem birincil hem de ikincil olarak oluşmuşlardır. Birincil kuvarslar iri kristalli ve dalgalı sönmeli olup kalsit mineralinin arasını doldurur. İkincil kuvarslar ise daha küçük olup, granatların çevrelerinde, kalsit, epidot ve kloritlerin aralarında görülür.



**Şekil 5.** Mermerler içerisindeki granat ve piroksen (A). Epidot ve piroksen (B) minerallerinin mikroskopik görünümü (ÇN; Gr: Granat, Ep: Epidot, Pr: Piroksen)

**Figure 5.** Microscopic view of garnets and pyroxenes in marbles (A). Epidote and pyroxene (B). (Cross-polarized light. Gr: Garnet, Ep: Epidote, Pr: Pyroxene)

**Feldispatlar:** Genelde latalar veya küçük mikrolitler halinde olup ayrıışmışlardır. Cinslerinin albit ve sanidin oldukları tespit edilmiştir. Bunlar ayrışarak kalsit, serisit ve silise dönüşmüşlerdir.

**Klorit:** Genellikle epidot minerali gibi çatlaklar boyunca ve mafik minerallerin (klinopiroksen ve amfibol v.b.) alterasyon ürünleri şeklinde bulunur. Yeşil renkte pleokrizma gösterirler. Cinslerinin şamozit ve klinoklar oldukları tespit edilmiştir.

**Dereli (Giresun):** Dereli Granitoyidi ile Kotana metamorfiteilerinin mermerleri arasındaki dokanaklarda skarn mineralleri gelişmiştir. Yörede skarn mineralleri mermerlerin içinde geliştiği için kalsik ekzoskarn olarak tanımlanmıştır. Ekzoskarnların ana mineral parajenezi granat, klinopiroksen, kalsit ve epidot minerallerinden oluşmaktadır. İkincil mineraller ise aktinolit ve kuvars ve klorittir. Çok az miktarda sfen ve opak mineral olarak manyetit ve pirit bulunmaktadır.

Skarn mineralleri, intrüzif kütlede yan kayalara doğru zonlanmalar meydana getirmiştir. Bu zonlar baskın minerallere göre değerlendirilmiştir. Dereli yöresinde skarn mineralleri üç zona ayrılmıştır. Bunlardan birincisi granat-piroksen skarn zonu, ikincisi epidot-granat-piroksen-kalsit skarn zonu ve üçüncüsü ise epidot skarn zonu olarak saptanmıştır.

Granat-piroksen skarn zonu Seblim mağarası ve güneyindeki (1 ve 2. Mostra) (Şekil 3) alanlarda görülmektedir. Bunu takip eden epidot-granat-kalsit skarn zonu ise cevherden biraz uzakta. Aksu vadisi içerisinde gözlenmektedir. Üçüncü zon ise epidot mineralinin baskın olduğu zon olup, Aksu vadisinin batısında yer alır.

Dereli yöresi skarn zonu, granat, klinopiroksen, amfibol, epidot, kalsit, kuvars, klorit ve sfen minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 6).

Mineral	Mineral Fazları		
	1. Faz	2. Faz	3. Faz
Andradit	■		
Diyopsit	■		
Aktinolit-tremolit		■	
Pistazit		■	
Klorit			■
Kalsit			■
Kuvars			■

Şekil 6. Dereli (Giresun) yöresi skarn mineralleri parajenezi

Figure 6. Paragenes of skarn minerals in the Dereli (Giresun) area

**Granat (Andradit):** En yaygın olarak Seblim mağarası güncü ve Aksu vadisi boyunca görülmektedir. Granatların skarn zonu içerisindeki oranı granitoyide yakın bölgelerde artış gösterir. Granatlar öz şekilli ve yarı öz şekilli kristaller halindedir (Şekil 7A). Boyutları 2 mm-2 cm arasında değişmektedir. Granatlar değişik şekillerde zonlu yapılar göstermekte olup, bu zonlar bazı kesitlerde kum saati ikizi şeklinde, bazılarında dalgalı zonlanma şeklindedir (Şekil 7B). Granatların ayrışması sonucu yerlerini klinopiroksenler, epidot, kalsit ve kuvarslar alır. Zonlanma gösteren granatlarda bu zonlar ve kırıklar, boyunca demir oksit boyamaları gözlenir.

**Klinopiroksenler (Diyopsit):** İri ve orta büyüklükte kristaller halinde olup, soluk yeşil renkten koyu yeşile kadar değişen renklere görülürler (Şekil 7C). Cinslerinin diyopsit olduğu tespit edilmiştir. Klinopiroksenler skarn oluşumlarının ilk aşamasında oluşmuş ve daha sonra ayrışma olaylarından etkilenmişlerdir. En çok görülen ayrışma ürünleri kırıklar ve çatlaklar boyunca görülen epidot, kalsit ve klorit mineralleridir. Bazı klinopiroksenler ise amfibol minerallerine dönüşmüştür.

**Amfibol:** Orta kristalliden iri kristalliye kadar değişen şekillerde görülür. Cinslerinin aktinolit, magneziyo-hornblend ve ferro-hornblend oldukları tespit edilmiştir. Aktinolitler,

prizmatik küçük çubuklar ve lifimsi görünümündedir. Magneziyo-hornblend ve ferro-hornblendler ise yeşil renkli baklava dilinimli ve uzun latalar şeklindedir. Granatların boşluklarında ışınal dizilim şeklinde gelişmiştir. Amfibollerin ayrışması ile kalsit ve epidot mineralleri oluşmuştur.

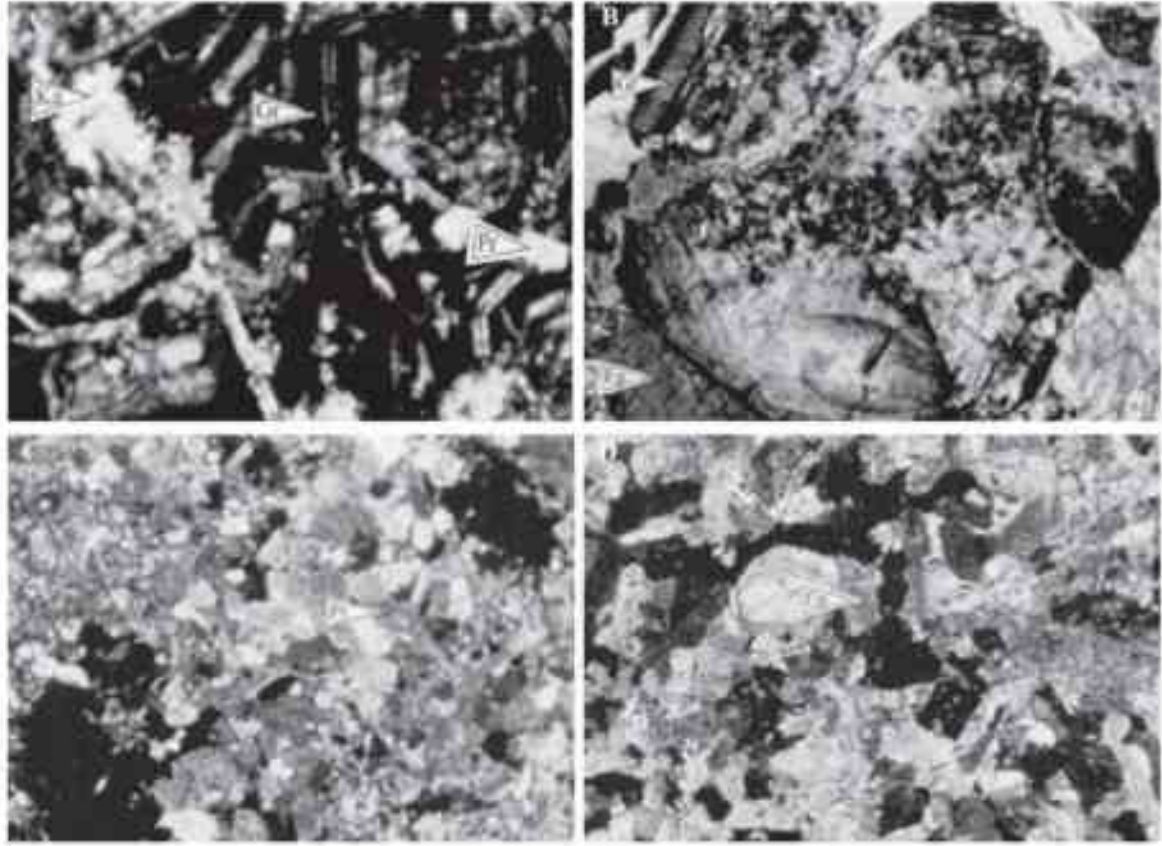
**Epidot (Pistazit):** Skarnların en çok bulunan mineralini oluşturur (Şekil 7D). Çok iri, öz şekilli kristallerden küçük öz şekilsizlere kadar çeşitlilik gösterebilirler. Çok iri kristalli epidotların boyutları 4-5 mm. arasında değişir ve bunlar mermerler içerisinde bulunurlar. Epidotlar fısıklık yeşili rengeyle çok kolayca tanınırlar. Bazı epidotlar klinopiroksen ve granatların alterasyon ürünü şeklinde oluşmuşlardır. Epidotların kırık ve çatlak eksenleri boyunca ise aktinolit, kuvars ve kalsit mineralleri gelişmiştir.

**Kalsit:** Orta ve iri kristalliye kadar değişen boyutlarda gelişmiştir. Kalsitler hem birincil hem de ikincil olarak bulunabilir. Birincil kalsitler yeniden kristallenmiş olup iri taneli ve rombusal şekilde gözlenir. İkincil kalsitler ile genellikle klinopiroksenlerle ilişkili olup onların alterasyonları sonucu oluşmuşlardır (Şekil 7A).

**Kuvars:** Kuvarslar skarnların önemli bir minerali olarak her zonda görülebilir. Orta ve iri kristalliye kadar değişen yarı şekilli ve öz şekilsiz kristaller halinde bulunurlar. Kuvarslar birkaç safhada oluştuğu saptanmıştır. Birinci safhada oluşan kuvarslar, yarı öz şekilli ve iri tanelidir. İkinciler ise orta taneli ve özşekilsizdir.

**Klorit:** Genellikle epidot minerali gibi çatlaklar boyunca ve mafik minerallerin (klinopiroksen ve amfibol v.b.) alterasyon ürünleri şeklinde bulunur.

**Sfen:** Kayaç içerisinde öz şekilli ve yarı öz şekilli kristaller şeklinde olup, yüksek röliyefiyle hemen dikkati çekmektedir.



**Şekil 7.** Dereli yöresi skarn minerallerinin ince kesit görünümü (A) Özşekilli granat (Andradit) mineralinde görülen zonlu yapı, (B) Granatlarda görülen kum saati şeklinde zonlanma, (C) Piroksen, (D) Epidot (Gr: Granat, Pr: Piroksen, Ep: Epidot; Ka: Kalsit, Ç.N.)

**Figure 7.** Microscopic view of skarn minerals in the Dereli area (A) Oscillatory zoning in anhedral garnet (Andradite), (B) Dodecahedral twinning in garnet (Gr: Garnet, (C) Pyroxene, (D), Epidote, (Gr: Garnet, Pr: Pyroxene, Ca: Calcite, Ep: Epidote, Cross-polarized light )

## MİNERAL KİMYASI

### Granat

Çambaşı (Ordu) yöresine ait granatları temsil edici analiz sonuçları (Çizelge 1) ve 12 oksijene göre katyon değerleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 1.** Çambaşı (Ordu) yöresine ait granat ve epidotların mikroprob analizleri  
*Table 1. Microprobe analyses of the garnet and epidote from Çambaşı (Ordu)*

Örn No	KB3 Grt-1	KB3 Grt-1	KB3 Grt-1	KB3 Grt-2	KB3 Grt-2	KB5 Grt-3	KB5 Grt-3	B4 Ep-1	B4 Ep-2	M4 Ep-3	M4 Ep-3	M4 Ep-4	M4 Ep-4	KB5 Ep-5	KB5 Ep-5
Konum	merkez	kenar	kenar	merkez	kenar	merkez	kenar	Merkez	merkez	merkez	kenar	merkez	kenar	merkez	kenar
Ağr. %															
SiO <sub>2</sub>	37.53	38.82	37.16	38.96	38.91	38.26	37.87	37.07	37.15	34.36	37.21	36.92	37.12	36.94	37.65
TiO <sub>2</sub>	0.07	0.00	0.97	0.01	0.05	0.04	0.12	0.04	0.03	0.16	0.24	0.28	0.02	0.51	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.43	22.01	8.95	19.31	20.97	16.32	16.95	21.31	31.64	22.23	20.67	22.64	21.64	20.36	24.96
FeO*	15.88	2.13	16.36	5.36	2.88	8.69	7.20	14.59	14.18	13.88	15.05	12.17	14.21	6.02	9.80
MnO	0.25	0.25	0.18	0.10	0.21	0.18	0.23	0.81	0.76	0.12	0.10	0.98	0.12	0.27	0.11
MgO	0.08	0.17	0.23	0.02	0.06	0.05	0.09	0.03	0.04	0.12	0.05	0.06	0.03	0.95	0.04
CaO	34.59	36.56	34.52	36.10	36.23	35.54	35.95	22.47	22.67	23.04	23.17	22.92	23.17	31.39	23.46
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06
Toplam	98.83	99.94	98.42	99.87	99.32	99.11	98.45	96.32	96.52	96.74	96.49	95.97	96.31	96.51	96.10
8 katyon ve 12 oksijene göre normlaştırılmıştır															
Si	2.986	2.932	2.982	2.967	2.961	2.969	2.469	2.990	2.988	2.985	2.997	2.977	2.987	3.007	2.995
Ti	0.004	0.000	0.058	0.000	0.003	0.002	0.006	0.002	0.002	0.009	0.015	0.017	0.001	0.030	0.001
Al	0.978	1.960	0.846	1.733	1.881	1.492	1.302	2.026	2.051	2.094	1.962	2.151	2.052	1.953	2.340
Fe <sup>2+</sup>	0.015	0.000	0.016	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe <sup>3+</sup>	1.042	0.134	1.081	0.335	0.183	0.564	1.707	0.984	0.954	0.914	1.014	0.821	0.956	0.410	0.652
Mn	0.016	0.015	0.012	0.006	0.013	0.011	0.013	0.055	0.051	0.008	0.007	0.067	0.008	0.019	0.007
Mg	0.009	0.019	0.027	0.002	0.006	0.005	0.010	0.003	0.005	0.014	0.006	0.007	0.003	0.115	0.005
Ca	2.948	2.958	2.967	2.945	2.954	2.954	2.511	1.942	1.953	1.973	1.999	1.980	1.998	2.738	2.000
Na	0.000	0.000	0.007	0.003	0.002	0.004	0.004	0.000	0.0005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.005	0.004
Toplam	8.000	8.021	8.000	8.000	8.005	8.003	8.022	8.003	8.009	8.000	8.020	8.007	8.278	8.005	8.005

Granatlar baskın olarak grossular-andradit bileşiminden ( $Adr_{0.06-0.56}Grs_{0.43-0.92}$ ) oluşmakta (Şekil 8) ve düşük oranlarda almandin-spessartin-pirop bileşenleri ( $X_{Alm}+X_{Sps}+X_{Pyp}<0.02$ ) içermektedir. (Şekil 8). Granatlar konsantirik (eşmerkezli) zonlanma ile karakterize edilmektedir. Bu zonlanma sistematik olarak andradit ve grossular bileşimlerinin nöbetleşe değişimi ile nitelendirilmektedir. Granatlarda Mg# numarası 0.26 ile 1.00 arasında değişmektedir.

### Epidot

Epidotlara ait analiz sonuçları ve 12.5 oksijen tabanına göre kation değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 1). Epidotların MnO içerikleri % 1'den küçük olup klinozoyisit [ $Ca_2Al_2Si_3O_{12}(OH)$ ] ve pistazit [ $Ca_2Al_2Fe_3Si_3O_{12}(OH)$ ] arasında katı çözeltili oluşturmaktadır. Bileşimsel değişebilirlikleri  $X_{Fe^{+3}}=Fe^{+3}/(Fe^{+3}+Al)$  tarafından ifade edilmekte ve  $X_{Fe^{+3}}$  değerleri 0.17 ile 0.33 aralığında değişmektedir. Mn

içerikleri kation formül birim başına  $\leq 0.08$  dir. Epidotlar bileşim zonlanması göstermektedir.  $X_{Fe^{+3}}$  içerikleri merkezden kenara doğru 0.04-0.05 oranında artmaktadır.

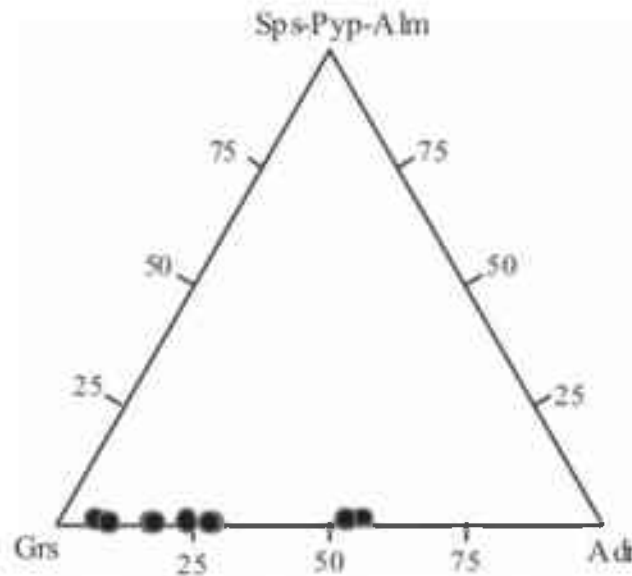
### Klorit

Kloritlerin analizleri ve 14 oksijen tabanına göre kation değerleri hesaplanmıştır. Toplam  $Fe^0, Fe^{+2}$  olarak kabul edilmiştir. Kloritlerin XMg değerleri 0.60 dır. MnO içerikleri 1.6-2.63 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre kloritler şamozit [ $Fe_{10}Al_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$ ] ile klinoklor [ $Mg_{10}Al_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$ ] arasında katı çözeltili oluşturmaktadır. Analizlerin  $Na_2O+K_2O$  içerikleri çok düşüktür ( $\leq 0.01$ ). Bu da bize kloritlerin simektit ara seviyesi içermediğini işaret etmektedir.

