

**SIKIŞMA (P) VE MAKASLAMA (S) DALGA  
HIZLARINDAN SIĞ TORTULLARIN POISSON  
ORANI VE GÖZENEKLİLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

~~119658~~

119658

**Dokuz Eylül Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik  
Mühendisliği Anabilim Dalı**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**ÇAĞRI ÇAYLAK**

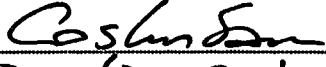
119658

**Aralık, 2002**

**İZMİR**

## Yüksek Lisans Tezi Sınav Sonuç Formu

Çağrı ÇAYLAK, tarafından Doç. Dr. Coşkun SARI yönetiminde hazırlanan “ SIKIŞMA (P) VE MAKASLAMA (S) DALGA HIZLARINDAN SIĞ TORTULLARIN POISSON ORANI VE GÖZENEKLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI “ başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

  
Doç. Dr. Coşkun SARI  
Yönetici



Doç. Dr. Erdeniz ÖZEL

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Günay GİFÇİ

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen bilimleri Enstitüsü

---

# TEŞEKKÜR

---

Bu tezin hazırlanmasında büyük katkılarından dolayı danışmanım Sn. Doç. Dr. Coşkun SARI 'ya, çalışma verilerini ve yardımlarını esirgemeyen Jeofizik Yüksek Mühendisi Sn. Erhan İÇÖZ ve Sn. Yrd. Doç. Dr. Zafer Y. ÖNER 'e, her zaman yanımda olan Arkadaşlarıma, AİLEM 'e ve Sivas Cumhuriyet Üniversitesine Teşekkür ederim.....

Arş. Gör. Çağrı ÇAYLAK

---

## ÖZET

---

Karmaşık bir yapıya sahip olan yeraltını modelleyebilmek için şimdiye kadar farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmalardan biride sismik  $P$  ve  $S$  dalgalarından yararlanarak, ortamın Poisson oranı – Gözeneklilik ilişkisini saptamaya yöneliktir. Önceki yapılan çalışmalar, Poisson oranının gevşek, taneli ve saturasyonu fazla olan formasyonlarda yüksek değerlere sahip olduğunu, yoğun ve saturasyonu düşük formasyonlarda ise düşük değere sahip olduğunu göstermiştir. Bilindiği gibi, Poisson oranı, gözeneklilik azaldıkça artan bir şekilde değişir ve gözeneklilik derinlikle azalır.

Bu tezdeki çalışma, Balıkesir ili Burhaniye ilçesinde yüzeye yakın tortullar için yapılmıştır. Bu çalışmada Gözeneklilik – Poisson oranı sayısal olarak hesaplanmış ve sığ yapı hakkında Gözeneklilik – Poisson oranı ilişkisi belirlenmiştir. En Küçük Kareler yöntemi, hesaplanan Poisson oranı ve gözeneklilik değerlerine uygulanmış ve Gözeneklilik - Poisson oranı ilişkisi analitik olarak ifade edilmiştir.

Bu çalışmada Poisson oranı ile gözeneklilik arasındaki ilişki analitik bir ifade ile, bir doğru denklemi olarak verilmiştir. Poisson oranı derinlikle artarken, gözeneklilik değerinde bir azalma gözlenmiştir.

---

## ABSTRACT

---

Various techniques are used to model the complex – subsurface of Earth in geophysics. One of these techniques is to use the seismic  $P$  - and  $S$  - waves, and to quantify the relation between porosity and Poisson 's ratio. Previous studies were shown that the Poisson's ratio was high in fine-grained and high-saturated formations whereas it was low in dense and low-saturated formations. It is known that the Poisson's ratio increases as the porosity decreases and the porosity decreases with depth.

The work in this thesis was to quantify the Poisson ratio – Porosity relation for the shallow sediments in Burhaniye, Balıkesir. In this work, the porosity and the Poisson's ratio were computed numerically and the relation between porosity and the Poisson's ratio was determined for the shallow sedimentary structure. The Least – Squares technique was applied on these computed porosity and Poisson's ratio values and the relation between the porosity and the Poisson's ratio was determined analytically.