### Dereli (Giresun)

#### Granat

Dereli (Giresun) yöresine ait granatları temsil edici analiz sonuçları (Çizelge 2) ve 12 oksijene göre kation değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 8. Ordu (Çambaşı) yöresindeki granatların Grs-(Sps+Alm)-Adr üçgen diyagramında bileşimsel dağılımları

Figure 8. The compositional distributions Grs-(Sps+Alm)-Adr ternary variation diagram for the garnets in the Çambaşı area



**Çizelge 2.** Dereli (Giresun) yöresine ait granatların mikroprob analizleri  
**Table 2.** Microprobe analyses of the garnet from Dereli (Giresun)

Orn No	De4	De4	De4	De4	De4	De4	De4	De4	De5	De5	De5	De5	De5	De	De	De
	Grt-1	Grt-2	Grt-3	Grt-4	Grt-5	Grt-6	Grt-7	Grt-8	Grt-1	Grt-2	Grt-3	Grt-4	Grt-5	Grt-1	Grt-2	Grt-3
Konum	Merkez								Kenar				Merkez			
Agr. %																
SiO <sub>2</sub>	36.03	35.12	36.44	34.99	35.76	36.96	36.69	37.03	35.17	36.59	36.45	34.9	36.46	35.04	35.33	34.82
TiO <sub>2</sub>	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.24	0.15	0.02	0.23	0.08	0.01	0.06	0.09	0.03	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.23	0.04	7.62	0.05	1.17	9.11	8.29	11.53	0.32	6.25	6.73	0.71	6.1	0.47	0.54	20.62
FeO	18.82	28.42	19.70	28.46	26.89	18.06	19.00	15.00	28.26	20.52	20.62	28.46	20.85	28.71	28.51	24.5
MnO	0.66	0.26	0.68	0.24	0.27	0.89	1.01	1.10	0.21	0.39	0.53	0.23	0.35	0.46	0.49	0.55
MgO	0.05	0.05	0.04	0.05	0.03	0.13	0.15	0.18	0.07	0.06	0.07	0.08	0.06	0.03	0.01	0.02
CaO	33.41	32.59	32.94	32.68	32.94	33.13	32.53	32.98	32.87	33.83	33.72	33.04	33.91	31.67	31.61	32.42
Na <sub>2</sub> O	0.04	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.4
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.05	0.04
Toplam	97.64	96.55	97.43	96.49	97.10	98.58	97.90	97.99	96.92	97.88	98.20	97.44	97.83	97.64	96.57	95.06
8 katyon ve 12 oksijene göre normleştirilmiştir																
Si	2.946	2.984	2.980	2.976	3.004	2.972	2.981	2.967	2.975	2.988	2.966	2.939	2.982	2.978	3.002	2.976
Ti	0.086	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.015	0.009	0.001	0.014	0.004	0.001	0.004	0.006	0.002	0.004
Al	0.696	0.004	0.734	0.005	0.116	0.863	0.794	1.089	0.031	0.601	0.645	0.070	0.588	0.047	0.054	0.263
Fe <sup>+2</sup>	0.041	0.000	0.040	0.000	0.011	0.053	0.077	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.051	0.090	0.000
Fe <sup>+3</sup>	1.245	2.019	1.306	2.024	1.878	1.161	1.214	0.962	1.999	1.396	1.403	2.004	1.426	1.989	1.936	1.751
Mn	0.046	0.019	0.047	0.017	0.019	0.061	0.069	0.075	0.015	0.0272	0.037	0.016	0.024	0.033	0.035	0.040
Mg	0.006	0.006	0.005	0.007	0.003	0.015	0.018	0.021	0.008	0.007	0.008	0.010	0.007	0.004	0.001	0.002
Ca	2.927	2.967	2.886	2.978	2.964	2.854	2.832	2.831	2.979	2.960	2.940	2.981	2.972	2.883	2.887	2.963
Na	0.006	0.004	0.001	0.003	0.003	0.003	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.003	0.002	0.006	0.000	0.007
Cr	0.000	0.003	0.000	0.000	0.0015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0018	0.000	0.003	0.004	0.002
Toplam	8.000	8.005	8.000	8.011	8.000	8.000	8.000	8.000	8.009	8.000	8.004	8.024	8.007	8.000	8.000	8.015

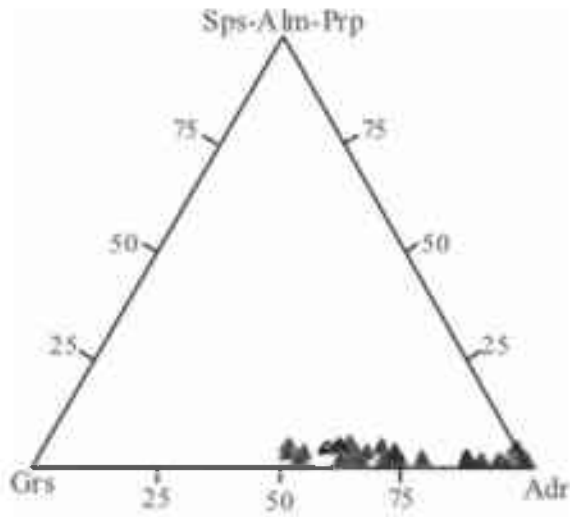


**Çizelge 2.** Dereli (Giresun) yöresine ait granatların mikroprob analizleri  
**Table 2.** Microprobe analyses of the garnet from Dereli (Giresun)

Örnek No	Dc6							Dc7									
	Grt-1	Grt-2	Grt-3	Grt-4	Grt-5	Grt-6	Grt-7	Grt-8	Grt-9	Grt-1	Grt-2	Grt-3	Grt-4	Grt-5	Grt-6	Grt-7	Grt-8
SiO <sub>2</sub>	36.80	34.74	36.41	35.22	36.33	35.32	36.62	35.13	36.81	35.30	37.05	36.81	36.56	35.36	36.66	35.46	35.60
TiO <sub>2</sub>	1.05	0.03	0.68	0.15	0.09	0.00	0.35	0.00	0.33	0.02	0.91	0.27	1.71	0.00	0.53	0.02	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.49	8.93	2.89	5.72	0.29	7.81	0.86	6.88	0.25	0.25	11.34	7.79	7.33	0.21	9.01	0.05	4.98
FeO	17.87	27.44	18.66	24.95	21.12	28.40	18.91	27.23	21.02	28.47	14.66	19.05	18.71	28.31	15.96	28.71	22.54
MnO	0.68	0.53	0.80	0.36	0.53	0.32	0.55	0.22	0.71	0.36	1.02	0.55	0.77	0.43	0.64	0.30	0.52
MgO	0.05	0.05	0.09	0.06	0.07	0.04	0.03	0.05	0.14	0.09	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.03	0.07
CaO	33.52	32.23	32.98	33.12	33.38	32.71	33.82	33.15	33.01	32.76	34.14	33.99	33.52	32.28	33.46	32.74	33.37
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	0.00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	98.46	96.34	98.55	98.76	97.24	97.09	98.09	96.64	98.89	97.28	99.20	98.56	98.66	96.65	96.35	97.34	97.16
8 katyon ve 12 oksijene göre normlaştırılmıştır																	
Si	2.971	2.960	2.936	2.956	2.993	2.981	2.970	2.975	2.977	2.976	2.937	2.970	2.961	2.999	3.006	2.987	2.952
Ti	0.063	0.002	0.042	0.010	0.005	0.000	0.022	0.000	0.020	0.001	0.054	0.016	0.104	0.000	0.032	0.001	0.005
Al	0.808	0.032	0.849	0.286	0.555	0.028	0.746	0.086	0.656	0.025	1.060	0.741	0.700	0.021	0.870	0.005	0.487
Fe <sup>2+</sup>	0.082	0.000	0.063	0.000	0.006	0.000	0.011	0.000	0.072	0.000	0.014	0.000	0.095	0.024	0.038	0.001	0.000
Fe <sup>3+</sup>	1.124	2.027	1.195	1.751	1.449	2.004	1.271	1.928	1.350	2.007	0.957	1.286	1.172	1.983	1.056	2.022	1.563
Mn	0.046	0.038	0.055	0.026	0.037	0.037	0.038	0.016	0.048	0.026	0.069	0.037	0.053	0.031	0.045	0.021	0.037
Mg	0.006	0.007	0.011	0.008	0.011	0.005	0.004	0.006	0.016	0.011	0.008	0.008	0.006	0.005	0.007	0.004	0.008
Ca	2.899	2.943	2.850	2.979	2.946	2.958	2.938	3.008	2.859	2.959	2.900	2.939	2.908	2.933	2.940	2.955	2.965
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0006	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.004	0.001	0.001	0.004	0.004	0.000
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0001	0.000	0.000
Toplam	8.000	8.000	8.000	8.015	8.000	8.002	8.000	8.018	8.000	8.006	8.00	8.002	8.000	8.000	8.000	8.000	8.016

Dereli yöresi granatları başlıca andradit-grossular bileşenlerinden oluşmakta ve düşük oranlarda almandin-spesartin-pirop içermektedir (Şekil 9). Granatlar andradit-grossular ( $Ad_{0.47-0.99}Gr_{0.0-0.51}$ ) bileşim aralığında değişim göstermektedir (Şekil 9). Granatlar konsantrik

(eşmerkezli) zonlanma göstermektedir. Granatların Mg# numarası 0.13 ile 1.00 arasında değişmektedir. Saf andraditce zengin bileşime sahip granatların Mg# numarası 1.00 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9. Dereli yöresi granatlarının (Sp+Alm)-Grs-Adr üçgen diyagramında dağılımları

Figure 9. The compositional distributions (Sp+Alm)-Grs-Adr ternary variation diagram for the garnets in Dereli (Giresun) areas

### Klinopiroksen

Klinopiroksenlerin analiz sonuçları ve bunlara göre 6 oksijen 4 katyon değerlerine göre hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Klinopiroksenlerin  $Al_2O_3$  değerleri 0.20-1.19 arasında;  $TiO_2$  ve  $Cr_2O_3$  değerleri ise çok düşüktür ( $\leq \% 0.03$ ). Yöredeki klinopiroksenlerin toplam alkali bileşimleri ( $Na_2O$  ve  $K_2O$ )  $\% 0.0-0.26$  arasında olup literatürdeki klinopiroksenlerin ortalama  $Na_2O$  ve  $K_2O$  bileşimlerinden düşük oldukları tespit edilmiştir (Bijraj vd., 1988 ve Nakano vd., 1994). Klinopiroksenler zayıf bileşimsel zonlanma sunmakta ve buna göre merkezden kenara doğru Fe artarken, Mg değerleri azalmaktadır. Mg# numarası 0.81-0.90 değerleri arasında değişmektedir. Klinopiroksenlerin bileşimlerinin  $Wo_{0.51-52}En_{0.39-0.43}Fs_{0.5-0.9}$  arasında değiştiği saptanmış ve diyopsit oldukları tespit edilmiştir (Şekil 10).

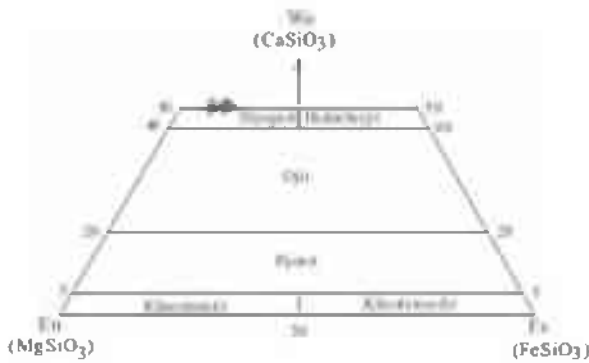
Klinopiroksenler skarn sistemlerinde

diyopsit, johansenit ve hedenberjit oranlarına göre diyopsid olarak adlandırılmıştır (Şekil 11). Klinopiroksenlerin johansenit ( $MnO \leq \% 1.79$ ) içerikleri oldukça düşüktür.

Çizelge 3. Dereli (Giresun) yöresine ait piroksen ve epidotların mikroprob analizleri

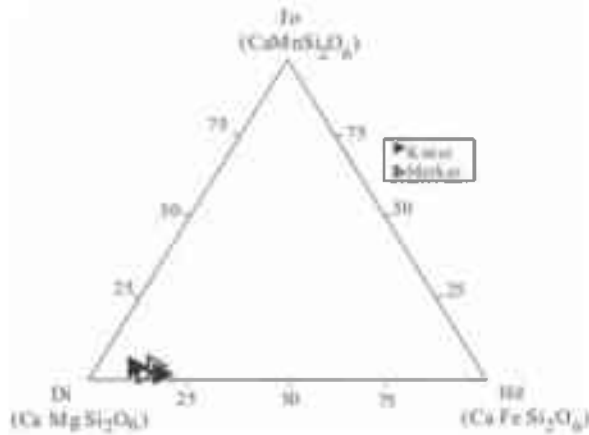
Table 3. Microprobe analyses of the pyroxene and epidote from Dereli (Giresun)

Örnek No	Dc4		S4		Ep	
	Pirok-1 Merkez	Pirok-1 Kenar	Pirok-2 Merkez	Pirok-2 Kenar	Epidot Merkez	Epidot Kenar
Konum						
Agr %						
SiO <sub>2</sub>	54.11	53.57	53.58	53.86	37.25	37.21
TiO <sub>2</sub>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.61	1.19	0.20	0.48	22.53	21.45
FeO <sub>r</sub>	4.83	6.31	5.22	3.54	13.67	13.16
MnO	0.38	0.39	1.57	1.19	0.49	0.11
MgO	15.13	14.04	14.27	15.42	0.01	0.02
CaO	25.83	25.47	25.12	25.56	22.85	23.42
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K <sub>2</sub> O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toplam	100.99	100.98	99.96	100.05	96.84	95.40
Si	1.977	1.969	1.990	1.981	2.976	3.018
Cr	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002
Al	0.026	0.052	0.008	0.021	2.122	2.051
Fe <sup>2+</sup>	0.130	0.184	0.151	0.091	0.000	0.000
Fe <sup>3+</sup>	0.018	0.010	0.011	0.018	0.913	0.893
Mn	0.012	0.012	0.049	0.037	0.033	0.007
Mg	0.824	0.769	0.790	0.845	0.002	0.002
Ca	1.011	1.003	1.000	1.007	1.956	2.035
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Toplam	4.000	4.000	4.000	4.000	8.004	8.008



Şekil 10. Dereli (Giresun) yöresine ait klinopyroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramdaki (Morimoto vd., 1988) dağılımları

Figure 10. En-Fs-Wo ternary diagram for the classification of clinopyroxenes in the Dereli area



Şekil 11. Dereli yöresine ait klinopyroksenlerin Mg-Fe-Mn üçgen diyagramındaki dağılımları

Figure 11. Mg-Fe-Mn ternary diagram for the classification of clinopyroxenes in the Dereli area

### Epidot

Epidotlara ait analiz sonuçları ve 12.5 oksijen tabanına göre katyon değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 3). Epidot bileşimleri klinozoyisit  $[Ca_2Al_2Si_3O_{12}(OH)]$  ve pıstazit  $[Ca_2Al_2Fe_3Si_3O_{12}(OH)]$  arasında katı çözelti oluşturmaktadır ve MnO içerikleri % 1'den küçük olduğundan bileşimsel değişebilirlikleri  $X_{Fe^{+3}}$  tarafından ifade edilebilir. Epidotların  $X_{Fe^{+3}} = Fe^{+3}/(Fe^{+3} + Al)$  değerleri ~0.30 olup, bileşimsel zonlanma göstermezler.

### Amfibol

Amfibollerin analiz sonuçlarına göre katyon değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4).

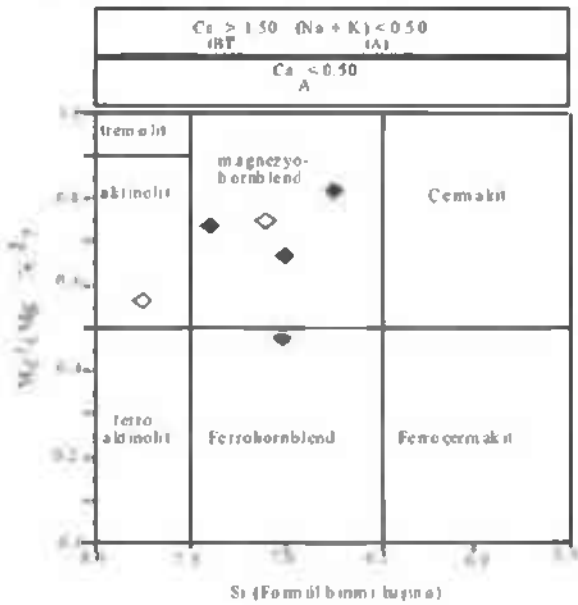
Çizelge 4. Dereli (Giresun) yöresine ait amfibollerin mikroprob analizleri

Table 4 Microprobe analyses of the amphibole from Dereli (Giresun)

Örnek No	Dc	Dc	K20	K20	K20	K20
Konum	Amf-1	Amf-2	Amf-3	Amf-3	Amf-4	Amf-4
Ağr. %	Merkez	Merkez	Merkez	Kenar	Merkez	Kenar
SiO <sub>2</sub>	46.19	51.91	52	47.24	49.71	48.17
TiO <sub>2</sub>	0.15	0.00	0.13	0.27	0.25	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.00	1.65	4.74	9.32	6.93	7.16
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.00	0.40	0.28	0.00	0.12
FeO	21.88	17.89	10.49	9.06	11.04	15.01
MnO	0.41	0.44	0.22	0.14	0.20	0.22
MgO	8.88	11.96	16.28	16.41	15.60	13.37
CaO	12.26	12.19	12.79	12.65	12.65	12.56
Na <sub>2</sub> O	0.71	0.15	0.66	1.65	0.99	1.09
K <sub>2</sub> O	0.29	0.04	0.09	0.24	0.13	0.25
Toplam	97.79	96.25	97.79	97.25	97.49	98.12
23 oksijen tabanına göre normleştirilmiştir						
Si	6.951	7.769	7.422	6.776	7.137	7.007
Al <sup>(IV)</sup>	1.049	0.231	0.578	1.224	0.863	0.993
Al <sup>(VI)</sup>	1.912	0.060	0.219	0.352	0.309	0.235
Ti	0.017	0.000	0.014	0.029	0.027	0.019
Fe <sup>+3</sup>	0.581	0.163	0.135	0.338	0.258	0.399
Cr	0.003	0.000	0.045	0.032	0.000	0.014
Mg	1.992	2.668	3.464	3.509	3.339	2.899
Fe <sup>+3</sup>	2.172	2.076	1.117	0.739	1.067	1.427
Mn	0.041	0.032	0.006	0.002	0.00	0.007
Toplam C' odası	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe <sup>+2</sup>	0.000	0.000	0.000	0.009	0.001	0.000
Mn	0.011	0.024	0.021	0.017	0.024	0.020
Ca	1.997	1.953	1.956	1.944	1.946	1.958
Na	0.012	0.012	0.022	0.024	0.029	0.023
Toplam B' odası	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Na	0.195	0.022	0.159	0.429	0.247	0.285
K	0.056	0.008	0.016	0.044	0.024	0.046
Boşluk	0.750	0.971	0.825	0.527	0.730	0.669
Toplam A' odası	0.250	0.029	0.175	0.473	0.270	0.331

$Al_2O_3$  değeri % 1.65-9.32 arasında,  $TiO_2$  değerleri 0.00-0.27 arasında ve  $Na_2O$  değeri % 0.15-1.65 arasındadır. Mg# değerleri 0.47-0.82 arasında değişmektedir.

Dereli yöresi amfibolleri Leake vd., (1997)'in sınıflamasına göre kalsik grubundan magneziyo-hornblend oldukları, sadece birer adet örneğin aktinolit ve ferrohornblend alanına düştükleri tespit edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Dereli yöresi hornblendlerinin Leake vd., 1997 sınıflaması ve diyagramına göre konumu  
Figure 12. Classification of the hornblend in the Dereli area

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Ca, Fe, Mg, Al ve Si'ca zengin esas skarn mineralleri, tali bileşenler ve demir cevherleşmelerine ait cevher minerallerinin skarlaşma evresinde, yüksek sıcaklığa sahip granitoidik sokulumlar ile yan kayaçların arasındaki metazomatik olaylarla meydana geldikleri düşünülmüştür. Cevher mineralinin (manyetit, pirit ve kalkopirit v.b.) ana ve tali skarn mineralleri arasında, boşluk dolgusu şeklinde bulunması ve yer yer skarn minerallerini

ornatması ana ve tali minerallerin cevher minerallerinden önce geliştiğini gösterir. Skarn minerallerinin farklı yataklarda farklı dağılımlar sunması bu yatakların farklı magmatik-hidrotermal sistemlerde oluştuklarını veya aynı sistemde olsalar bile farklı evrelerde oluştuklarını açıklamaktadır.

Çambaşı (Ordu) yöresindeki skarn yatakları mermer ve trakiandezitik kayaçların içerisinde gelişmiş ve ekzoskarn olarak tanımlanmıştır. Ekzoskarnlar ise granat ve epidot skarnlar olmak üzere iki zona ayrılmıştır. Yörede ekzoskarnların ana mineral parajenezi; granat, epidot ve piroksen şeklindedir. Aktinolit, plajiyoklas, serisit, klorit, kuvars, kalsit ikincil bileşenler; sfen ve opak mineraller ise tali bileşenler olarak bulunmaktadır.

Dereli (Giresun) yöresinde, skarn mineralleri Kotana metamorfiteilerinin mermerleri ile Dereli Granitoidinin dokanakları arasında gelişmiştir. Yöredeki skarn mineralleri genellikle mermerlerin içlerinde geliştiği için kalsik ekzoskarn olarak tanımlanmıştır. Ekzoskarnların içerisinde geliştiği ana mineral parajenezi; granat, klinopiroksen ve epidot mineralleridir. Ayrıca aktinolit, kalsit, kuvars, klorit, sfen ve opak mineraller tali bileşenleri oluşturmaktadır.

Yöredeki granitoidik kayaçların petrografik incelemeleri sonucu, Çambaşı (Ordu) yöresinin monzonit ve kuvarşlı monzodiyorit; Dereli (Giresun) yöresinin granit, granodiyorit ve kuvarşlı diyorit bileşimine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Çambaşı (Ordu) yöresine ait granatlar grossular bileşiminde olup düşük oranlarda almandin-spesartin-pirop içerirler. Genelde granatlar grossular-andradit ( $Gr_{0.41-0.92}Ad_{0.06-0.56}$ ) bileşim aralığındadır. Dereli yöresi granatları saf andradit ( $Ad_{0.99}$ ) ve andradit-grossular ( $Ad_{0.47-0.99}Gr_{0-0.51}$ ) bileşim

aralığındadır. Buna göre Çambaşı yöresine ait granatlarının grossularce zengin olması Al/Fe zengin bir granitoid tarafından kontrol edilen ilksel metamorfizmaya bağlıdır.

Granatların konsantrik zonlanma göstermesi, skarn hidrotermal sistemi içerisinde hidrotermal çözeltilerde değişimleri meydana gelmesiyle açıklanmaktadır (Yardley vd., 1991). Granatları oluşturan bileşenlerin kimyasal içerikleri ve oksijen fugasitesindeki periyodik değişimleri zonlanmayı meydana getirir. Çalışma alanlarındaki granatların zonlu yapı gösterdikleri petrografik çalışmalarla ve mikroprob analizleri ile ortaya çıkarılmıştır. Granatların saf andradit, andradit-grossular ve grossular-andradit bileşiminde oldukları tespit edilmiştir. Granatların  $Al_2O_3$  ve  $FeO_{(T)}$  değerleri andradit ve grossular değerlerinde olduğu gibi merkezden kenara doğru dalgalanma gösterir. Konsantrik zonlanmanın nedeni kristal kafesindeki Al/Fe oranlarındaki ve oksijen fugasitesindeki değişimlerden kaynaklanır. Bu da bize oksijen potansiyelindeki değişimleri gösterir.

Çambaşı ve Dereli yörelerine ait granatların kenar zonları andraditce zenginlik gösterir. Bu da kenar zonlarındaki granatların merkezlere göre sıcaklığı daha düşük, oksijen fugasitesi daha yüksek ve tuzluluğu daha yüksek bir sistem tarafından kontrol edildiğini gösterir (Kwak vd., 1981).

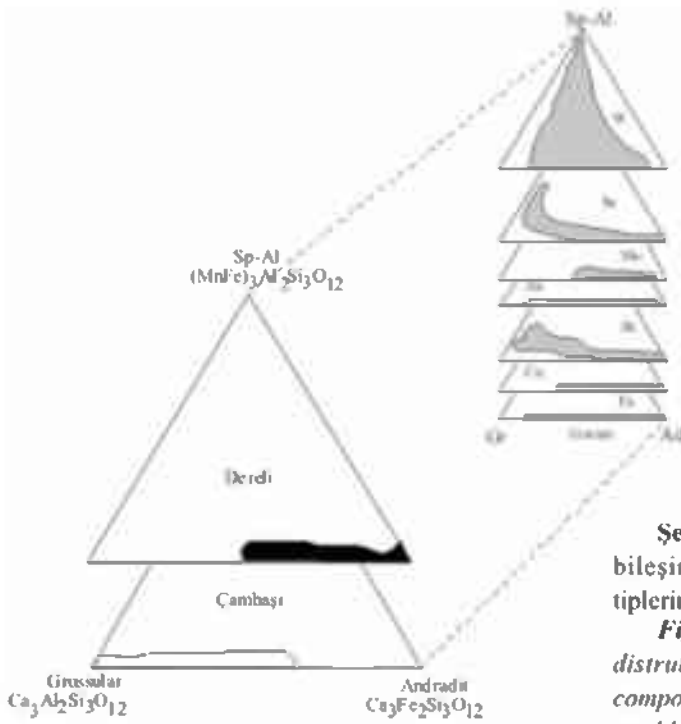
Granatların zonlu yapı sunmaları oluşumları sırasındaki denge ve denge-dışı koşulların anlaşılmasında kanıt olarak kullanılmaktadır. Granat zonlanması, basınç, sıcaklık, oksijen fugasitesi gibi sistem dışından kaynaklanan termodinamik şartların değişmesinden ve oluşan kristal ile sistemdeki akışkan arasındaki dengesizliklerin bir yansıması olarak değerlendirilmektedir. Granat morfolojisindeki anomaliler, granatı oluşturan sistemde granatların çok hızlı oranlarda büyüdüğünü, dolayısıyla

hidrotermal sistemde tıkanıklığa ve geçirgenliğin azalmasına neden olduğu ortaya koymaktadır (Yardley vd., 1991; Jamtveit ve Andersen, 1992; Jamtveit vd., 1995; Meinert, 1997).

Granat ve piroksenlerin bileşimleriyle skarnın içerdiği baskın metal arasındaki ilişki bir çok yazar tarafından ortaya konulmuştur (Burt, 1972; Meinert, 1980; Einaudi vd., 1981; Einaudi ve Burt, 1982; Nakano vd., 1994). Çambaşı ve Dereli yörelerindeki granatlar bileşimsel olarak sınıflandırılmış ve bunların dünyada bilinen skarn yataklarına göre dağılımları incelenmiştir. Buna göre yöredeki granatlar Fe-Cu'nun yanı sıra Au ve Zn skarnlarına da benzer bir dağılım göstermişlerdir (Şekil 13).

Literatürde de johansenitik (Mn) piroksenlerin daha çok Pb-Zn skarnlarında, Diyopsitik (Mg) olan piroksenlerin ise Cu-Fe yataklarında bulunduğu tespit edilmiştir (Einaudi vd., 1981; Einaudi, 1982; Nakano vd., 1994).

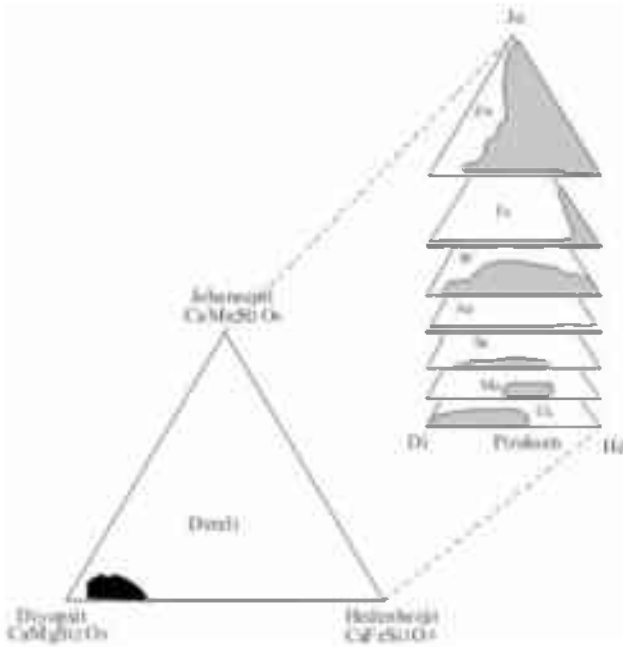
Dereli yöresi piroksenleri johansenitik, diyopsit ve hedenberjit üçgen diyagramına göre diyopsit olarak sınıflandırılmıştır. Piroksenlerin bileşimleri Dünyadaki skarn yatakları ile karşılaştırıldığında piroksenlerin bileşimiyle skarnların içerdiği baskın metal arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Burt, 1972; Meinert, 1980; Einaudi vd., 1981; Einaudi ve Burt, 1982; Nakano vd., 1994). Buna göre Dereli yöresine ait skarn piroksenlerin dağılımlarının dünyadaki Fe-Cu (Au) skarnların dağılımlarına benzer dağılım göstermişlerdir (Şekil 14). Fe ve Cu cevherleşmeleri içerdiği bilinen Çambaşı ve Dereli yörelerindeki skarnların, granat ve piroksen bileşimleriyle de uyum içinde oldukları görülmüştür.



Şekil 13. Çalışma alanında yer alan granat bileşimlerinin dünyadaki değişik skarn yatak tiplerindeki granat bileşimleriyle karşılaştırılması

Figure 13. Comparative the compositional distributions of garnets in studied areas and composition of garnets in various skarn types in the world

Dereli yöresi skarn zonundaki amfibol örneklerinin Leake vd., (1997)'in sınıflamasına göre kalsik amfiboller olup magnezio-hornblend, ferrohornblend ve aktinolit olarak sınıflandırılmışlardır. Buna göre yöredeki amfibollerin kalsik grubu oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 14. Dereli yöresinde yer alan piroksenlerin bileşimlerinin dünyadaki değişik skarn yatak tiplerindeki piroksenlerin bileşimleriyle karşılaştırılması

Figure 14. Comparative the compositional distributions of pyroxenes in studied areas and composition of pyroxenes in various skarn types in the world

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar kısaca aşağıda özetlenmiştir:

Çalışılan alanlarda genel olarak, granat-piroksen ve epidot skarn olmak üzere iki tip ekzoskarn tanımlanmıştır. Çambaşı (Ordu) yöresindeki granatların konsantrik zonlanma gösterdikleri, Dereli (Giresun) yöresindeki granatların ise hem konsantrik hem de kumsaati şeklinde zonlanma gösterdikleri tespit edilmiştir. Çambaşı (Ordu) yöresine ait granatlar grossular bileşiminde ve düşük oranlarda almandin-spesartin-pirop içerirler. Dereli yöresine ait granatların saf andradit ve andradit-grossular bileşim aralığına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Dereli (Giresun) yöresine ait piroksenler johansanit, diyopsit ve hedenberjit üçgen diyagramına göre diyopsit olarak sınıflandırılmıştır. Dereli yöresi skarn zonundaki amfibol örnekleri Leake vd., (1997)'in sınıflamasına göre kalsik grubu amfiboller olup magnezio-hornblend, ferrohornblend ve aktinolit olarak sınıflandırılmışlardır. Çambaşı ve Dereli yöresi granat ve piroksenlerin kimyasal bileşimlerinin genel olarak Fe-Cu skarnlardaki granat ve piroksenlerin bileşimlerine benzerlik gösterdikleri tespit edilmiştir.

### KATKIBELİRTME

Yazarlar bu çalışmaya maddi destek sağlayan KTÜ Araştırma Fonu Yönetim Kurulu Başkanlığı'na teşekkür ederler.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçay, M. ve Tüysüz, N., 1997, Murgul Cu madeni çevresinde ağır elementlerin yanal dağılımı ve çevresel kirlilik üzerine etkileri, Geosound, 30, 725-741.
- Akçay, M., Lermi, A. ve Van, A., 1998, Biogeochemical exploration for massive sulphide deposits in areas of dense vegetation: an orientation survey around

the Kanköy Deposit (Trabzon-NE Turkey), Journal of Geochemical Exploration, 63, 173-187.

- Burt, D. M., 1972, Minerology and geochemistry of Ca-Fe-Si Skarn deposits: Unpublished Ph.D. Thesis, Harvard University, 256.
- Brijraj, K.D., Okrusch, M. ve Olesch, M., 1988, Minerology and genesis of zoned skarns from Chaur Hill, Himachal Himalaya, India, Neues Jahrbuch Miner Abh, 158 (3) 211-224.
- Einaudi M.T., Meinert, L.D. ve Newberry, R.J., 1981, Skarn deposits: Econ. Geol., 75th Anniv. vol., 317-391,
- Einaudi M.T., 1982, Garnet and pyroxene compositions in skarn deposits. Carnegie Institution of Washington Yearbook, 81, 320-324.
- Einaudi, M.T. ve Burt, D. M., 1982. Introduction-terminology, classification, and composition of skarn deposits. Econ. Geol, 77, 45-795.
- Güç, A., 1978, Ordu-Çambaşı-Yundalan demir sahasının jeoloji raporu, M.T.A., Derleme No: 1563, Ankara.
- Güven, İ. H., 1993, Doğu Pontidlerin 1/250.00 Ölçekli Komplasyonu, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Jamtveit, B. ve Andersen, T. B., 1992, Morphological instabilities during rapid growth of metamorphic garnets. Phys and Chem. Of Minerals, 19 (3), 176-184
- Jamtveit, B., Ragnarsdattir, K. V. ve Wood, B. J., 1995, On the origin of zoned grossular-andradite garnets in hydrothermal systems, Eur. J. Mineral, 7, 1399-1410.
- Kwak, T.A.P. ve Tan, T.H., 1981, The geochemistry of zoning in skarn minerals at the King Island (Dolphin Mine) Econ. Geol., 76 468-497.
- Leake, B.E., Woolley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kisch, H. J.,



Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J. A., Maresch, W. V., Nickel, E., H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W. ve Youzhi, G., 1997, Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association commission on new minerals and minerals names, *Eur. J. Mineral.*, 9, 623-651.

- Meinert, L. D., 1980, Evolution of metasomatic fluids by transport over large distances: An example from the Paymaster Zinc Skarn, Esmeralde Co., Nevada, Vol., *Geol. Soc. America, Abstracts with Programs*, 12, 373-408.
- Meinert, L.D., 1997, Application of skarn deposit zonation models to mineral exploration, *Exploration and Mining Geology*, 6, 185-208
- Morimoto, N., Frabies, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Siefert, F. A., Zussman, J., Aoki, K. ve Gottardi, G., 1988, Nomenclature of pyroxenes, *American Mineralogist*, 73, 1123-1133.
- Nakano, T., Shimazaki, H. ve Shimizu, M., 1994, Pyroxene composition in the classification of skarn deposits, *Econ. Geol.*, 89, 1567-1580.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach *Tectonophysics*, 75, 181,-241.
- Topaloğlu, H., 1977, Giresun-Dereli Kurtulmuş köyü demir zuhurunun jeoloji raporu, *Jd:246, Ankara.*
- Tüysüz, N., Özdoğan, K., Er, M., Yılmaz, Z., ve Ağanoğlu, A., 1994, Pontid Adayayı'nda Carlin tipi Kaletaş (Gümüşhane) altın zuhuru, *Türkiye Jeol. Bült.*, 37, 41-46.
- Tüysüz, N., ve Er, M., 1995, Lahanos (Espiye) ve İsraildere (Tirebolu) masif sülfid cevherleşmeleri çevresinde görülen hidrotermal alterasyon zonlarındaki kimyasal ve mineralojik değişimler, *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 10, 104-113.
- Tüysüz, N. ve Akçay, M., 2000, Doğu Karadeniz bölgesindeki altın yataklarının karşılaştırmalı incelemesi, *Cumhuriyetin 75. Yılı Yer Bilimleri ve Madencilik Kongresi, Bildiriler Kitabı*, 625-645.
- Yardley, B.W.D., Rochelle, C.A., Barnicoat, A.C. ve Lloyd, G.E., 1991, Oscillatory zoning in metamorphic minerals: As an indicator of infiltration *Metasomatism.*, *Mineral Magazine*, 55, 357-365.

## Seldağınaklık-Sekileştirme-Enerji Sistemi: Başkale-Van *Artificial Dyke-Terrace-Energy System: Başkale-Van*

\*Levent AKDUMAN, \*\*Yasemin LEVENTELİ, \*\*\*Özgür YILMAZER,  
\*\*\*\*İlyas YILMAZER,  
\*MTA, Doğu Akdeniz Bölge Müd., Adana  
\*\* Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Müh. Böl., Antalya  
\*\*\* Yilmazer Eğitim. Ltd., A. Öveçler, 8. cad., 89. sok. 9/8, 06460, Ankara  
\*\*\*\*Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van

### ÖZ

Doğu Anadolu yüksek dağlar ve yıl boyu akan kaynaklar içermektedir. Arap kıtasının kuzeye itekmesi nedeniyle de yükselimini sürdürmektedir. Tamamına yakını yüksek aşın-taşın (erosion) nedeniyle çıplaktır. Kolay toprak üreten ve özellikle de yamaç dışarı (outslope) eğim içeren kesimlerde ise büyük ölçekli kaymalar yer almaktadır. Önerilen sistem: (1) kaymaları sonlandırıp tarıma kazandırmaktadır, (2) çıplak alanları özellikle bahçe tarımına çevirmektedir, (3) sel sorununu sıfırlamaktadır, (4) yenilenebilir enerji kazandırmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Seldağınaklık; seki; yenilenebilir enerji; çevre; kalkınma.

### ABSTRACT

*High mountain ranges with perennial streams characterize the Eastern Anatolia. The northern pushing effect of the Arabian plate uplifts the region. Due to the high erosion rate barren topography dominates. Huge landslides take place where weak to extremely weak rocks are available. Outslope condition escalates the formation of immensely wide landslides. The proposed system: (1) stabilizes landslides and provides fertile farm land, (2) transfers the barren lands to irrigable gardens, (3) impedes flooding and (4) provides renewable energy.*

**Keywords:** artificial dyke; terrace; renewable energy; environment; development.

## GİRİŞ

Kızıldeniz'in okyanuslaşmasına bağlı olarak Arap kıtası Doğu Anadolu'yu kuzeye iteklemektedir. Bu sırada bölgesel yükselme sürmektedir. Güncydoğu Toros dağları, Artos dağları, Sümbül dağları ve Cilo dağları tipik örneklerdir. Yüksekliği 4000 metreye yaklaşan bu dağlardan yıl boyu akışını sürdüren kaynaklar, Anadolu'yu terkederken 600 metre kotunun altına inmektedir. Başka bir anlatımla 2000 metrenin üzerinde düşü vardır. En yüksek barajların 200 metre [ $E=m.g.h$  denkliğinde  $m$ = suyun kütle (kg),  $g$ = yer çekim ivmesi ( $m/s^2$ ) ve  $h$  = düşü (m)] dolaylarında olduğu düşünöldüğünde 2000 metrenin önemi daha kolay anlaşılabilir (Yılmaz ve diğ., 2002, Yılmaz, 1992, 1994; McAllister, 1993).

Son buzul çağı (Wisconsin dönemi: M.Ö. 40000-10000) sonuna doğru oluşmuş büyük ölçekli kaymalar; dağ kaymaları ve kaya yığınları olarak gözlenmektedir. Ayrıca zayıf dayanımlı olup, yamaçdışarı süreksizlikler içeren kesimlerde de etkin kayma alanları bulunmaktadır. Jeoteknik sorunların ana nedeni olan su-süreksizlik-kil (SSK) üçlüsü bu alanlarda etkinliğini sürdürmektedir (Yılmaz, 1995).

Seldağınaklık sistemine benzer yöntemle 1924 yılında ABD Kızılderilileri kırsal kesime döndürerek onları iş sahibi yapmayı başarmıştır.

## SELDAĞINAKLIK

Seldağınaklık; birkaç torba çimento ve çevredeki kayalardan yapılan duvarın temel

kayanın içerisine köklendirilmiş şeklindedir (Şek 1). Kazanımları konusunda ayrıntı Akduman (2003), Yılmaz ve diğ (1998; 2001)'de sunulmuştur

Seldağınaklık sistemi; daha çok çıplak, kayalık ve derin vadilerde uygulanır (Şek. 2). Her seldağınaklığın tasarımı yere özđü olarak yapılır. Jeolojik, hidrojeolojik, jeoteknik ve hidrolik özellikler başta olmak üzere sekileştirme, sel, çevre, yöresel kalkınma göz önünde tutulması gereken konulardır

Burada sunulan örnek, Van Başkale Yavrucak yöresindedir. Yavrucak çayı 3900 metre kotundaki Başkale Hakkari dağlarından doğmaktadır. Tepeler Üst Kretase'de yeniden harmanlanmış Triyas karmaşığının kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kar örtüsü kalkarken yeni kar yağışının başladığı bir bölgedir.

Bilindiği gibi, yeraltısuyunu besleyen ana yağış türü kardır (Yılmaz ve diğ., 1994, Dixon ve diğ., 1990, Haland ve Faugli, 1994). Ayrıca kireçtaşı ve benzeri kaya türleri pürüzlü yüzeyler oluşturduğundan yağışlar üst düzeyde yeraltısuyuna dönüşür Sel yapan hütün, dere, çay ve nehirler kuru derelerle başlarlar (Yılmaz, 2003). Seldağınaklık sistemi havzanın akış yukarısından aşağı doğru sistemli bir şekilde yapılması durumunda taşkın sorunları ortadan kalkmaktadır. Burada örnek olarak sunulan Yavrucak çayının ilk seldağınaklık sistemi Şekil 3'de sunulan noktaya yapılacaktır. 1.2 km uzunluğundaki basınçlı boruyla enerji elde edilebileceği gibi enerji kullanmadan yan



Şekil 1. Seldağınaklık yapısı (Kırkgeçit vadisi, Sinop).

Figure 1. Artificial dyke structure (Kırkgeçit valley, Sinop).



**Şekil 2.** Seldagimlik yapısı öncesi ve sonrası saha durumu (Kırkgeçit vadisi, Pozantı).  
**Figure 2.** The valley before and after the construction of an artificial dyke (Kırkgeçit valley, Pozantı).

borularla çıplak yamaçlarda oluşturulan sekiler sulama mevsimi (15 ay) süresince sulanacaktır (Şek. 4). Seldagimlik, Kretase karmaşığının korkayaç bileşenleri içerisine ve üzerine oturacaktır. Yaklaşık 0.5 m derinliğinde kaya içerisine köklendirilecektir. Birim geçirimsizdir ( $K < 10^{-9}$  m/s).

### ENERJİ

Şek. 3 ve 4'de sunulan sistemle yılda 114.3 GWh enerji elde edilecektir (Çiz. 1). 50 Hertz frekansta ülke ağına verilen elektriğin bir bölümü yöre halkı tarafından ücretsiz olarak kullanılabilir. Fosil yakıtla (dışa) bağımlı çalışan mobil santral (Şek. 5) elektriğinin yarı fiyatına satılması durumunda yöre halkına yıllık getirisi 9.14 milyon \$ olacaktır, (Faugli, 1999, Kroken, 1994, Raddum ve Fjelheim, 1994,

Teigland, 1999). Yatırım ise tamamen yerli kaynaklardan sağlanmış olacaktır. Yavrucak çayı (Şek. 6) gibi 124 kaynağın varlığı göz önünde tutulduğunda ülke gereksiniminin üzerinde yenilenebilir enerji, bu yöntemle kazanılabilecektir.

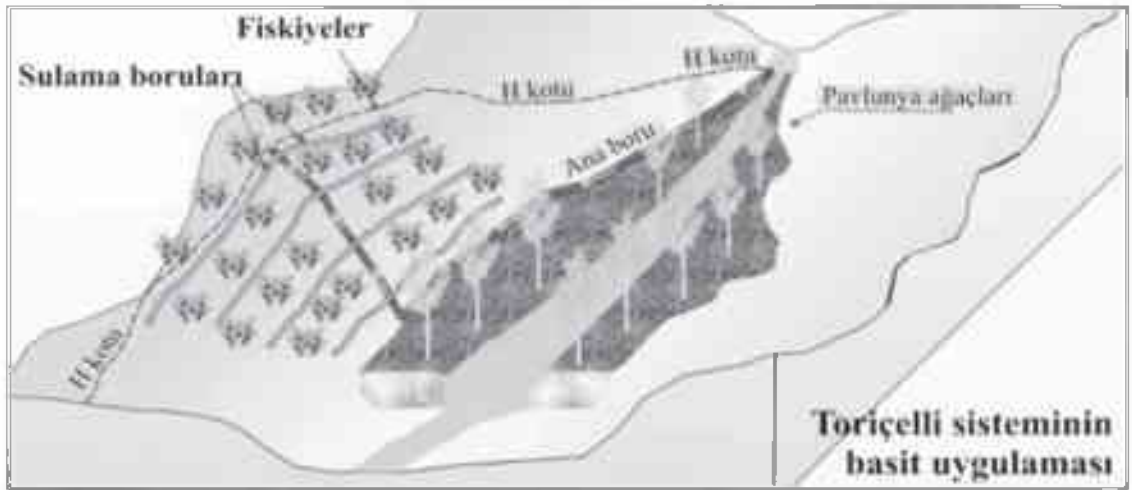
### SEKİLEŞTİRME

Sekileştirme yamaçlarda yaklaşık 4 m aralıklarla eşyükseltiiler boyunca 0.6 m derinliğinde kazı ve çıkan malzemenin derinliği arttırmak üzere yığıldığı hendek çalışmasıdır (Şek. 7).