---

## İÇİNDEKİLER

---

	<u>Sayfa</u>
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VIII
TABLO LİSTESİ.....	X

### Bölüm bir

#### GİRİŞ

1. GİRİŞ.....	1
---------------	---

### Bölüm İki

#### KURAMSAL BİLGİLER

2.ELASTİSİTE TEORİSİ .....	3
2.1. GERİLME .....	4
2.2. DEFORMASYON.....	4
2.2. SİSMİK DALGALAR .....	5
2.2.1. CİSİM DALGALARI.....	6
2.2.1.1. BOYUNA DALGALAR.....	6
2.2.1.2. ENİNE DALGALAR.....	7
2.2.2. YÜZEY DALGALARI .....	9
2.2.2.1. RAYLEİGH (R) DALGALARI.....	9
2.2.2.2. LOVE (L) DALGALARI.....	9
2.3. SİSMİK HIZI ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	10
2.4. ELASTİK SABİTLER .....	11
2.4.1. POİSSON ORANI.....	11
2.4.2. YOUNG MODULÜ .....	11
2.4.3. BULK MODULÜ.....	12

2.4.4. MAKASLAMA ( SHEAR ) MODULÜ.....	12
2.5 ELASTİK PARAMETRELERİN SİSMİK HIZLARLA İLİŞKİLERİ.....	13
2.5.1. SİSMİK HIZLARIN ORANI .....	13
2.5.2. POİSSON ORANI .....	13
2.5.3. YOUNG MODULÜ .....	13
2.5.4. BULK MODULÜ .....	14
2.5.5. ( MAKASLAMA) SHEAR MODULÜ .....	14
2.5.6. LAME SABİTİ .....	14
2.5.7 GÖZENENEKLİLİK.....	15
2.6. SİSMİK HIZLAR İLE POİSSON ORANI, GÖZENEKLİLİK VE BASINÇ ARASINDAKİ İLİŞKİLER .....	17

### Bölüm III

#### ÇALIŞMA ALANI VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. COĞRAFİ KONUM, MORFOLOJİ, ÇEVRE VE İKLİM ÖZELLİKLERİ.....	20
3.2. BÖLGESEL JEOLJİ.....	21
3.2.1. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ .....	22
3.3. BÖLGESEL TEKTONİZMA.....	23
3.4. VERİLERİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ .....	26
3.4.1. $V_p$ ve $V_s$ HIZLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	26
3.4.2. POİSSON ORANI VE GÖZENEKLİLİK DEĞERLENDİRİLMESİ .....	29
3.5. POİSSON ORANI – GÖZENEKLİLİK İLİŞKİSİ.....	32

### Bölüm IV

#### SONUÇLAR

SONUÇLAR.....	33
KAYNAKLAR .....	35
EKLER.....	37

---

## ŞEKİL LİSTESİ

---

	<u>Sayfa</u>
ŞEKİL 2.1.1. GERİLME – DEFORMASYON İLİŞKİLERİ .....	6
ŞEKİL 2.1.2. GERİLME – DEFORMASYON ARASINDAKİ İLİŞKİ .....	7
ŞEKİL 2.2.1.1.1. P DALGASI YAYINIMI .....	9
ŞEKİL 2.2.1.1.2. P DALGASI KÜRESEL YAYINIMI .....	9
ŞEKİL 2.2.1.2.1. SH DALGASI .....	10
ŞEKİL 2.2.1.2.2. SV DALGASI .....	10
ŞEKİL 2.2.2.1.1. RAYLEİGH DALGALARININ YAYINIMI SIRASINDA PARÇACIK HAREKETLERİ .....	11
ŞEKİL 2.2.2.2.1. LOVE DALGASI YAYINIMINDAKİ PARÇACIK HAREKETLERİ .....	11
ŞEKİL 2.4.1.1. POİSSON ORANI .....	13
ŞEKİL 2.4.2.1. YOUNG MODULÜ .....	13
ŞEKİL 2.4.3.1. BULK MODULÜ .....	14
ŞEKİL 2.4.4.1. MAKASLAMA (SHEAR) MODULÜ .....	14
ŞEKİL 3.1.1. İNCELEME ALANININ JEOLojİK HARİTASI .....	25
ŞEKİL 3.4.1.1. $V_P - V_S$ HIZLARININ DÜŞEY YÖNDEKİ DEĞİŞİMLERİ .....	26
ŞEKİL 3.4.1.2. $V_P$ HIZLARININ HİSTOGRAM VE NORMAL DAĞILIM EĞRİLERİ .....	27
ŞEKİL 3.4.1.3. $V_S$ HIZLARININ HİSTOGRAM VE NORMAL DAĞILIM EĞRİLERİ .....	28
ŞEKİL 3.4.2.1. POİSSON ORANININ DÜŞEY YÖNDEKİ DEĞİŞİMİ .....	29
ŞEKİL 3.4.2.2. GÖZENEKLİLİK DEĞERİNİN DÜŞEY YÖNDEKİ DEĞİŞİMİ .....	29
ŞEKİL 3.4.2.3. POİSSON ORANIN HİSTOGRAM VE NORMAL DAĞILIM EĞRİSİ .....	30