Yavrucak yöresinde gerçekleştirilecek öneri sistemin yatırımı ve ortalama yıllık getirisi Çiz. 2'de sunulmuştur. Çalışma alanının (Şek. 8) yaklaşık %80'i kayma ve/veya yüksek aşın-taşımın etkisi altındadır (bkz. Şek. 7).



**Şekil 3.** Yavrucak çayı üzerinde önerilen ilk seldağınaklık yapı sahası.  
**Figure 3.** The proposed first artificial dyke site on Yavrucak stream

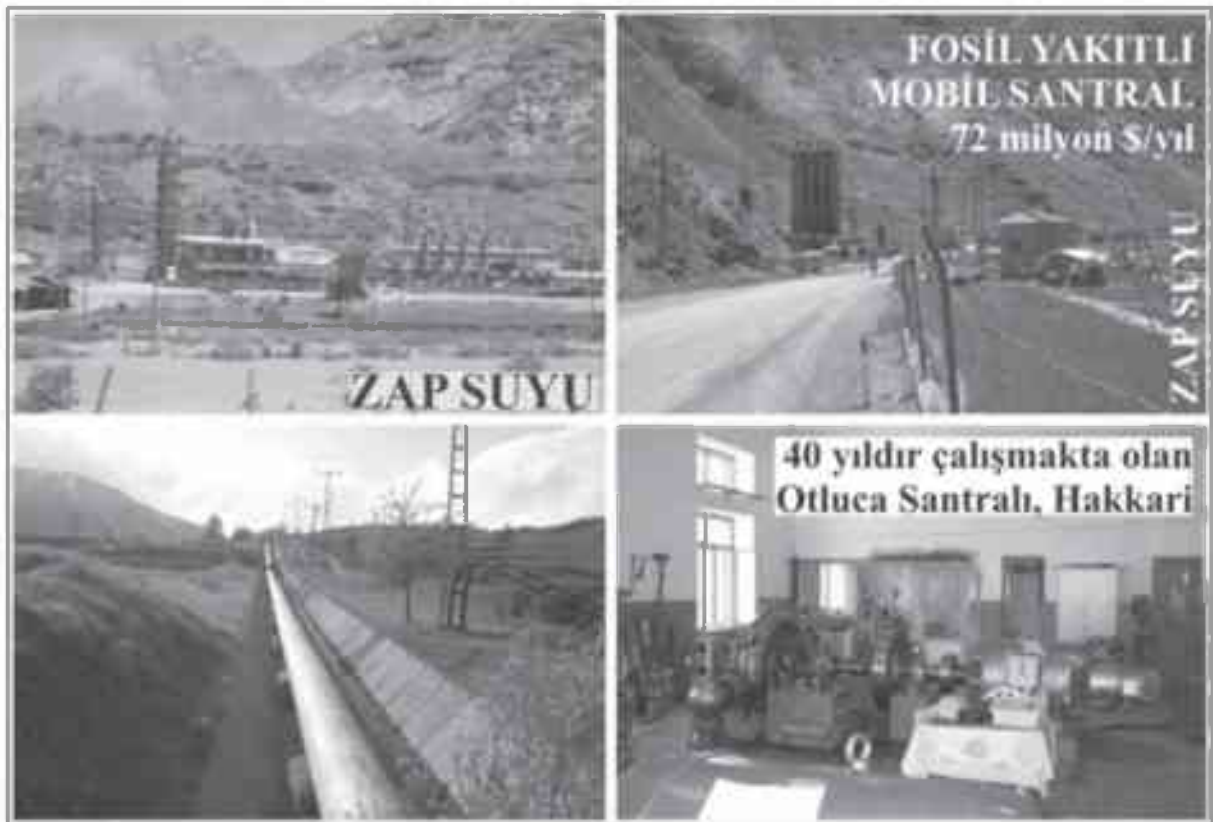


**Şekil 4.** Seldağınaklık, sekileştirme ve sulama sistemi  
**Figure 4.** The system of artificial dyke, terracing, and irrigation

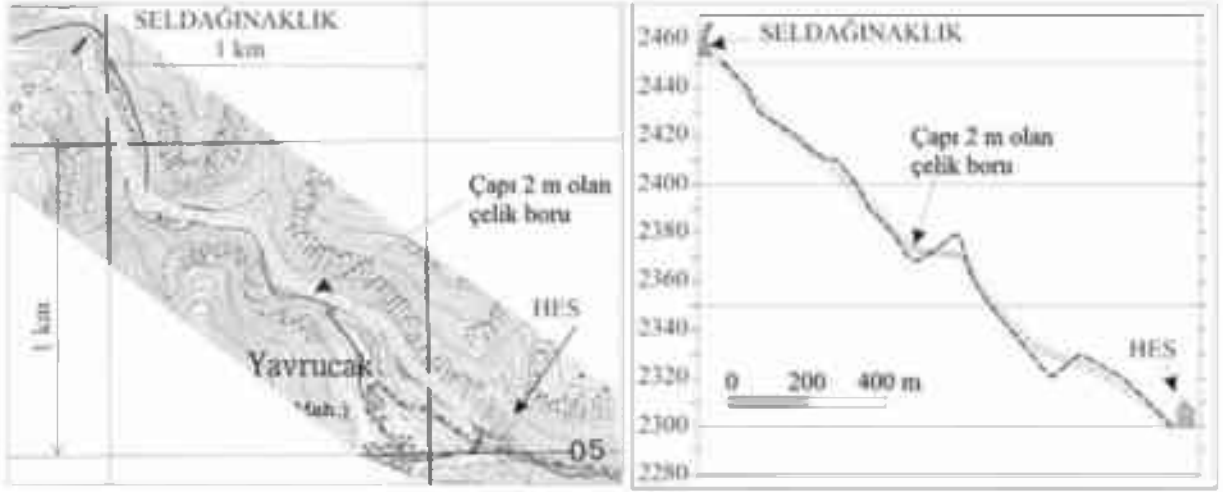


**Çizelge 1.** Enerji üretimi ile ilgili veriler.**Table 1.** Data to relevant energy production.

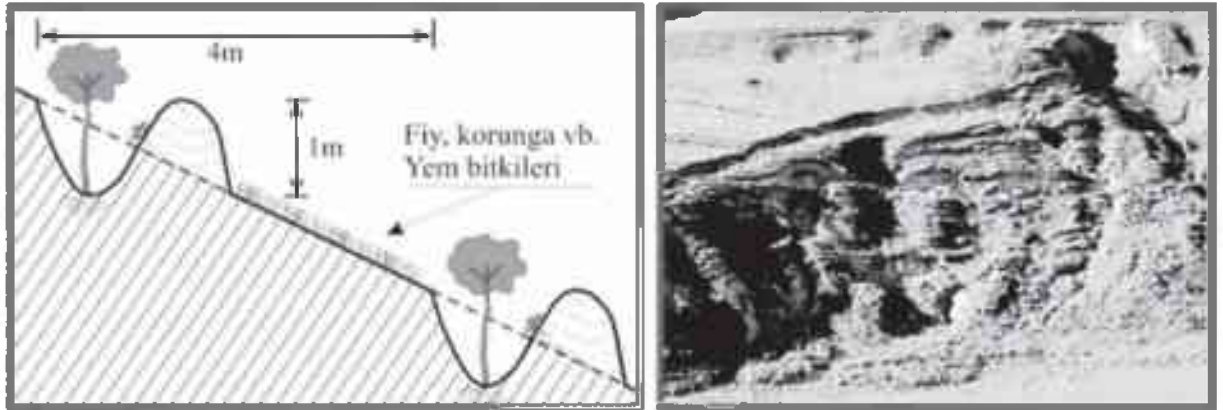
$N = g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$		$E = g \cdot Q \cdot H \cdot \eta \cdot t$	
N : Üretilen güç, kW	13 047	E : Üretilen enerji, kWh	
g : Yerçekimi ivmesi, m/s <sup>2</sup>	9,81	t : Zaman, saat	
Q : Debi, m <sup>3</sup> /s	10	$E_{\text{yıl}} = g \cdot Q \cdot H \cdot \eta \cdot 8760$	
H : Düzeltilmiş düşü (h-h <sub>s</sub> ), m	140	E <sub>yıl</sub> : kWh	114 294 348
h : Düşü, m		$G_{\text{yıl}} = F_b \cdot E_{\text{yıl}}$	
h <sub>s</sub> : Sürtünme kaybı		G <sub>yıl</sub> : Yıllık getirisi, \$	9 143 548
η : Türbin - jeneratör birleşik verimi, -	0,95	F <sub>b</sub> : Birim fiyat, \$/kWh	0,08
M <sub>b</sub> : Boru maliyeti, \$			94 725
M <sub>c</sub> : Elektromekanik ve ilgili tesislerin maliyeti, \$			56 835
M <sub>i</sub> : Toplam yatırım			189 449

**Şekil 5.** Mobil santrala karşı doğa dostu seldâğınaklıklılı hidroelektrik.

**Figure 5.** Hydroelectricity from environment friendly artificial dyke system against mobile power plant which consumes fossil fuel.



Şekil 6. Yavrucak barajsız hidroelektrik sistemi.  
Figure 6. Yavrucak hydroelectricity system without dam.

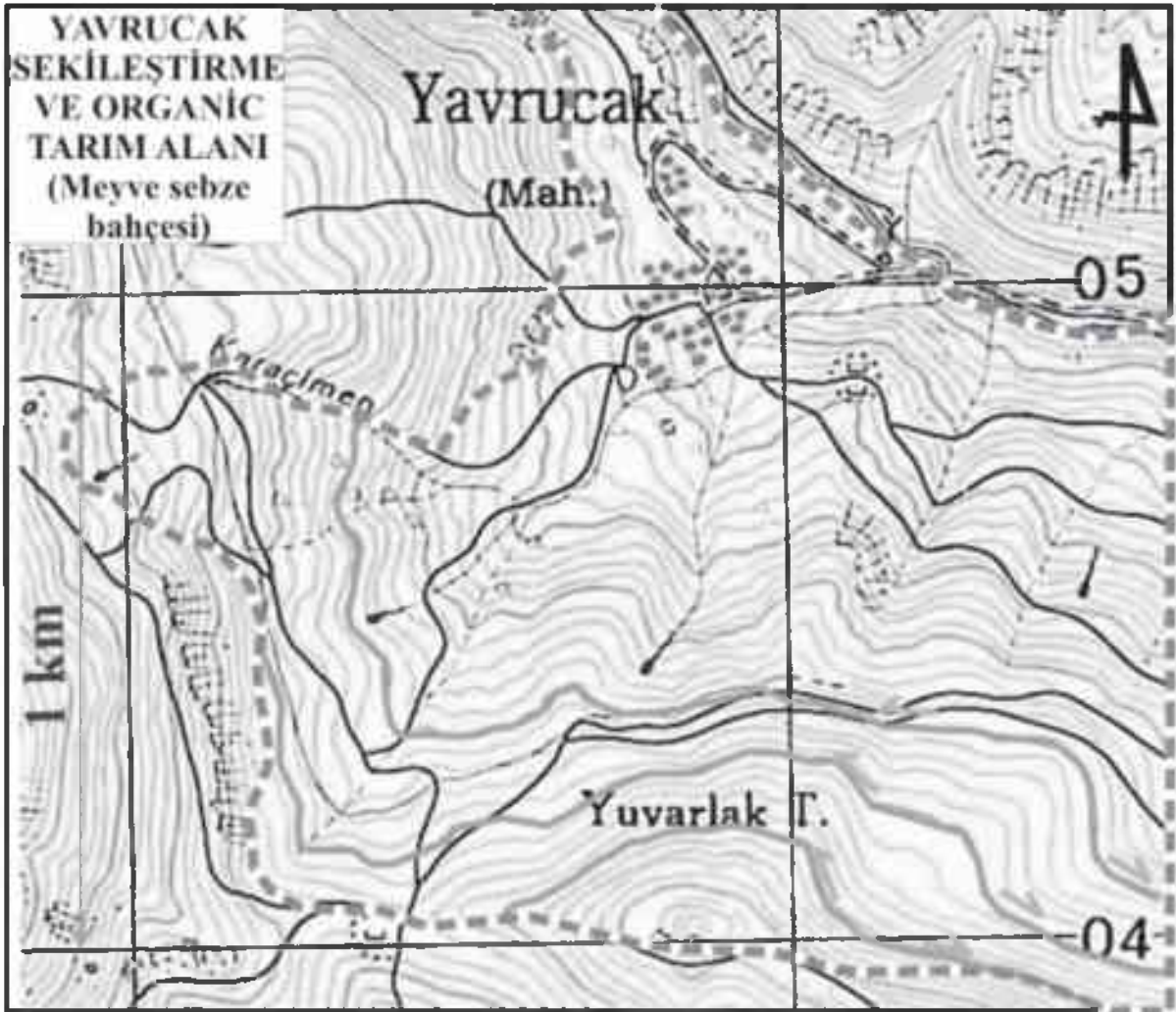


Şekil 7. Sekileştirme sistemi.  
Figure 7. Terracing system.

Çizelge 2. Sekileştirme sisteminin kazanımları.  
Table 2. Advantages of terracing system

No	L, m	Di, m	L <sub>toplam</sub> , m	Sekileştirme, \$/m	1,5
1	1 000	100	10 000	Gider, \$	390 405
2	1 180	210	45 780	Sulama (damlama)	1
3	1 060	210	47 040	Gider, \$	260 270
4	1 250	160	36 960	Fidan alımı, \$	195 203
5	900	260	55 900	<b>Toplam yatırım, \$</b>	<b>845 878</b>
6	910	310	56 110	İşçilik, pazarlama ve bakım, \$	468 486
7	150	80	8 480	Getiri, \$/fidan	20
L <sub>genel toplam</sub> , m			260 270	Toplam getiri, \$	1 301 350
Dikim aralığı, m			4	Fasulye nohut ve benzeri	260 270
Fidan adedi, -			65 068	<b>Toplam getiri, \$</b>	<b>1 561 620</b>





**Şekil 8.** Çalışma alanının duraysız ancak, sekileştirmeye uygun kesimlerinden görünümeler.  
**Figure 8.** Unstable grounds of the delineated area which are proper for terracing

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Örnek olarak Doğu Anadolu bölgesi alındığında seldâğınaklık-seki-enerji sisteminin ülke enerji gereksiniminin 2 katı ve fazlasının çevre dostu bir yöntemle (Toriçelli) sağlanabileceği açıkça görülebilmektedir. Organize-organik tarım ülke gereksiniminin birkaç katına çıkarılarak dışsattım gerçekleştirilebilecektir. Böyle bir ulusal proje seferberliği (1) borçları 4 yıl gibi kısa bir sürede sıfırlatırken (2) organize organik tarım dışsattımcı ülkelerin başında yer alınmasını sağlar. Bu sistemin kurulmasında haritadan sonraki ikinci önemli aşama jeoloji ve jeotekniktir.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akduman, L., 2003. Otoyol bileşenlerinin seçiminde seldâğınaklık sisteminin önemi: Pozantı E5 Ereğli kavşağı otoyolu. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 155 s.
- Dixon, J. A., Talbot, L. M., And Le Moigne, G. J. M., 1990. Dams and the Environment, considerations in world bank projects. World Bank Technical Paper Number 110.
- Faugli, P. E., 1999. The Aurland community and area, Western Norway-The impacts of hydropower development. International Commission on large dams (ICOLD), p. 347-364, Antalya-TURKEY.
- Håland, A., And Faugli, P. E., 1994. The Aurland hydropower development its impact on nature and the environment, Norwegian Journal of Geography, vol. 48, p. 81-84.
- Kroken, A., 1994. The socio-economic implications of the Aurland development project for the municipality of Aurland, Norwegian Journal of Geography, vol. 48, p. 71-74.
- McAllister, E. W. (Editor), 1993. Pipe line rules of thumb handbook. 3rd edition, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 542 p.
- Raddum, G. G., And Fjelheim, A., 1994. Impact of hydropower development on aquatic invertebrates, Norwegian Journal of Geography, vol. 48, p. 39-44.
- Teigland, J., 1999. Predictions and realities: impacts on tourism and recreation from hydropower and major road developments, Impact Assessment and Project Appraisal, vol. 17, p. 67-76.
- Yılmaz, İ., 1992. Hidrojeolojik araştırmalarda yükseklik ve süreksizlik etkenleri. Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni -14, 111-128.
- Yılmaz, İ., 1994. Sugücü ve doğal çevre ilişkisi üzerine. Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri Kitabı 2, 413-420, 17-22 Ekim 1994, İzmir.
- Yılmaz, İ., 1995. Significance of discontinuity survey in motorway alignment selection. Engineering Geology, 40, 41-48.
- Yılmaz, İ., 2003. Sel sorununa kalıcı çözüm. Kaynak Yayınları, 78 sayfa, Ankara.
- Yılmaz, İ., Akduman, L., and Leventeli, Y., 1998. A wide enough construction platform and new aquifer created by artificial dykes in a barren and highly dissected valley. Proceedings of the International Symposium on Geology and Environment. Organized by Chamber of geological Engineers of Turkey on the occasion of anniversary of the 50th Geological Congress of Turkey, pp 137-142.
- Yılmaz, İ., Çan, T., and Yılmaz, Ö., and Duman T., 2002. How to produce more energy through pipeline system. International Environmental Conference on Environmental Problems of the Mediterranean Region, 12 - 15 April, Near East University, Nicosia, North Cyprus.
- Yılmaz, İ., Yılmaz, Ö., Akduman, L., Leveneli, Y., Şimşek, V., & Ertunç A., 2001. Artificial dike method to create a construction platform and a new aquifer. The 4th International Symposium on Eastern Mediterranean Region Geology, May 21-25 '01, Isparta/Turkey, p. 67.

## Antalya Tufa Platolarının Oluşumu ve Jeomorfolojik Özellikleri Origin and Geomorphological Properties of Antalya Tufa Plateaus

\*Nihat DIPOVA, \*\*Mustafa YILDIRIM,

\*Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 07050 Topçular, Antalya,

E-posta: ndipova@akdeniz.edu.tr

\*\*Akdeniz Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,

07050, Topçular, Antalya, E-posta: mus\_yildirim@kablonet.com.tr

### ÖZ

Antalya kentinin de üzerine kurulu olduğu ve 6.30 km<sup>2</sup> alan kaplayan düzlükler dünyanın en geniş tufa (traverten) platosunu oluşturmaktadır. Literatüre "Antalya traverteni" olarak geçen birim, bazı yeni çalışmalarda "tufa" olarak adlandırılmaktadır. Antalya Tufası, deniz seviyesinden itibaren kuzeye doğru basamaklı düzlükler (platolar) halinde gözlenmektedir. Bu platolar; birisi deniz altında olmak üzere 4 ana plato olarak sınıflanmış ve bu 4 plato içinde 10 alt plato ayırt edilmiştir.

Platoların oluşumunda; birincil çökelim süreçleri, yüzey erozyonu ve deniz seviyesi değişimine bağlı gelişen kıyı erozyonu etkili olmuştur. Birinci platonun oluşumu, muhtemelen tünek kaynak hattı modeli ile başlamasına rağmen, egemen olarak gölsel modelle devam etmiştir. Mevcut yüzey şekli, platonun aşınması ve karstlaşması ve sonrasında terra-rosa oluşumu ile gelişmiştir. İkinci plato, denizin aşındırması ile gelişmiş abrazyon platformlarının deniz seviyesinin alçalması sonrasında yüzeye çıkması ile oluşmuştur. Platonun son şekillenmesinde aşınma, paludal ve menderesli nehir çökelleri etkili olmuştur. Üçüncü platoda; yamaçta gelişmiş, mikroteras yapıları, stromatolit kafaları ve bunların aralarında gelişen oolitik tufalar belirlenmiştir. Plato tanımına tam olarak girmeyen bu birimde karst kenar ovası oluşumu da aktif halde gözlenmektedir. Dördüncü plato ise eski bir abrazyon platformu olup deniz seviyesinin tekrar yükselmesi sonucu deniz altında kalmıştır.

Bu çalışmada bölgeye ait sayısal topoğrafik haritalar bilgisayar ortamında analiz edilerek, 3 boyutlu yüzey modeli elde edilmiş, platoların sınırları belirlenmiş ve buna göre sayıları belirlenerek gruplamalar yapılmıştır. Platoların şekillenmesinde etkili olacak jeolojik süreçler irdelenerek tüm platoları kapsayan birleştirilmiş model sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Antalya, plato, sayısal harita, tufa.

### ABSTRACT

Antalya Tufa plateaus, on which Antalya city established, cover 630 km<sup>2</sup> area. Antalya tufa is known as the largest tufa (travertine) deposit all over the world. In the literature it was named as "travertine", however, in some recent papers tufa term is preferred. Antalya tufa is observed as plateaus in increasing elevations northward. These plateaus are grouped into four principal plateaus and ten sub-plateaus.

In the formation of the plateaus, primary depositional, surface erosion and coastal erosion related to sea level change was the most effective models. The first plateau is product of dominantly lacustrine depositional environment, however the first tufa deposition most probably started in perched springline

*model The present surface was shaped surface erosion and leveling with terra rosa infilling. The second plateau was formed as abrasion platform due to wave erosion. After sea level decrease this abrasion platform became a plateau. In the final planar appearance, paludal and meandering river depositional models played secondary role. In the third plateau, tufa pools, stromatolit heads and oncolites were determined. This unit is not a perfect plateau. Karst marginal plane development is observed in the present. The fourth plateau was formed as an abrasion plateau as well and due to sea level rise it is an undersea plateau in the present.*

*In this study, digital topographical maps were analyzed. 3 dimensional surface model was constructed and boundaries of the plateaus were determined. Geological processes, which are probably effective in plateau formation, were examined and a final unified model was proposed for all the plateaus.*

**Keywords:** Antalya, digital maps, plateau, tufa.

## GİRİŞ

Antalya kentinin üzerinde kurulu olduğu düzlükler 630 km<sup>2</sup> olup dünyanın en geniş tufa (traverten) çökeli özelliğini taşımaktadır (Pentecost, 1995). Literatüre "Antalya traverteni" olarak geçen birim, 1990 lı yıllarda önerilen yeni sınıflama sistemlerine dayanılarak bazı yeni çalışmalarda "tufa" olarak adlandırılmıştır.

Antalya Tufası, Akdeniz kıyısından kuzeye doğru artan yükseltilerde platolar halinde gözlenmektedir. Bu platoların oluşumu için önceki çalışmalarda (Darkot ve Erinç, 1951; Burger, 1990; Glover ve Robertson, 2003); tektonik, birincil oluşumsal, aşınmalı, deniz seviyesi değişimine bağlı erozyon gibi gerekçeler ileri sürülmüştür. Önceki çalışmalarda üç, dört, beş ve on iki olarak gruplanan düzlüklerin birisi deniz altında olmak üzere 4 ana plato olarak sınıflanması ve bu 4 plato içinde küçük yükseklik farklarından oluşan düzlüklerin alt platolar olarak ayıklaması daha yerinde olacaktır. Bu işlemi gerçekleştirmek için bölgenin topoğrafik sayısal haritaları elde edilmiş ve ArcView 3.1 GIS bilgisayar yazılımı kullanılarak arazi sanal ortamda üç boyutlu hale getirilmiştir. Plato düzlemlerini en iyi ortaya çıkaracak yükseklik aralıkları belirlenmiş ve farklı yükseltilerdeki düzlemler ve düzlemler arası şevler ayrılmıştır.

Belirlenen bu plato sınırları uydu görüntülerinde ve arazide kontrol edilmiştir.

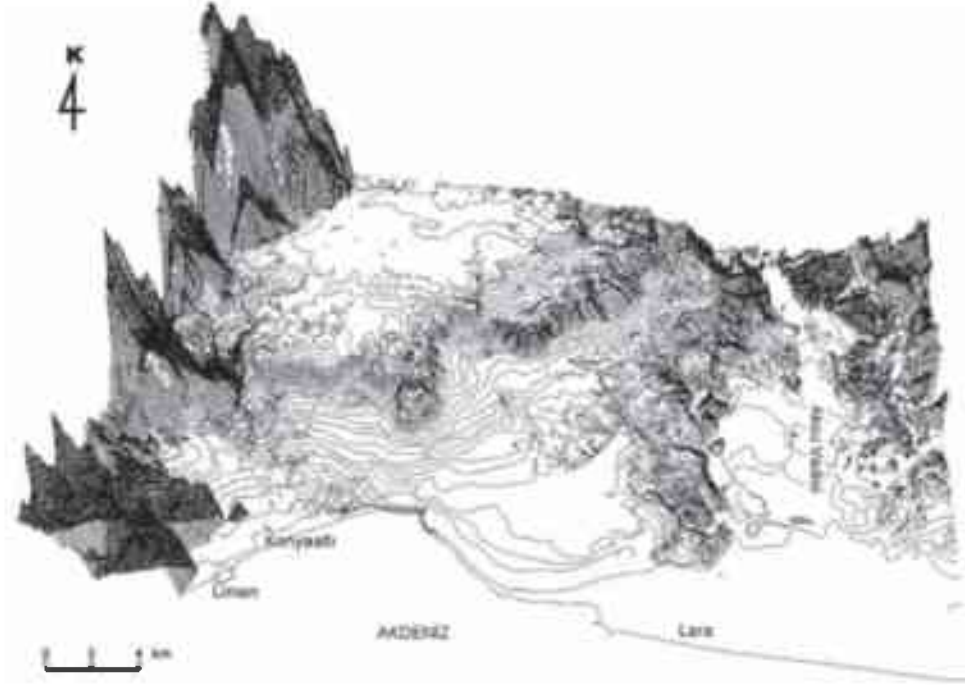
## JEOLOJİ

Önceki çalışmalarda "traverten" olarak tanımlanan kaya birimi, ılık su çökeli olması ve çökeliimindeki biyojenik köken nedeni ile, "Antalya Tufası" olarak adlandırılmıştır (Dipova, 2002; Glover ve Robertson, 2003). Tufa birimini çevreleyen kalker ağırlıklı kayalardan, CO<sub>2</sub> içeren bünye suyunca çözünen karbonatlar, yeraltısu yolları ile taşınmaktadır. Yeraltısuyunun yüzeye çıktığı yerlerde ise, CO<sub>2</sub> havaya karışmakta, basınç düşmesi ve mikroorganizmaların etkisi ile kalsiyum, tufa şeklinde çökelmektedir.

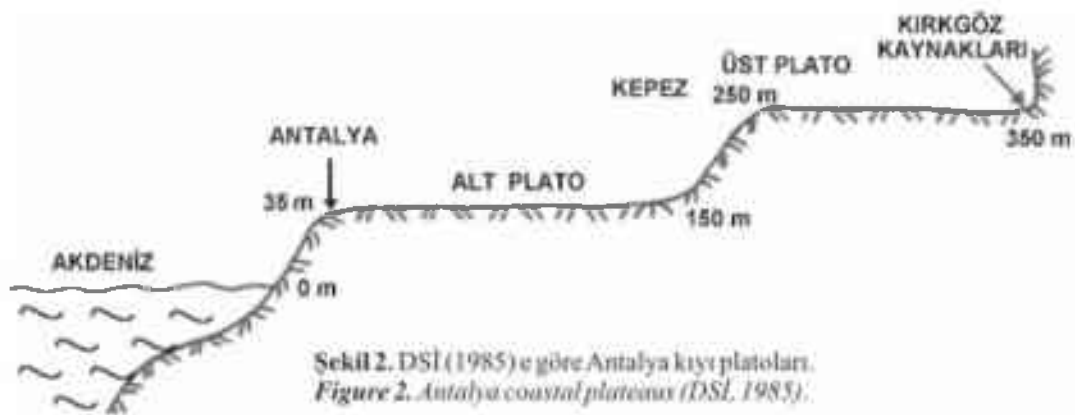
Antalya tufası 4 ayrı çökeltme sisteminde gelişmiştir. Bunlar; gölsel, akarsu, çağlayan ve paludal sistemleridir. Antalya'nın doğusundaki Düden çağlayanında, çağlayan tipi çökeltim gerçekleşmektedir. Düden Çayı'nın denize döküldüğü yerde, çağlayanın arkasında ise düşey perde şeklinde çökeltim yapıları görülmektedir. Düden çayının yatağı bir yatak düzenlemesi ile bu günkü halini almadan önce örgülü nehir sistemi egemendi. Düden Çayı yatağı sürekli değişerek, menderesli ve örgülü nehir çökelleri oluşturmuş ve falezler boyunca farklı alanlarda çağlayanlar

şeklinde denize akmıştır. Bugünkü falçezler boyunca eski çağlayan modeli çökelim yapılarını görmek mümkündür. Çağlayanların arkasında ve iç kısımlarında irili ufaklı göller oluşmakta, bu göllerden taşan sular yeni küçük çağlayancıklar oluşturmaktadır. Değişik çökeltme sistemleri, yatay ve düşey boyutta, düzensiz şekilde sıkça

değişiklik göstermektedir. Oluşum modeli kayacın mekanik özelliklerinde de etkili olmaktadır. Farklı dokularda kayalar ve ayrık zemin davranışı gösteren çökeller bir arada olabilmektedir. Bu durum kayacın mühendislik özelliklerinin belirlenmesi öncesi ayrıntılı bir jeolojik model üretilmesini gerekli kılmaktadır.



Şekil 1. Antalya tufa platoları ve Aksu Vadisinin üç boyutlu görünümü.  
Figure 1. 3 dimensional view of Antalya tufa plateaus and Aksu Valley.



Şekil 2. DSI (1985) e göre Antalya kıyı platoları.  
Figure 2. Antalya coastal plateaus (DSI, 1985).

## JEOMORFOLOJİ

Antalya tufası, batıda ve kuzeyde Beydağları ile, doğuda Aksu Nehri, güneyde ise Akdeniz ve Akdeniz kıyısında gelişen kıyı düzlükleri ile çevrilidir. Üzerine çökelim imkanı bulduğu Aksu yarı grabeni (Glover and Robertson, 1998), günümüzde batısı tufa ile sınırlanmış bir vadi niteliğindedir (Şekil 1).

Antalya tufası çökelinin gerçekleştiği Aksu baseninin oluşumu Anadolu Yarımadası'nın tektonik gelişimi ile ilintilidir. Tektonik etkilerle Anadolu bloğunun batıya doğru hareket etmesi ve sıkışma sonucu oluşan yükselme ile Aksu Havzası'nın yarı graben şeklinde açılması neticesinde Antalya'nın batısında alçalma doğusunda ise yükselme olmuştur. Açılan bu yarı graben içinde Antalya Tufası çökelmiştir (Glover and Robertson, 1998). Karasal çökelim ürünü olan tufa deniz seviyesinin yükselmesi ile deniz altında kalmıştır. Denizel aşınma platoların şekillenmesine katkı sağlamıştır. Holosen sonrası dönemde östatik ve göreceli deniz seviyesi değişimleri bunda rol oynamıştır. Son 15 000 yılda östatik deniz seviyesinin yaklaşık 100 m yükselmesi sonucunda, tufanın güney kısmı (Dördüncü plato) deniz altında kalmıştır. Bu göreceli deniz seviyesi değişimi Antalya'nın batısında Teke yarımadasında batmaya neden olmuştur. Böylece Teke Yarımadası'ndaki eski kara topografyası boğulmuş kıyı yapıları ile koy ve körfezlere dönüşmüştür. Bu koy ve körfezler akarsuların taşıdığı malzemelerle dolmaya başlamış, sonuçta lagünler ile yer yer bataklık alanlı kıyı ovaları gelişmiştir (Öner, 1997). Doğu kısımda ise deniz seviyesi yükselmesi, karadaki yükselmenin daha az hissedilmesine neden olmuştur. Sınırlı birkaç alan dışında lagün oluşumu gerçekleşmemiştir. Doğu kısım, daha çok genç denizel kaya birimlerinin yükselmiş ve yer yer alçak falezli yapıları ile karakterize olmuştur.

## PLATOLARIN SAYISI

Antalya tufa platoları için farklı çalışmalarda, çalışmanın amacına bağlı olarak, farklı gruplamalar yapılmıştır. Aşağıda önceki çalışmalar özetlenmekte, bölüm sonunda ise gerçekleştirilen sayısal harita analizi sonuçları verilerek, platoların sayısı ve bu platoların sınırlarını içeren birleştirilmiş bir model sunulmaktadır.

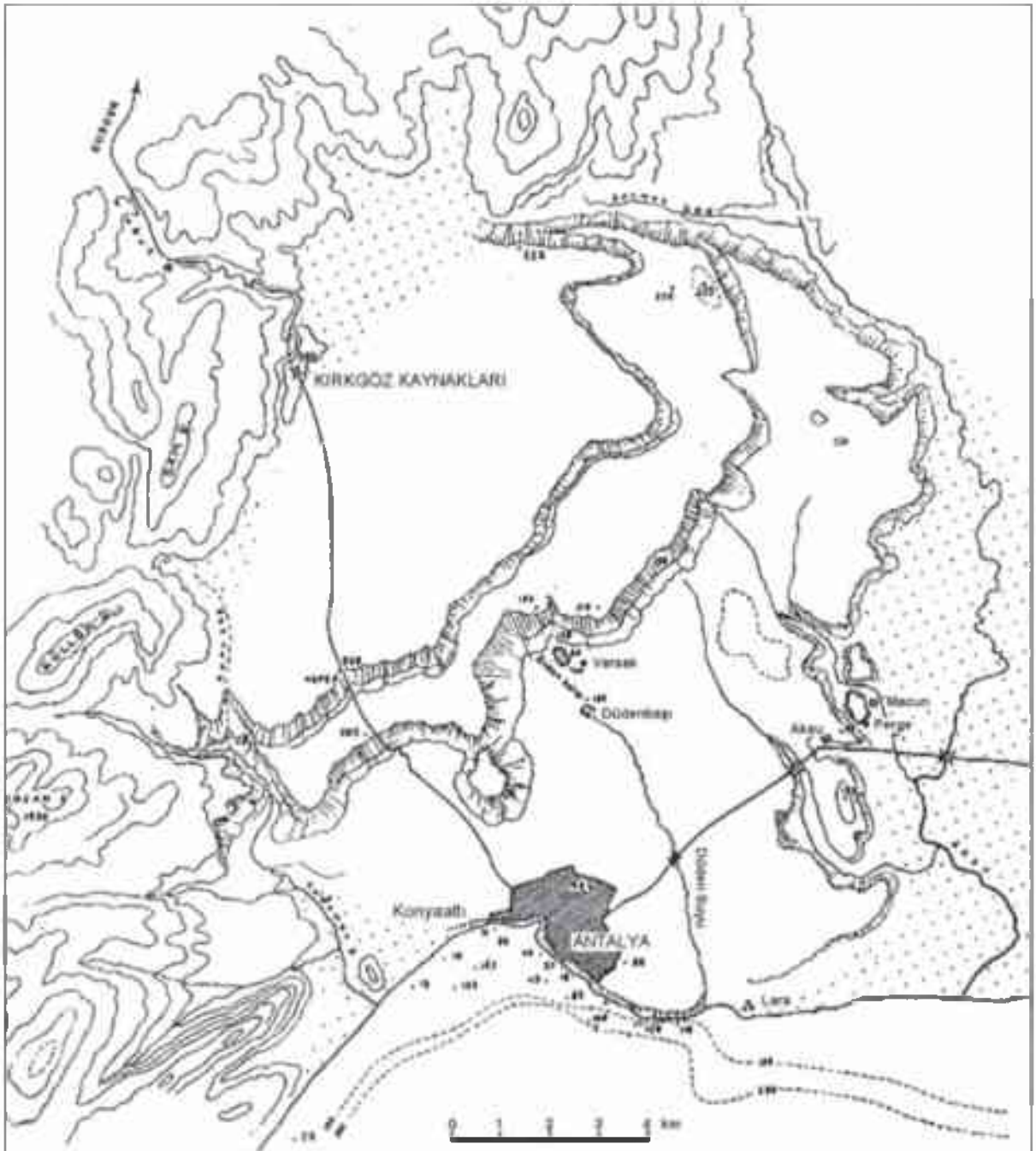
DSİ (1985) tarafından yapılan "Antalya-Kırkgöz Kaynakları ve Traverten Platosu Karst Hidrojeolojik Özellikleri" çalışmasında platolar ikiye ayrılmıştır. Denizden itibaren 250-350 m kotlar arası için "Üst Plato", 35-150 m kotlar arası için "Alt Plato" tanımlaması yapılmıştır (Şekil 2). Ayrıca deniz altında da bir platonun varlığından söz edilmektedir.

Darkot ve Erineç (1951), Antalya Travertenini (tufa) "Toros eteklerine dayanmış ve birbirinden keskin bir şekilde ayrılmış üç basamaktan mürekkep bir merdiveni andıran taraçalı bir yapı" olarak tanımlamıştır (Şekil 3).

Nossin (1989), SPOT sayısal uydu görüntüleri üzerinde yaptığı değerlendirmeler sonucunda traverten (tufa) platolarını iki ana gruba ayırmıştır. Bu iki grup içinde de biri deniz altında olmak üzere 5 ayrı platoya ayırmıştır (Şekil 4).

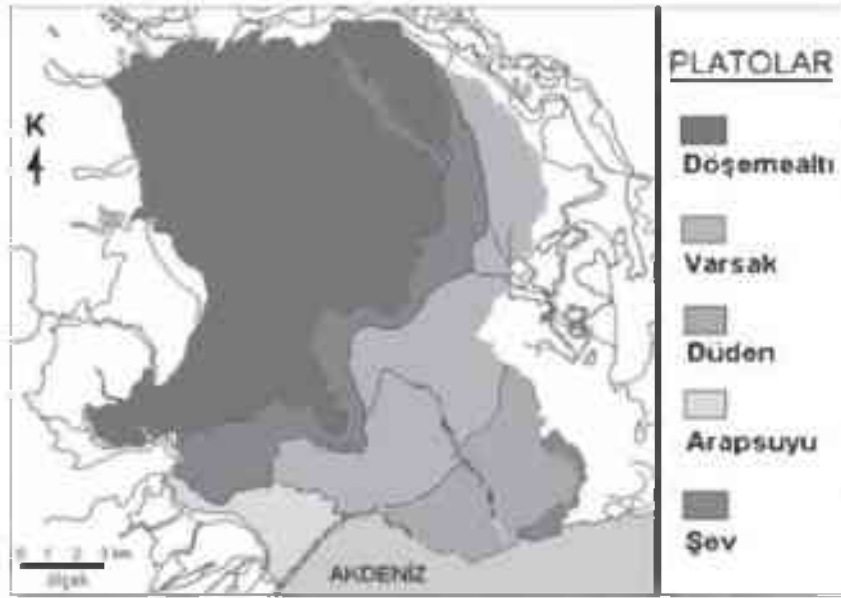
Burger (1990), düzlükleri deniz seviyesinden 110 m kotuna kadar "alt grup", 200 m ile 310 m arasına kadar "üst grup" olmak üzere iki ana gruba, bu iki grubu da kendi içinde 8 alt gruba ayırmıştır (Şekil 5).



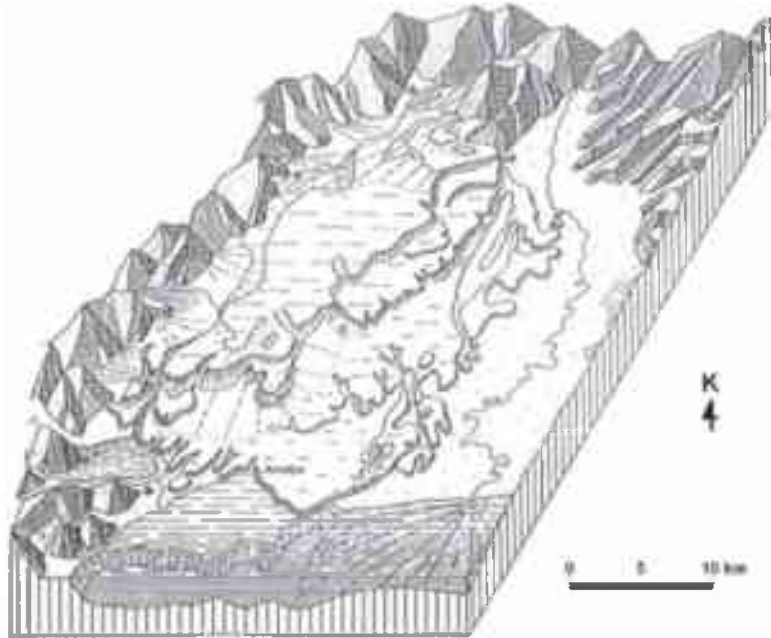


**Şekil 3.** Darkot ve Erinç (1951) e göre Antalya kıyı platoları.  
**Figure 3.** Antalya coastal plateaus (Darkot ve Erinç, 1951).





Şekil 4. Nossin (1989) 'e göre Antalya kıyı platoları.  
Figure 4. Antalya coastal plateaus (Nossin, 1989).



Şekil 5. Burger (1990) 'e göre Antalya kıyı platoları.  
Figure 5. Antalya coastal plateaus (Burger, 1990).

### Sayısal Harita Analizi

Yukarıda özeti verilen önceki çalışmalardaki bulgular; yayınların yapıldığı dönemin teknolojik olanakları ölçüsünde ve çoğunlukla gözlemsel değerlendirmeler ile elde edilmiştir. Bu çalışmada, sayısal haritaların bilgisayar ortamında analizi sonucunda daha hassas bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır. Antalya tufa platolarını içine alan, 1:25000 ölçekli, O25a4, O25a3, O25b4, O25b3, O25b2, O25b1, O25a2, O25a1, O24b2, N25d4, N25d3, N25c4, N25c3 paftaları birleştirilmiş ve ArcView 3.1 GIS bilgisayar programında ArcView 3D Analyst modülü kullanılarak çalışma bölgesinin TIN (Triangulated Irregular Networks) yüzey modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yüzey modeli raster formata (grid) dönüştürülmüş ardından z faktörü 10 alınarak 3 boyutlu yüzey modeli elde edilmiştir. Arazi gözlemleri de dikkate alınarak plato ve şev sınırları belirlenmiştir. Tüm platoları içine alan bölge için bir eğim haritası hazırlanarak şevli bölgeler belirlenmiştir. Platoları hassas bir şekilde ortaya çıkaracak yükseltmeler belirlenmiş ve 3 boyutlu blok diyagram üzerinde sunulmuştur (Şekil 6). Çizelge 1 de ise elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

Birinci ve ikinci platolar ve bunların alt grupları sadece yükseklik farklarına göre

belirlenmiştir. Üçüncü grup ise diğerlerine göre plato özelliği sunmamakla birlikte ayrı bir grup olarak ele alınmıştır. Oluşum biçimi ve jeomorfolojik yapısı nedeni ile bu ayrım uygun görülmüştür. Dördüncü düzlük ise Antalya platolarını çalışın tüm araştırmacıların ortak görüşte birleştikleri şekilde deniz seviyesi yükselmesi sonucu deniz altında kalmış bir platodur. Sayısal harita, uydu verisi ya da doğrudan gözlem olanaklı olmadığından bu plato sınırları batimetri haritası yardımı ile belirlenmiştir (Şekil 7).

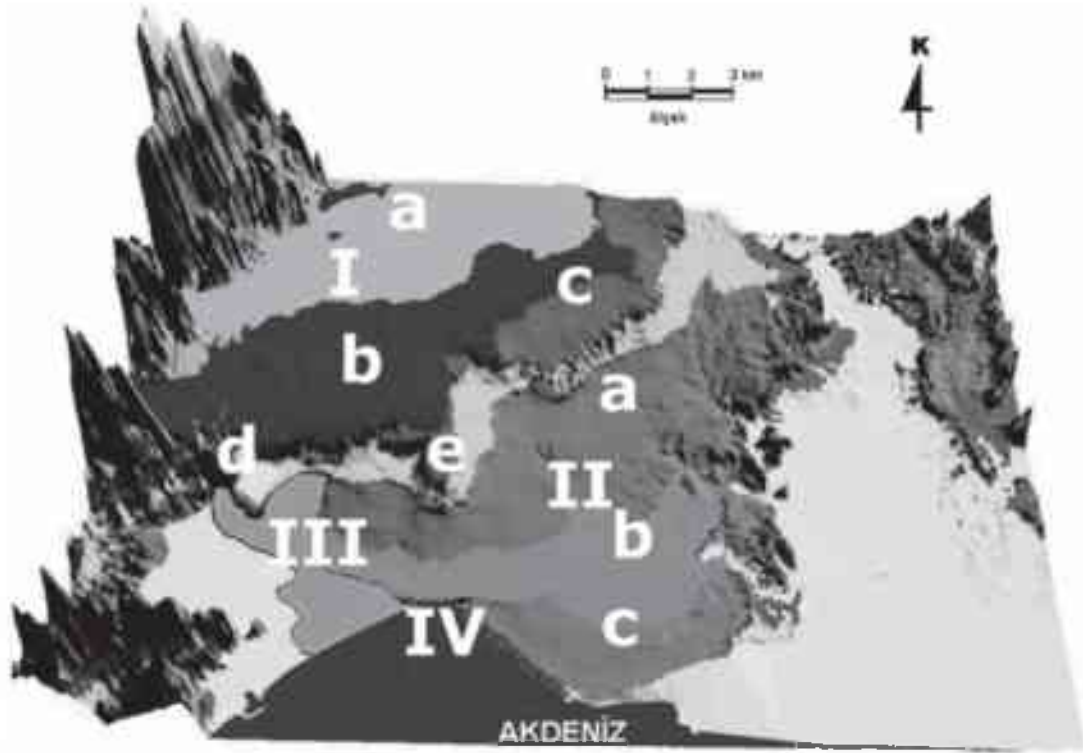
### PLATOLARIN OLUŞUMU

Antalya tufasının basamaklı yapısı çeşitli araştırmacılar tarafından (Darkot ve Erinc, 1951; Burger, 1990; Glover ve Robertson, 2003) incelenmiştir. Bu görüşler aşağıda özetlenmiştir. Platoların oluşumu ile ilgili yorumlar yapılmamakla birlikte Pedley (1990) tarafından oluşturulan tufa oluşum modellerinin Antalya Tufası için uyarlanması amacı ile yapılmış çalışmaların (Dipova, 2002; Glover ve Robertson, 2003) plato oluşumu açısından değerlendirmeleri de yapılacaktır. Ayrıca platoların şekillenmesine katkı koyma ihtimali açısından tektonik gerekçeler de irdelenecektir. Bölüm sonunda tüm bu değerlendirmeler ışığında birleştirilmiş model sunulacaktır.

**Çizelge 1.** Antalya tufasında sayısal harita analizi sonucu belirlenen platolar.

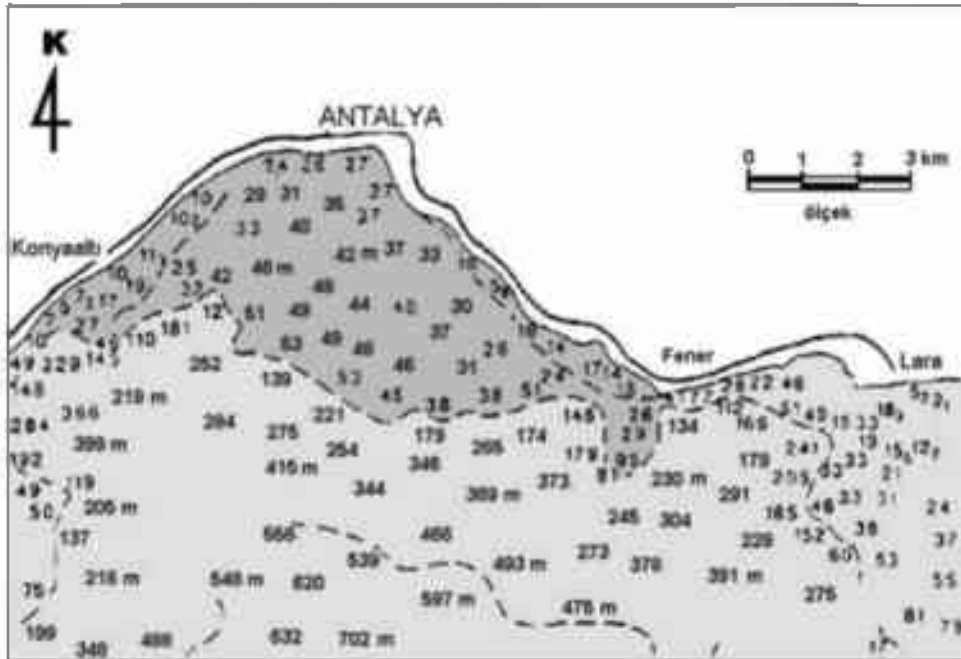
**Table 1.** Plateaus of Antalya Tufa determined as a result of analysis of digital map.

NO	ANA PLATO	Alt Plato	Yükseklik (m)	
1	BİRİNCİ PLATO	a	Kırkgöz	280-...
		b	Döşemealtı	250-280
		c	Masadağı	240-250
		d	Kızıllı	200-220
		e	Aşağıkaraman	130-140
2	İKİNCİ PLATO	a	Varsak-Kepez	60-100
		b	Meltem-Koyunlar	45-60
		c	Düden	35-45
3	ÜÇÜNCÜ PLATO	Arapsuyu		
4	DÖRDÜNCÜ PLATO	Denizaltı Platosu	(-25)-(-50)	



Şekil 6. Sayısal harita analizi sonucu elde edilen plato sınırları.

Figure 6. Boundaries of plateaus determined from analysis of digital maps.



Şekil 7. Batimetri haritasından elde edilen deniz altı platosu

Figure 7. Undersea plateau determined from bathymetry map.

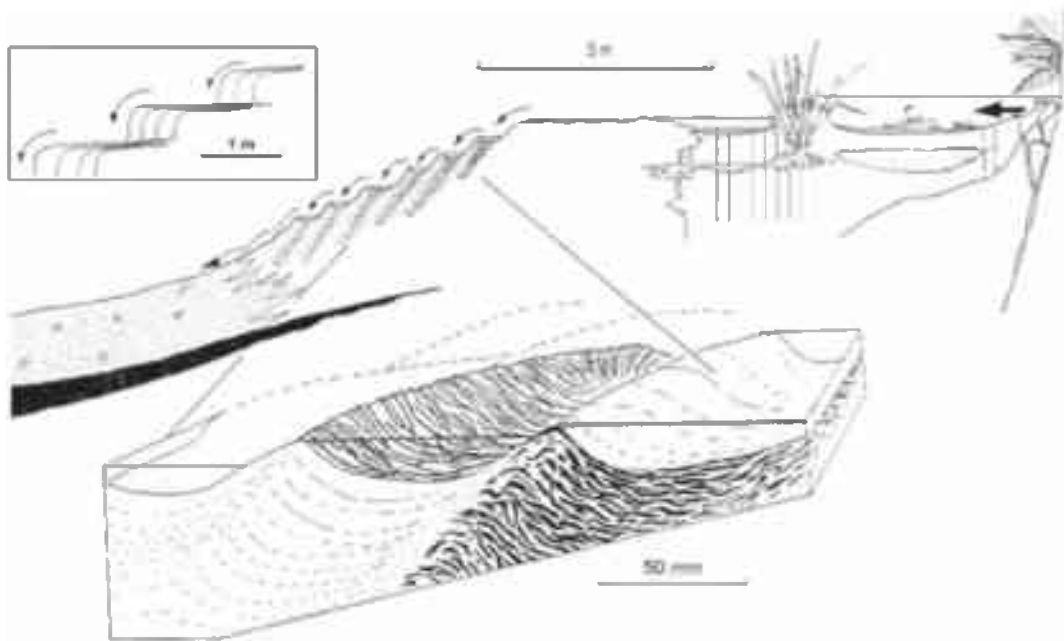
### Birincil Oluşum:

Bu bölümde Pedley (1990) tarafından geliştirilen ve Dipova (2002) ve Glover ve Robertson (2003) tarafından Antalya tufasına uyarlanan tufa oluşum modellerinin tufa düzlüklerinin oluşumundaki rolü irdelenecektir.

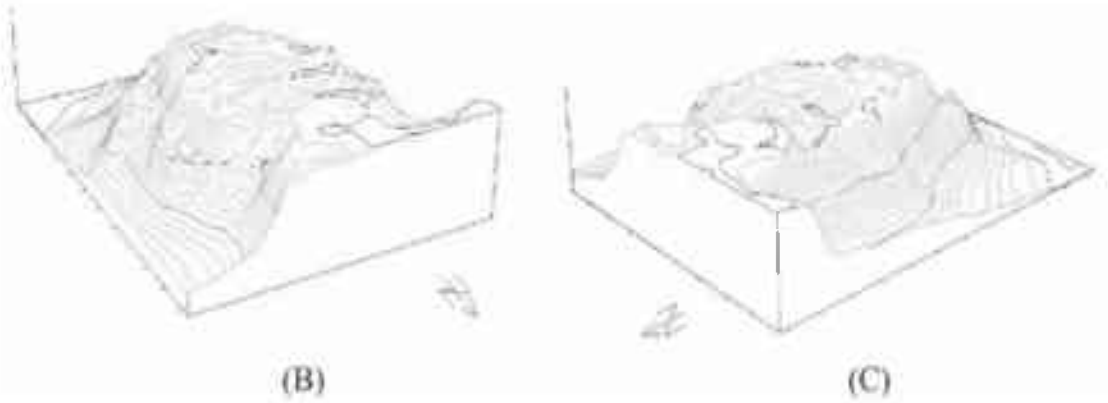
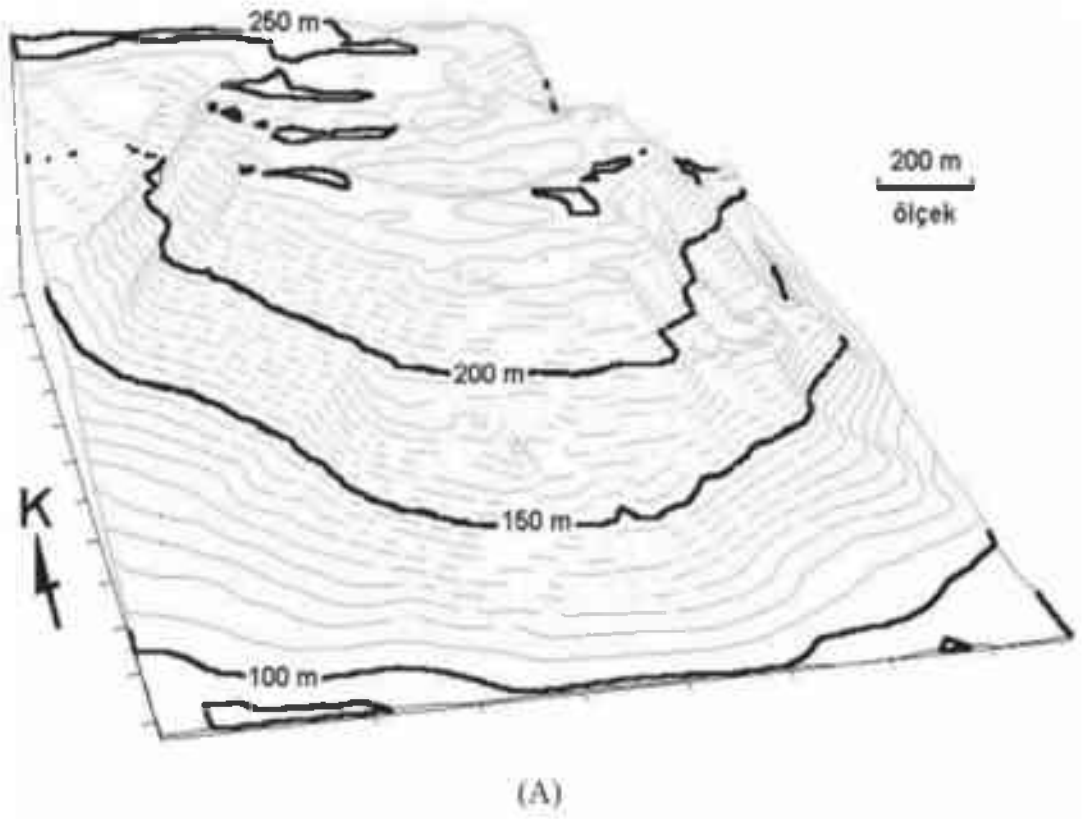
a) Gölsel çökeltme ortamı: Geniş gölsel ortamlarda yatay ve yataya yakın, kalın tabakalı masif tufa çökeltimi mümkün olmaktadır. Birinci ve ikinci platoda açılan derin kazılarda bu türde tufa tabakaları belirlenmiştir. Glover ve Robertson (2003) özellikle birinci platonun kaynak (Kırkgözler) kotuna yakın oluşu nedeni ile, bu platonun gölsel kökenli birincil oluşumsal olduğunu savunmaktadır. Burger (1990) aşınma izleri nedeni ile bu platoyu erozyonel olarak tanımlasa da kaynak kotu ile karşılaştırıldığında bu erozyonun fazla olmadığı görülmektedir.

b) Tufa havuzcukları içinde çökeltim: Pedley (1990) da tanımlanan tünek kaynak hattı modeli, bir yamaçta gelişen ve üzerinde kurna şekilli

gölcüklerde tufa çökeltiminin gerçekleştiği bir modeldir (Şekil 8). Bu şekilde oluşumda, planda yelpaze, kesitte ise kama şekilli oluşum genişleyerek üzeri düzgün bir şekle dönüşür. Bu model Antalya'dan iyi bir örnek, adını bir masa şeklini andırdığı için alan, Masadağı'dır. Üstteki düz görünüm ayrıntılı incelendiğinde kurna şekilli çukurluklardan oluştuğu görülmektedir. Bu çukurluklar 400 m genişliğe, 30-35 m derinliğe kadar ulaşmaktadır. 1:25.000 lik topografik haritada Recep Çukuru, Armutlu Çukuru, Geyikli Çukur, İnceler çukuru gibi adlar verilmiştir. Bu alan günümüzde yapılaşmaya açılmıştır. Ancak eski tarihli topografik haritadan yararlanılarak üç boyutlu modellenenmiştir (Şekil 9). Burger (1990) bu oluşumlara "traverten baseni" adını vermiş ve bunları "birincil oluşumsal" olarak değerlendirmiştir. Bu sistemdeki oluşum tipi, bir yamaçta gelişen tufa oluşumu için başlangıç teşkil etmesi açısından önemlidir. Ancak üzerindeki düzlük genişleyip eğim azaldığında, yerini geniş gölsel ortamlara yada akarsu modellerine bırakmaktadır.



Şekil 8. Tünek kaynak hattı oluşum modelinde kurna çökeltimi ile düzlüklerin oluşması Pedley (1990).  
Figure 8. Precipitation in ponds and formation of plateaus in perched springline model Pedley (1990).



Şekil 9. Masadağı üzerinde düzlük oluşumu ve kurna çukurları  
 Figure 9. Plateau formation on Masadağı and empty tufa ponds.

c) Çağlayan tipi oluşum modeli: İrili ufaklı göllerde tufa çökelişi sürerken, yamaç aşağı gölü sınırlayan setlerden taşan su çağlayanları oluşturur. Çağlayanların yüksek enerjili ve türbülanslı ortamında fiziko-kimyasal ve biyojenik çökeltim ile düşey tufa perdeleri oluşabilir (Şekil 10). Bu perdelerin ön sahanlığında düzlük oluşabilir. Ancak bunlar

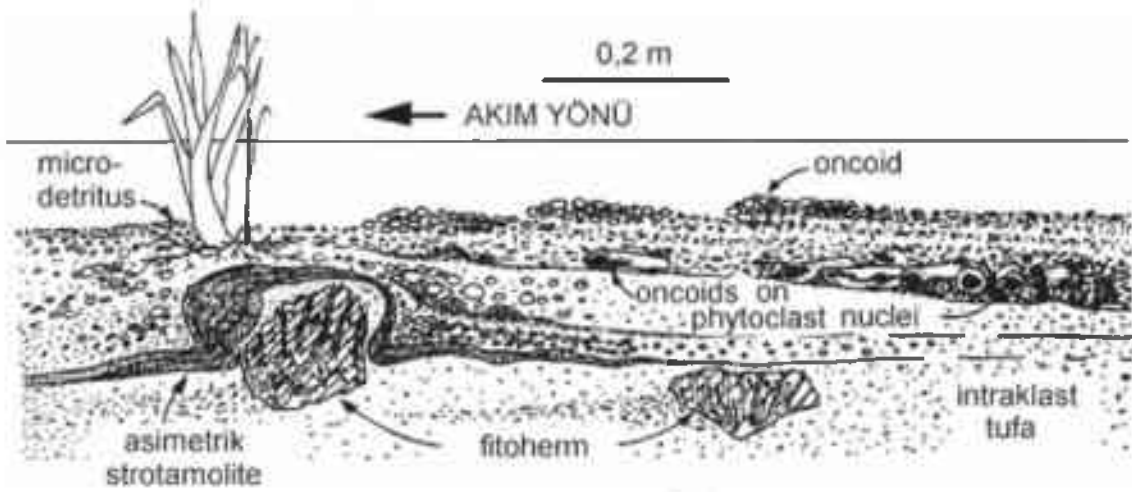
deniz kıyısında aşınma sonucunda korunamadıklarından jeolojik kayıtlara girememektedir. Bunlar, Antalya tufasında plato oluşturacak önemde değildirler. Şekil 11' de görülen ve 1930' larda mevcut olan düşey perde çağlayan tipindeki tufa çökelleri günümüzde gözlenmemektedir.



**Şekil 10.** Fener mevkiinde çağlayan tipi tufa oluşumu.  
**Figure 10.** Cascade model tufa formation around Fener region



**Şekil 11.** Paşakavaklar mevkiinde 1930' lara kadar aktif olan çağlayanlar.  
**Figure 11.** Cascade environment which was active until 1930s around Paşakavaklar region.



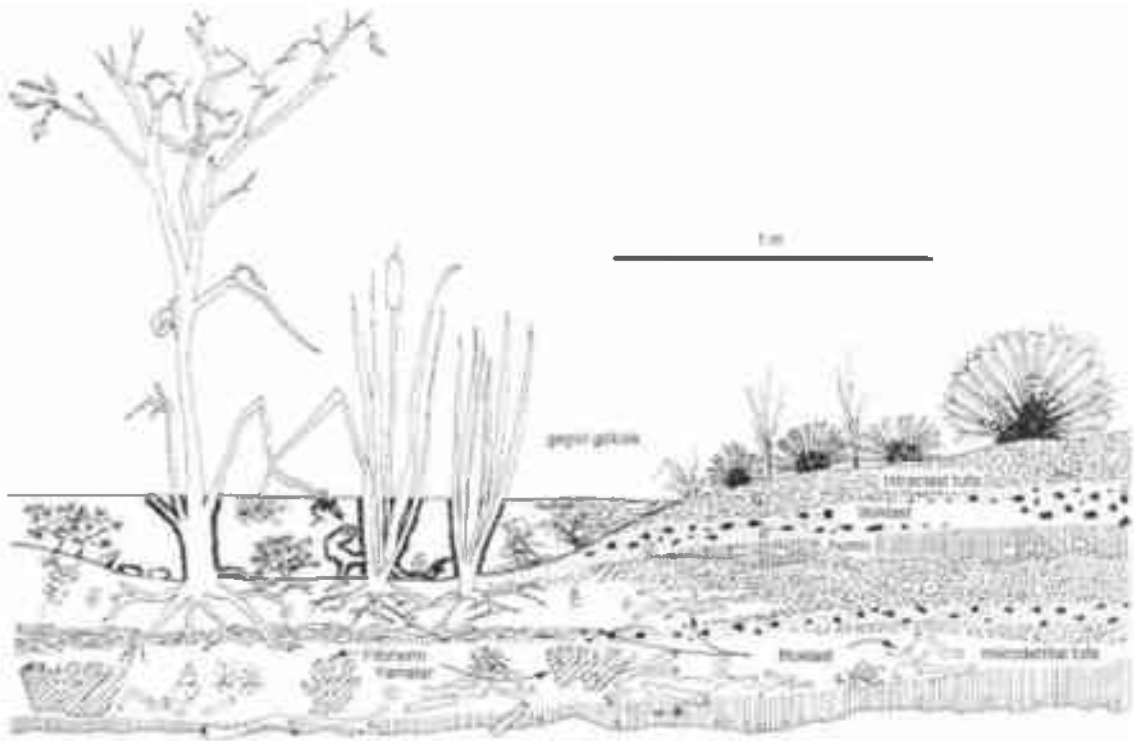
Şekil 12. Örgülü akarsu ortamında tufa oluşumu (Pedley, 1990).

Figure 12. Tufa formation in braided river environment (Pedley, 1990).

d) Menderes yada örgülü nehir modeli: Tufalar, diğer çökelim sistemleri ile belli bir kalınlığa ulaştıktan sonra, havza içinde taşınan tufa kırıntıları akarsu ortamında tekrar çökebilir (Şekil 12). Tufa tanecekleri (litoklast), hidrolik eğimin düşük olduğu alanlarda menderesli ya da örgülü nehir biçiminde çökerek geniş düzlükler oluşturabilirler (Pedley, 1990). Bu çökelim biçimi özellikle ikinci platonun üst seviyelerinde (Düden Alt Platosu) gözlenmektedir. Düden Çayı 19. yüzyılın sonlarında yatak düzenlemesi ile islah edilene kadar Düden platosu üzerinde düzensiz akmış ve menderesli nehir sisteminde tufa çökelimi gerçekleşmiştir. Düden alt platosundaki intraklast ve litoklast tufalar menderesli nehir çökelim sistemi ürünüdürler. Açılan araştırma çukurlarında intraklast tufa içinde fitoklast parçaları, onkoidler ve çapraz tabakalanma yapılarına rastlanmaktadır. Bu tür çökeller mühendislikte de sorunlu zemin olarak değerlendirilen "çökebilin zemin" olarak tanımlanmaktadır (Dipova, 2002).

e) Paludal oluşum modeli: Tufa havzası içinde küçük kanallarla beslenen küçük ve çoğunlukla geçici gölcüklerde tufa oluşumu devam edebilmektedir. Bu tür gölcüklerde fazla su çoğunlukla tahliye olmamakta ve tabandan sızmaktadır. Gölcük içindeki biyolojik aktivite suyun pH'ını değiştirerek tufa çökelimine neden olmaktadır (Şekil 13). İnceleme alanında açılan araştırma çukurlarında intraklast tufa katmanları içinde fitoklastlar yaygın olarak gözlenmektedir. Bu tür gölcükler tufa çökelimi ile dolmakta, bu mekanizmanın yanal yayılım göstermesi ile de düzlükler oluşmaktadır. Düden alt platosunun üst tabakanın oluşumunda bu çökelim modeli önemli yer tutmaktadır. 1930 lu yılların topoğrafik haritalarında göl ya da bataklık olarak gösterilen alanlar günümüzde imara açılmış ve bu alanlardan birine Göl Mahallesi adı verilmiştir. Günümüzde Düden nehri yakınlarında birkaç küçük gölcükte bu model aktif olarak gözlenebilmektedir (Şekil 14).





Şekil 13. Paludal ortamda tufa oluşumu (Pedley, 1990).

Figure 13. Tufa formation in the paludal environment (Pedley, 1990).

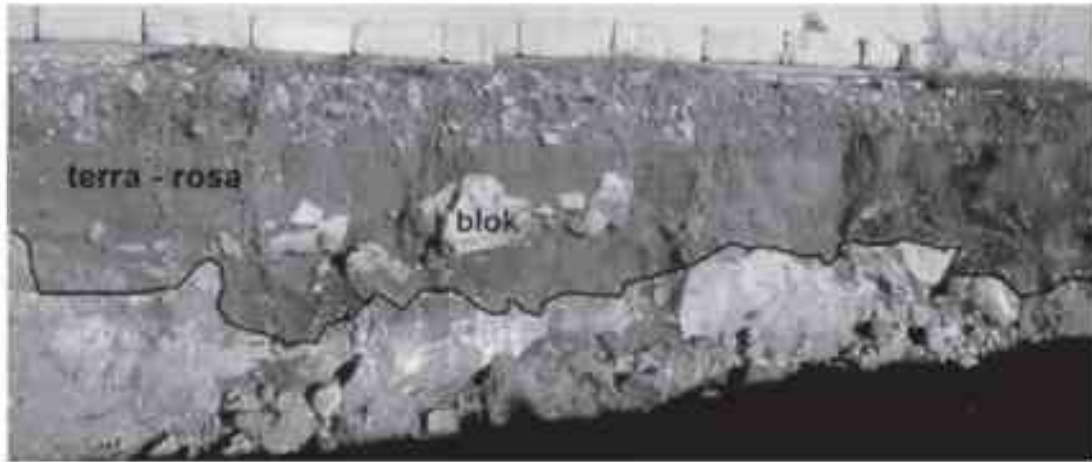
### Karstlaşma

Karbon dioksit ( $CO_2$ ) yağmur suyu ile birleşerek karbonik asiti oluşturur. Karbonik asit yüzeyden kaya ile temas ettiğinde karbonat kayaç erimeye başlar. Görel olarak zayıf bölümler daha fazla erir. Erimeyen artık (rezidüyel) bileşenler terra rosa türü toprağı oluşturur. Demir, alüminyum, manganez, kırıntılı taneler içeren kalıntı topraklar karstik boşluklarda çukurluklarda birikirler (Şekil 15). Bu yolla yüzey tesviye olur. Burger (1990) birinci platonun düzlük görünümünü bu prosese bağlamaktadır. Ancak Kırkgözler kaynağı kotuna yakınlığı düşünüldüğünde bu platonun birincil çökelim modeli sonucu düzlük olduğu, yüzey erozyonu ile de kotunun düştüğü daha uygun görülmektedir.



Şekil 14. Antalya Düden Çayı yakınında aktif bir paludal ortam.

Figure 14. An active paludal environment near to Düden Stream.



**Şekil 15.** Karstlaşma ve terra rosa çökelimi ile yüzey tesviyesi.

*Figure 15.* Surface levelling as a result of karsification and terra-rossa deposition.



**Şekil 16.** Kıyı erozyonu sonucunda abrazyon platformu şeklinde düzlük oluşumu.

*Figure 16.* Plateau formation as abrasion platform as a result of coastal erosion

### Kıyı Erozyonu

Deniz suyu kıyıdaki kayalarda aşınmaya ve sonuçta falez oluşumuna neden olmaktadır (Emery and Khun, 1982). Antalya falezlerinin oluşumunda da kıyı erozyonu etkili olmuştur (Dipova, 2003). Kıyı yamaçları dalga aşındırmasına maruz kaldığında falez oluşturmakta ve sonrasında da falez gerilemesi gerçekleşmektedir. Bu yolla deniz altında abrazyon platformu oluşmaktadır (Şekil 16). Deniz su seviyesi düştüğünde ise bir plato ortaya çıkmaktadır. Darkot ve Erinç (1951) mevcut falezlerin önünde derinliğin birden 100-200 m yi bulması ve abrazyon platformunun gelişmemiş olması nedenleri ile falezlerin günümüzdeki kıyı erozyonu ile şekillenmediğini savunmakla birlikte, platoların farklı deniz seviyelerinde normal aşınım dalgaları ile işlenmiş döngüsel (cyclic) aşınım düzlükleri olduğunu kabul etmektedir.

Deniz seviyesinde gelişen bir diğer oluşum

ise karst kenar ovalarıdır. Burger (1990) deniz aşındırmasına ek olarak deniz seviyesinde yeraltısuyunun yüzeye çıktığı alanda tufa içinde geriye doğru bir erozyonun da platoların oluşumunda etkili olduğunu savunmaktadır. Bu model günümüzde Arapsuyu platosunda gözlenebilmektedir. Bu birimde yeraltısuyu seviyesinde kaynaklar çıkmakta ve geriye doğru erozyon sonucu kanyonlar oluşmaktadır. Arapsuyu kaynağı ve Olbia antik yerleşiminin bulunduğu kanyon bu mekanizmaya örnektir.

### Platoların Oluşumunda Tektonizmanın Etkisi

Tufa kütlesi içinde kırık hatlarına rastlanmaktadır. Bazı boşluklar sistematik olarak bir hat üzerinde bulunmaktadır. Ayday ve Dumont (1979) Antalya yöresine ait Landsat uydu görüntülerini inceleyerek çizgisellikler belirlemişler ve bunların Miyosen sonrası genç tektoniğe bağlanabileceğini, taban kayadaki

faıların üzerine traverten (tufa) çökeldikten sonraki izleri olduğunu belirtmişlerdir. Koçyiğit (1984) ise bu çizgisellikleri Ege hendeği boyunca oluşan çekme tektoniği rejimi sonucunda oluşan blok faylanmaya bağlamaktadır. Glover ve Robertson (2003) ise tufanın çökeldiği Aksu Havzası'nın oluşumunu Orta Anadolu'daki yükselmeye bağlı blok faylanmasına ve yarı graben gelişimine bağlamaktadır. Bu bağlamda tufa kütesinin de bu blok faylanmadan etkilendiği savunulmaktadır.

### Birleştirilmiş Model

Antalya Tufası, Kırkgöz Kaynakları'ndan başlamak üzere güneye doğru alçalan platolar halinde geniş bir alanda gözlenmektedir. Oluşumunda, yamaçta tufa çökeliğini başlatma açısından tünck kaynak hattı modeli önemli yer tutmakla birlikte, genelde gölssel çökelim modeli egemendir. Oluşum durduktan sonra yüzey aşınması başlamıştır. Birinci platodaki mevcut yüzey, birincil oluşumsal platonun karstlaşma ile aşınması ve oluşan boşluklara terra-rosa dolgusu ile günümüzdeki görünümünü almıştır.

Deniz seviyesi yükselmesi sonucu tufanın güney hölümü su seviyesi altında kalmıştır. Dalga aşındırması falez oluştururken gerisinde de abrazyon platformları bırakmaktadır. Deniz seviyesi düştüğünde ise bu abrazyon platformları tufa platosu haline gelmiştir. İkinci plato ve alt grupları bu yolla oluşmuştur. Birinci plato ile ikinci plato arasındaki şev ise eski falezin yüzeyel aşınması ile şekillenerek bugünkü halini almıştır. Birinci platonun alt grupları olarak tanımlanan Masadağı ve Aşağı Karaman düzlükleri ise bu şevde tünck kaynak hattı modeli ile oluşmuş birincil oluşumlardır. İkinci platonun alt gruplarının oluşumu da deniz seviyesi değişimleri sonucu oluşan aşınmaya bağlıdır. Ancak, deniz seviyesinin çekilmesinden sonra yüzeyel aşınma sonucunda denizel izler silinmiştir. Düden platosunda ise Düden Çayı'nın

menderesli nehir çökelleri ve buna bağlı gelişen paludal model çökelleri Düden platosunun günümüzdeki görünümünü almasında etkin olmuştur. Tektonizmanın etkisi ile özellikle kuzey-güney doğrultulu kırık hatlarının varlığı bilinmektedir. Ancak bu kırık hatları boyunca plato oluşumu gözlenmemiştir.

Oluşumunda etkin olan mekanizmalardaki çeşitlilik nedeni ile Arapsuyu platosunun ayrı bir birim olarak ayrılmıştır. Eski abrazyon platformu biçimi gözlenmekle birlikte, bu aşınma sürecinden sonra gelişen birincil oluşum yapıları da gözlenmektedir. Yamaçta gelişmiş, henüz içi dolmamış kurna yapıları, geniş göl kenarlarında gelişen stromatolit kafaları ve bu stromatolitler aralarında gelişen oolitik tufalar yaygın olarak gözlenmektedir. Bunlarla birlikte karst kenar ovası oluşum mekanizması da bölgenin jeomorfolojik evriminde etkin olmuştur. Dördüncü plato da eski bir abrazyon platformudur. Ancak deniz seviyesinin tekrar yükselmesi sonucu deniz altında kalmıştır.

### SONUÇLAR

Antalya Tufası, deniz seviyesinden itibaren kuzeye doğru yükselteleri artan platolar şeklinde gözlenmektedir. Bu platoların birisi deniz altında olmak üzere 4 plato olarak sınıflanmış ve bu 4 plato içinde de toplam 10 alt plato ayırt edilmiştir.

Platoların oluşumunda; birincil çökelim koşulları, yüzey aşındırması ve deniz seviyesi değişimine bağlı kıyı erozyonu etkili olmuştur. Birinci plato, oluşum evresinde başlangıçta muhtemelen tünck kaynak hattı modelinde, ileri safhada ise gölssel modelde çökelmiş ve şekillenmiştir. Günümüzdeki topografya yüzeyel karstlaşma ile oluşan boşluklara terra-rosa dolgusu yolu ile gelişmiştir. İkinci plato, deniz erozyonu ile oluşmuş abrazyon platformlarının deniz seviyesinin alçalması ile yüzeye çıkması şeklinde oluşmuştur. Nihai

topografyanın oluşumunda aşınma, paludal ve menderesli nehir modellerini etkili olmuştur. Üçüncü birimde (Arapsuyu Platosu); yamaçta gelişmiş kurna yapıları, geniş göl kenarlarında gelişen stromatolit kafaları ve aralarında gelişen oolitik tufalar belirlenmiştir. Tam olarak plato tanımına girmeyen bu birimde karst kenar ovası oluşumu da aktif halde gözlenmektedir. Dördüncü plato eski bir abrazyon platformu olup deniz seviyesinin tekrar yükselmesi sonucu su altında kalmıştır.

Antalya tufasının platolu morfolojisi kentsel, çevresel ve mühendislik faaliyetlerinde etkilerini göstermektedir. 100-250 kotlu taraçaları bağlayan büyük şev, ulaşım açısından şehri ikiye bölmektedir. Plato sınırları imar planına ve yol ağlarına da yansımaktadır. Yol ağları deniz kıyısına ve topografyaya paralel güzergah izlemiştir.

Falez ve şevli alanlarda hava sirkülasyonu azalır. Özellikle yaz aylarında nemli havanın kara içine taşınımı zorlaşmakta, en fazla Kaleiçi'nde olmak üzere alt platolarda nem daha fazla hissedilmektedir. Birinci plato hava akımının fazla olması nedeni ile nem ve sıcaklık konusunda daha avantajlıdır. Deniz kenarında olması, ılıman iklime sahip olması ve düzlüklerden oluşmasına rağmen Antalya'da hava kirliliği de hissedilir düzeye ulaşmıştır. Hava sirkülasyonunun olmaması nedeniyle de askıda bulunan kirleticiler yağışlarla birleşerek veya partikül maddelere yapışarak, toprak ve su kaynaklarını kirletmektedir.

Antalya kentinde içme suyu kaynakları ağırlıklı kotu düşük olan Hurma, Gürkavak gibi kaynaklardan sağlanmaktadır. Birinci platoda yeraltısuyu ortalama 250 m düzeyindedir. Bu nedenle derin kuyu ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Masadağı gibi yüksek bölgelerde bulunan yerleşim yerlerine içme suyu ulaştırmak için terfi merkezlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca işletme basıncı sınırlı olduğu için (6 atü) fazla

basıncı kırmak için haznelere inşa edilmesi gerekmektedir. Bu da maliyeti arttırmaktadır. Ancak platolu morfoloji atık su şebekesi inşaatı için avantaj sağlamıştır. Güneye doğru azalan irtifalarda ve kendi içinde denize doğru hafif meyilli platolar şebekenin inşaatı için ekonomi sağlamıştır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Ayday, C. ve Dumont, J. F., 1979. Antalya travertenlerinde görülen dizilimlerden elde edilen landsat görüntüleri üzerinde yapılan gözlemler: Neotektonik ve hidrojeoloji arasında olabilecek bağıntıların tartışması, MTA Dergisi, 92, 131-134, Ankara.
- Burger, D., 1990. The travertine complex of Antalya/Southwest Turkey., Zeitschrift für Geomorphologie. Neue Forschung. Suppl Bd 77, 25-46.
- Dipova, N., 2002. Collapse mechanism of the Antalya tufa deposits. PhD. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, (yayınlanmamış).
- Dipova, N., 2003. Erosion and retreat of Antalya coastal cliffs, Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 03, Ravenna, Italy.
- Darkot, B., ve Erinç, S., 1951. Aksu batısında Antalya traverten taraçaları, İst. Ün. Coğr Enst. Derg., Cilt 1, Sayı 2, s. 55-65, İstanbul.
- DSİ, 1985. Antalya-Kırkgöz kaynakları ve traverten platosu karst hidrojeolojik etüd raporu. DSİ Teknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Emery, K. and Kuhn, G., 1982. Sea cliffs: their processes, profiles and classification. Geol Soc. Am. Bull. 93, 644-654.

- Glover, C.P. and Robertson, A.H.F., 1998. Role of regional extension and uplift in the Plio-Pleistocene evolution of the Aksu Basin, SW Turkey. *Journal of Geological Society*, London, vol.155, p. 365-387.
- Glover, C.P. and Robertson, A.H.F., 2003. Origin of Tufa (Cool-Water Carbonate) and related terraces in the Antalya Area, SW Turkey. *Geological Journal*, vol. 38, issue 3-4, p 329-359.
- Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında levha içi yeni tektonik gelişim, TJK Bült., Cilt 27, Sayı 1, s.1-16, Ankara.
- Nossin, J.J., 1989. SPOT stereo interpretation in karst terrain, Southern Turkey, *ITC Journal*, 2.
- Pedley, H.M., 1990. Classification and environmental models of cool freshwater Tufas, *Sedimentary Geology*, 68, 143-154.
- Pentecost, A., 1995. The Quaternary travertine deposits of Europe and Asia Minor., *Quaternary Science Reviews*, Vol.14, p. 1005-1028.
- Öner, E., 1997. Teke yarımadası (Antalya) güncünde kıyı-kenar çizgisi değişimleri, I. Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı, Ankara.

### EXTENDED SUMMARY

*Antalya Tufa plateaus on which Antalya city established, cover 630 km<sup>2</sup> area. It is known as the largest tufa (travertine) deposit all over the world. In the literature it was named as "travertine", in some recent papers tufa term is preferred. Tufas are the products of both physico-chemical and biogenic calcium carbonate precipitation. Dominant process is biogenic process, in which, precipitation is the cause of*

*decreasing partial pressure of CO<sub>2</sub> by photosynthesis of algae or bacteria. X-ray diffraction and SEM analysis have revealed that the tufa deposits were made almost completely of calcite.*

*Antalya tufa is observed as plateaus in increasing elevations northward. In the literature number and boundaries of plateaus were controversial. In this study, digital topographical maps were analyzed and boundaries of the plateaus were determined. The plateaus are grouped into four groups, one is under the sea and the others are on land. In detailed study using a computer program, ten subgroup were identified.*

*Geological processes, which is probably effective in plateau formation, were examined. In the formation of the plateaus, primary depositional, surface erosion and coastal erosion related to sea level change was the most effective models. In addition tectonic processes were discussed. At the end of the studies a final unified model was proposed for all the plateaus.*

*The first plateau is product of dominantly lacustrine depositional environment, however the first tufa deposition most probably started in perched springline model. The present surface was shaped by surface erosion and leveling with terra rosa infilling. The second plateau was formed as abrasion platform due to wave erosion. After sea level decrease this abrasion platform became a plateau. In the final planar appearance, paludal and meandering river depositional models played secondary role. In the third tufa unit, tufa pools, stromatolite heads and oncolites were determined. Karst marginal plane development is observed in the present. The fourth plateau was formed as an abrasion plateau and due to sea level rise it is an undersea plateau in the present.*



## YAYIM AMAÇLARI VE KURALLARI, YAYINA KABUL İLKELERİ

### AMAÇ

#### JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

- İnsan ile Yerküre arasındaki etkileşimlere ilişkin bilgi ve deneyimleri daha güvenli ve daha rahat bir yaşam ortamı sağlamak doğrultusunda doğal çevreyi gözetenek insanın hizmetine sunmayı amaçlayan Jeoloji Mühendisliği mesleğinin günlük yaşamdaki yerni ve önemini daha etkin bir şekilde yansıtmak.
- Bu alanda ulusal ve uluslararası gelişmeleri Jeoloji Mühendislerinin bilgisine sunmak.
- Konu ile doğrudan dolaylı etkinliklerde bulunan bilimadamları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim iletişimini güçlendirecek ve hızlandırarak kolay erişilebilen, geniş katılımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve yayma olanağı yaratmak
- Türkiye'nin sosyal ve ekonomik kalkınmasını yakından ilgilendiren jeolojiye ilişkin sorunların daha etkin çözümünü sağlamak açısından büyük önem taşıyan kurumlararası işbirliğinin başlatılmasına katkıda bulunmak.
- Türkçenin jeoloji mühendisliği alanında bilim dili olarak geliştirilmesini ve yabancı sözcüklerden arındırılmasını özendirmek gibi amaçlara sahiptir

### KAPSAM VE NİTELİK

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ ulusal ve uluslararası platformda yerbilimlerinin uygulamaya dönük alanları ile ilgili çalışmalar yapan herkesin katkılarına açıktır. Bu çerçevede

- ✓ İnsanın yaşamını etkileyen jeolojik süreçler ile mühendislik yapıları ve bunlara ilişkin sorunlar ve çözümler
- ✓ Jeolojik kaynakların yönetimi ve ekonomik değerlendirmesi
- ✓ Doğal ve yapay kirleticiler ve ekosisteme etkileri
- ✓ Jeolojik anıtların korunması
- ✓ Jeolojik sorunların çözümüne katkıda bulunan arazi ve laboratuvar yöntem ve tekniklerinin geliştirilmesi

ile ilgili kuramsal ve uygulamalı çalışmalar kapsayan ürünler, Yayın Kurulunun değerlendirmesinden geçtikten sonra Jeoloji Mühendisliği Dergisinde yayınlanır

Jeolojinin uygulama alanlarına ilişkin her türlü çalışma Jeoloji Mühendisliği Dergisinin yayın amaçlarına uygundur. Bununla birlikte, çalışmaya konu olan sorunun kullanılan teknik ne olursa olsun, bilimsel yöntemlerle ele alınması ve jeolojinin uygulama alanlarına ilişkin olması aranan temel nitelikler arasında olacaktır. Çalışmanın daha önce Türkçe yayımlanmamış olması gerekmektedir. Jeoloji Mühendisliği Dergisi yeni yapısıyla beş tür yazı yayımlanacaktır:

- 1- **ELEŞTİREL İNCELEME (Review Paper):** Editörlerin daveti üzerine veya bilgisi dahilinde hazırlanan, jeoloji mühendisliğinin herhangi bir alanında halen kullanılmakta olan teknik, yöntem ve yaklaşımların günümüz teknolojik gelişimleri ve kendi deneyimleri ışığında inceleyeni, bu açıdan öneriler geliştiren yazılardır. Yazı uzunluğu konuya bağlı olarak değişebilir. Yayın Kurulu incelemesi zorunluluğu yoktur.
- 2- **ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article):** Özgün bir çalışmanın sunulduğu yazıdır. Kuramsal temel, yeterli miktarda ve nitelikte veriye dayalı bulgu ve sonuçların ayrıntılıyla

değerlendirildiği bölümleri içermelidir. Yazının toplam uzunluğu 6000 sözcük eşdeğerini (10 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki yayın kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayınlanır.

- 3- **TEKNİK NOT (Technical Note):** Herhangi bir süreç veya tekniği, kuramsal temel, yeterli veri, ve ayrıntılı değerlendirmeye dayanmadan sunan ve amacı bu süreç veya teknikleri kullanabilecek yerbilimcilere duyurmak olan özgün yazıdır. Yazının uzunluğu 5000 sözcük eşdeğerini (5 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki yayın kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayınlanır.
- 4- **ARAŞTIRMA NOTU (Research Note):** Henüz tamamlanmamış, eksik veri, ve bulgularla yüzeysel değerlendirmelere dayalı kendi içinde tutarlı, özgün deneysel, uygulamalı veya kuramsal araştırmaların ön sonuçlarının veya bulgularının sunulduğu yazıdır. Amaç, okuyucuya güncel bir konuya ilişkin bir çalışmanın ön bulgu ve sonuçlarını duyurarak konu üzerinde tartışma ortamı yaratmak, konunun gelişmesine başka araştırmacıların katkılarına sağlamaktır. Yazı uzunluğu 5000 sözcük eşdeğerini (5 JMD sayfası) aşmamalıdır. En az iki yayın kurulu üyesi tarafından incelendikten sonra yayınlanır.
- 5- **GÖRÜŞ-YORUM ve YANITLAR (View, Comment and Reply):** Dergide yayımlanan yazılar hakkında her türlü görüş, yorum ve bunlara ilişkin yanıtları içerir. Editörlerin uygun gördüğü uzunlukta yayınlanır.

### YAZILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAYINA KABUL İLKELERİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ Editörlüğüne **2 saat aralıkla 12 punto harflerle yazılmış ve 3 nüsha halinde** ulaşan yazılar öncelikle içerik, sunum kuralları, vd. yönlerden Editörlük tarafından incelenir ve daha sonra değerlendirilmek üzere en az iki Yayın Kurulu üyesine gönderilir. Yayın Kurulu üyelerinden gelecek görüşler doğrultusunda yazının doğrudan, az veya önemli ölçüde düzeltilmesi koşuluyla yayımlanmasına veya reddine Editörlük karar verir ve sonuç yazarlara bildirilir.

Yayın Kurulu üyelerinin birbiriyle çelişen görüş bildirmeleri durumunda Editörlüğün bir karara varabilmesi için yazı, üçüncü bir Yayın Kurulu üyesine gönderilir. Yayın Kurulu üyeleri gerekli görürlerse yazıları düzeltilmiş haliyle tekrar görüş değerlendirebilirler.

Yazarlar, Yayın Kurulu Üyelerinin ve Editörlüğün yaptığı eleştiri, öneri ve düzeltmeler arasında katılmadıkları hususlar olduğunda bunları ayrı bir sayfada gerekçeleriyle birlikte açıklamalıdır.

Gönderilen yazılar, JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nde yayımlansın veya yayımlanmasın yazarlara geri iade edilmez.

### YAZIM DİLİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nde yayın dili olarak "Türkçe" ve "İngilizce" kullanılmaktadır. Derginin oldukça geniş bir yurt dışı aboneliği ve sürümü olduğu için, Türkçe makalelerin, kabülden sonra "**Genleştirilmiş bir İngilizce Özet**" nin yazılması gerekmektedir. Dergide, ayrıca yazıların başlıklar, özetleri ve tüm çizelge ve resimlemelerin açıklamaları Türkçe ve İngilizce olarak iki dilde birlikte verilmelidir.

## YAZIM KURALLARI

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ'nde yayımlanması kabul edilen yazıların** basım öncesi dizgi işlemleri Editörlükçe yazarlara gönderilecek olan "**Makale Yazım Formatı'na**" göre yazarlar tarafından yapılır. Zaman tasarrufu, ekonomiklik ve yazıların son şeklinin yazarlar tarafından da kontrolünü sağlamak açısından tercih edilen bu yöntemde, yazarlar yazılarını baskıya girecek şekilde bilgisayar formatına uygun bir şekilde dize eder ve bırakılan boşluklara da şekil ve çizelgeleri yerleştirerek (camera-ready uygulamasına benzer şekilde) basım aşamasına getirerek Editörlüğe gönderirler

### Metin Bölümü

1. **Metin:** A4 boyutunda (297 x 21 cm) kağıtların üzerine bilgisayarda, 1,5 satır aralıklı ve 10 punto ve Times New Roman (ya da benzer bir karakterle) yazı karakteri ile yazılmalıdır. Sayfa kenarlarında 3'er cm boşluk bırakılmalı ve sayfalar numaralandırılmalıdır. Bilgisayar çıktılarının silik olmamasına özen gösterilmelidir.
2. **Başlık:** konuyu en iyi şekilde belirtir ve 12 kelimeyi geçmeyecek şekilde kısa seçilmeli ve Türkçe başlığın (tamamı büyük harfle ve koyu yazılmış) yanısıra, İngilizcesi (İtalik ve normal büyük harflerle) de yazılmalıdır. Eğer yazı İngilizce yazılmış ise önce İngilizce sonra Türkçe başlık verilmelidir.
3. **Öz:** yazının başlangıcında en fazla 200 kelimeyi geçmeyecek şekilde hazırlanmış, Türkçe öz (abstract) ve kabulden sonra İngilizce Genişletilmiş Özet (extended summary) bulunmalıdır. Bu bölüm, yayının diğer bölümlerinden ayrı olarak yayımlanabilecek düzende yazılmış, yazının tümünü en kısa, ancak öz biçimde yansıtır nitelikte (özellikle çalışmanın amacını ve sonuçlarını yansıtarak) olmalıdır. Yazı Türkçe yazılmışsa Extended summary'nin, İngilizce yazılmışsa Özün başlığı ve metin kısmı italik karakterle yazılmalıdır. İngilizce Genişletilmiş Özet içinde; yararlanılan kaynaklara, şekil, çizelge ve eşitlik numaralarına değinilmelidir. Ayrıca, öz ve extended summary bölümlerinin altında bir satır boşluk bırakılarak **Anahtar kelimeler** ve **Key words** (en az 2, en çok 6 kelime alfabetik sıraya göre) verilmelidir. Eğer yazı İngilizce hazırlanmış ise, extended summary bölümü yerine abstract yazılmalı ve önce abstract sonra öz verilmelidir.
4. Yazının genel olarak aşağıda belirtilen düzene göre sunulmasına özen gösterilmelidir.
  - a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
  - b) Yazar ad(lar)ı ve adres(ler)i (yazar adları koyu karakterle ve soyadları tamamen büyük harfle, adresler normal İtalik karakterlerle)
  - c) Öz (anahtar kelimeler eklenerek)
  - d) Extended summary (key words eklenerek)
  - e) Giriş (amaç, kapsam, çalışma yöntemleri, vd.)
  - f) Metin bölümü (yöntemler, çalışılan malzeme, saha tanımlamaları, vd.)
  - g) Sonuçlar ve Tartışmalar (Sonuçların tartışılması gerektiği durumlarda, tartışmalar sonuçlarla birlikte verilmelidir. Bu durumda "Sonuçlar" başlığı yerine "Tartışma ve Sonuçlar" başlığı kullanılmalıdır)
  - h) Kalkı belirtme (gerekliyse)
  - i) Kaynaklar
  - j) Ek açıklamalar
5. Metin içinde ana bölüm başlıkları dışında en fazla üç alt başlık oluşturulmalı ve başlıklara numara verilmemelidir. Bunların yazım şekli aşağıdaki gibi olmalıdır.

### ÖZ

### EXTENDED SUMMARY

### GİRİŞ

### ANABAŞLIK

### Birinci Derece Alt Başlık

### İkinci derece alt başlık

### Üçüncü derece alt başlık

### SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

### KATKI BELİRTME

### Değinilen Belgeler

6. Metrik sistem veya SI birimleri (kPa, kN m<sup>-2</sup> vb.) kullanılmalıdır.
7. Gerek metin içinde ve çizelgelerde, gerekse resimlemelerde rakamların ondalık bölümlerinin ayrılması için nokta

kullanılmalıdır (3.1 gibi).

### Kaynaklar

- A) Metin içinde kaynaklara değinme yapılırken aşağıdaki örneklerde olduğu gibi, bibliyografya araştırmacı soyadı ve tarih sırasıyla verilir.

..... Ford (1986) tarafından.....  
..... bazı araştırmacılar (Williams, 1987; Gunn, 1990; Saraç ve Tarcan, 1995)
- b) Birden fazla sayıda yazarlı yayınlara metin içinde değinilirken ilk yazarın adı belirtilmeli diğerleri için vd. ibaresi kullanılmalıdır.

..... Doğan vd. (1995)  
..... Smart vd. (1971).....
- c) Ulaşılmayan bir yayına metin içinde değinme yapılırken bu kaynakla birlikte alıntının yapıldığı kaynak da aşağıdaki şekilde belirtilmelidir. Ancak Kaynaklar Dizisinde sadece alıntının yapıldığı kaynak belirtilmelidir.

..... Dreybrodt (1981; Schuster ve White, 1971).....
- d) Kişisel görüşmelere metin içinde soyadı ve tarih belirtilerek değinilmeli, ayrıca Kaynaklar Dizisinde de belirtilmelidir (Soyadı, Adı, Tarih Kişisel görüşme, Görüşülen kişi(ler)in adresi)
- e) Kaynaklar, yazar soyadları esas alınarak alfabetik sırayla verilmeli ve metin içinde değinilen tüm kaynaklar Kaynaklar Dizisinde eksiksiz olarak belirtilmelidir. Kaynakların yazılmasında aşağıdaki örneklerde belirtilen düzen esas alınmalıdır.

### • Süreli yayınlar ve bildirisler:

Drew, D.P., 1996. Agriculturally induced changes in the Burren karst, western Ireland. *Environmental Geology*, 28(2), 137-144.

[Yazar ad(lar)ı, Tarih Makalenin başlığı Süreli Yayının Adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), sayfa no.]

Ünal, E., Özkan, İ. ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. ISRM Symposium: Eurock'92 - Rock Characterization, Chester, U.K., 14-17 September 1992, J.A. Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

[Yazar ad(lar)ı, Tarih Bildirinin başlığı, Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editör(ler), Basımevi, Cilt No (birden fazla ciltten oluşuyorsa), Düzenlendiği Yernin Adı, sayfa no.]

### • Kitaplar için:

Palmer, C.M., 1996. Principles of Contaminant Hydrogeology (2<sup>nd</sup> Edition). Lewis Publishers, New York, 235 p.

Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Malbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869, 520 s.

[Yazar ad(lar)ı, Tarih Kitabın Adı (ilk harfleri büyük), Yayınevi, Basıldığı Şehrin Adı, sayfa sayısı.]

### • Raporlar ve Tezler:

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeolojisi ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayımlanmamış).

Sönmez, H., 1996. TK İ-E L İ. Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemlenmiş kaya kütleli içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99s (yayımlanmamış)

[Yazar ad(lar)ı, Tarih Raporun veya tezin başlığı Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa), sayfa sayısı (yayımlanıp, yayımlanmadığı)]

**NOT** Tüm kaynaklarda ilk satırdan sonraki satırlar 1.5 cm içeriden başlanarak yazılmalıdır.



### Eşitlikler ve Formüller

- Eşitlikler elle yazılmamalı ve bilgisayardan yararlanılmalıdır. Eşitliklerde, yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelere yer verilmesine özen gösterilmelidir
- Her eşitliğe sırayla numara verilmeli, numaralar parantez içinde eşitliğin hizasında ve sayfanın sağ kenarında belirtilmelidir
- Eşitliklerde kullanılacak alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterlerle yazılmalıdır ( $1, x^2$  gibi).
- Eşitliklerdeki sembollerin açıklamaları eşitliğin hemen altındaki ilk paragrafı verilmelidir
- Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır ( $\sigma_{\text{maks}} = \sigma_s^{0.5}$  gibi).
- Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" simgesi kullanılmalıdır. Çarpma işareti olarak genellikle herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak zorunlu hallerde "\*" işareti tercih edilmelidir ( $Y=5*10^4 X$  gibi).
- Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla  $Ca^{++}$  veya  $CO_3^{--}$  gibi ifadeler yerine  $Ca^{2+}$  ve  $CO_3^{2-}$  kullanılmalıdır.
- İzotop numaraları, örneğin  $^{18}O$  şeklinde verilmelidir.

### Çizelgeler

- Yazarlar, Derginin boyutlarını dikkate alarak, çizelgeleri sınırlamalı ve gerekiyorsa metinde kullanılanla oranla çizelgeleri daha küçük karakterlerle yazmalıdır. Bu amaçla çizelgeler tek sütuna (7.5 cm) veya çift sütuna (16 cm) yerleştirilebilecek şekilde düzenlenmesine özen gösterilmelidir. Tam sayfaya yerleştirilmesi zorunlu olan büyük çizelgelerin en fazla (16 x 21) cm boyutlarında olması gereklidir. Bu boyutlardan daha büyük ve katlanacak çizelgeler kabul edilmez.
- Çizelgelerin hemen altında gerekli durumlarda açıklayıcı dipnotlarına veya kısaltmalara ilişkin açıklamalara yer verilmelidir.
- Çizelgelerin başlıkları, kısa ve öz olarak seçilerek, hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfi büyük diğerleri küçük harfle) hem de İngilizce (ilk harfi büyük diğerleri küçük italik harflerle) "Çizelgeler Dizini" başlığı altında aynı bir sayfaya yazılmalıdır. İngilizce olarak hazırlanmış yazılarda önce İngilizce sonra Türkçe çizelge başlığı verilmelidir.
- Çizelgelerde kolonsal ayrıntı gösteren düzey çizgiler yer almamalı, sadece çizelgenin üst ve alt sınırları ve gerek görülen diğer bölümleri için yatay çizgiler kullanılmalıdır.
- Her çizelge ayrı bir sayfaya bastırılarak ve sıraya dizilerek Çizelgeler Dizini sayfasıyla birlikte metnin arkasına konulmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üzerine yazılmamalıdır. Çizelge numaralarının kurşun kalemle her çizelgenin sağ üst köşesinde belirtilmesi yeterlidir.

### Resimlemeler (Çizim, fotoğraf ve levhalar)

- Değerlendirme aşamasında şekillerin orjinallerinin gönderilmesine gerek yoktur. Bu aşamada çizimlerin teknik çizim normlarına uygun olarak çini mürekkeple aydıngere çizilmiş veya bilgisayar çıktısı olarak alınmış ve harf, rakam ve simgeleri kolaylıkla okunabilen orjinallerinin kaliteli kopyaları gönderilmelidir.
- Tüm çizim ve fotoğraflar şekil olarak değerlendirilip numaralandırılmalıdır. Şekil altı yazıları "Şekiller Dizini" başlığı altında hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfi büyük diğerleri küçük harflerle) hem de İngilizce (ilk harfi büyük diğerleri küçük italik harflerle) ayrı bir sayfada verilmelidir. Yazı İngilizce olarak hazırlanmışsa şekil altı yazıları önce İngilizce sonra Türkçe verilmelidir.
- Her şekil, ayrı bir sayfada yer alacak biçimde sıraya dizilerek Şekiller Dizini sayfasıyla birlikte çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekil altı yazılarının ayrıca şekil sayfalarına da

- yazılmasına gerek olmayıp, şekil numaralarının kurşun kalemle her şeklin sağ üst köşesinde belirtilmesi yeterlidir.
- Şekillerin boyutları ya tek sütuna (7.5 cm), ya da çift sütuna (en fazla 16 cm) yerleştirilebilecek nitelikte hazırlanmalıdır. Tam sayfaya yerleştirilmesi zorunlu olan büyük şekillerin, şekil altı açıklamalarına da yer kalacak biçimde, en fazla (16x21 cm) boyutlarında olması gereklidir. Belirtilen bu boyutlardan daha büyük ve katlanacak boyuttaki şekiller kabul edilmez.
- Hamta, kesit ve planlarda sayısal ölçek yerine çubuk (bar) türü ölçek kullanılmalıdır.
- Şekiller yukarıda belirtilen boyutlarda hazırlanırken şekil üzerindeki açıklamaların (karakterlerin) okunabilir boyutlarda olmasına özen gösterilmelidir.
- Fotoğraflar şekiller için yukarıda belirtilen boyutlarda, parlak kağıda, kontrastlı ve siyah-beyaz basılmış olmalıdır. Fotoğrafların üzerinde gösterilebilecek olan simgeler için çini mürekkebi veya letaset kullanılmalıdır. Özellikle koyu tonların egemen olduğu bölgelerde simgelerin beyaz letasetle gösterilmesi önerilir. Yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelerin kullanılmasına özen gösterilmelidir.
- Mikroskopta çekilmiş ince kesit fotoğrafları (paleontolojik veya minerolojik), levha (plate) olarak değerlendirilir ve parlak siyah-beyaz kağıda basılı olmaları gereklidir. Levha sayısı üçten çok olmamalıdır.

### Ek Açıklamalar ve Dipnotlar

- Ana metnin içine alınması, okuyucunun dikkatini dağılmasına yol açabilecek ve hatırlatma niteliğindeki bilgiler, yazının sonunda "Ek Açıklamalar" başlığı altında konulabilir (İstatistik bilgilerin verilmesinde, formüllerin çıkarılmasının gösterilmesinde, bilgisayar programlarının verilmesinde, vb. konularda bu yol izlenebilir.)
- Dipnotlar, yerleştirme ve yazılma açısından güçlükler neden olduğundan, çok gerekli durumlarda kullanılmamalıdır. Eğer dipnot kullanılırsa, yıldız (\*) işareti ile gösterilmeli ve mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Dipnota eğer değinme yapılırsa bibliyografik bilgiler dipnota değil, Kaynaklar Dizini içinde verilmelidir.

### YAZILARIN GÖNDERİLMESİ

*JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ*'nin "Yayın Amaç ve Kuralları" nda belirtilen ilkelere uygun olarak hazırlanmış yazılar, biri orijinal diğer ikisi fotokopi olmak üzere aşağıdaki yazışma adresine üç nüsha gönderilmelidir. **Orijinal resimlemeler, yazının yayına kabul edilmesi durumunda kullanılmak üzere yazarlar tarafından muhafaza edilmelidir.**

### JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ EDITÖRLÜĞÜ T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası

PK 464, Yenişehir  
06444, Ankara  
Tel (312) 432 30 85 / (312) 434 36 01  
Faks (312) 434 23 88  
E-posta mesener@mta.gov.tr

### AYRI BASKILAR

Dergide yayımlanması kabul edilen yazıların ayrı baskısından on adet yazısına veya birden fazla yazarlı yazılarda yayım için başvuru yapan yazara olanaklar çerçevesinde ücretsiz olarak gönderilir. Ondan fazla ayrı baskı talebinde bulunulması halinde yazarlar tarafından her ayrı baskı için Jeoloji Mühendisliği Odası Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ücret ödenir.