ŞEKİL 3.4.2.4. GÖZENEKLİLİK DEĞERİNİN HİSTOGRAM VE NORMAL DAĞILIM EĞRİSİ.....	31
ŞEKİL 3.5.1. POISSON ORANI – GÖZENEKLİLİK İLİŞKİSİ.....	32



---

## TABLO LİSTESİ

---

	<u>Sayfa</u>
TABLO - 2.2.1.1. P VE S DALGA HIZLARININ BAZI KAYAÇLARDAKİ YAYINMA HIZLARI (Clark, 1966).....	10
TABLO – 2.5.7.1. BAZI KAYAÇLARIN GÖZENEKLİLİK DEĞERLERİ (Erguvanlı & Yüzer, 1987).....	18



---

## BÖLÜM BİR

# GİRİŞ

---

Sismik prospeksiyon yöntemlerinde amaç, yapay bir kaynaktan elde edilen deprem dalgalarına benzer titreşimlerle yeraltının incelenmesidir. Yapay olarak oluşturulan bu tür sismik dalgalar, farklı yapıdaki ortamların ara yüzeylerinden kırılarak ve yansiyarak, yayıldıkları ortamların çeşitli fiziksel özelliklerini yeryüzüne taşırlar. Böylece, yeryüzünde belirli bir geometriye göre yerleştirilen jeofonlar ile algılan ve kayıtçılar tarafından kaydedilen sinyaller değerlendirilerek ortamlara ait çeşitli parametreler saptanır. Bu şekilde yapay olarak oluşturulan P dalgaları, ortamın geometrisi ile yapısal özelliğini, S dalgaları da ortamı oluşturan kayaçların mekanik özelliklerini yansıtır. Araziden doğrudan elde edilen P ve S sismik dalga hızlarından yararlanarak ortamı oluşturan başta kayaçların elastik parametreleri olmak üzere tabakaların kalınlık, yoğunluk, gözeneklilik vb. parametrelerini saptayabiliriz. Aynı şekilde düz ve ters atışlar yapılarak ortamın eğimini de bulabiliriz.

Bu çalışmada, Balıkesir İli Burhaniye ilçesinde, 32 profil alarak yapılan bir sismik çalışmada PASİ marka 12 kanallı sismik kırılma cihazı kullanılmış. Jeofon sayısı isteğe bağlı olarak daha az olabilmekte veya ekleme atışlarla 36 ya kadar yükseltilebilmektedir. Dalga geliş zamanları 1 milisaniye duyarlıkla okunabilmektedir. Yatay ve düşey jeofon olarak, 14 Hz 'lik OYO marka jeofonlar kullanılmaktadır yeteri nitelikte kayıt alındıktan sonra, alçak geçişli filtreleme uygulanarak, gürültü sinyali olabildiğince süzgeçlenmekte ve oluşturduğumuz titreşimlerin okunabilmesi sağlanmaktadır. Çalışma sırasında sismik enerji elde etmek için, 50 kg 'lık konik bir ağırlık yere gömülmüş ve üzerine 8 kg ağırlığında özel bir balyozla vurulmuştur. Yapılan çalışma doğrultusunda, gevşek ve taneli zeminlerde ancak bu şekilde enerji üretilmektedir.

Kaydedilen sismik izlerin değerlendirilmesi sonucunda bulunan sismik sıkışma ( $V_p$ ) ve makaslama ( $V_s$ ) hızlarından elastik parametreler saptanmıştır. Gözeneklilik ve Poisson oranı sayısal olarak hesaplanmış ve sığ yapı hakkında Gözeneklilik - Poisson oranı ilişkisi belirlenmiştir. En Kúçük Kareler yöntemi, hesaplanan Poisson oranı ve gözeneklilik değerlerine uygulanarak, Gözeneklilik-Poisson oranı ilişkisi analitik olarak ifade edilmiş ve bu ilişki analitik bir ifade ile doğru denklemi olarak verilmiştir. Poisson oranı derinlikle artarken, gözeneklilik değerinde bir azalma gözlenmiştir.

Ayrıca saptanan verilerin istatistiksel değerlendirmeleri '*STATISTICA*' istatistik programı ile gerçekleştirilmiştir. En büyük, en küçük ve ortalama değerleri bulunmuş, Standart sapmaları hesaplanmış ve Histogramları çizilmiştir. Histogramları değerlendirilerek, verilerin ortalama değer etrafında Normal dağılım eğrisi oluşturup oluşturmadığı belirtilmiştir.

---

## BÖLÜM İKİ

# KURAMSAL BİLGİLER

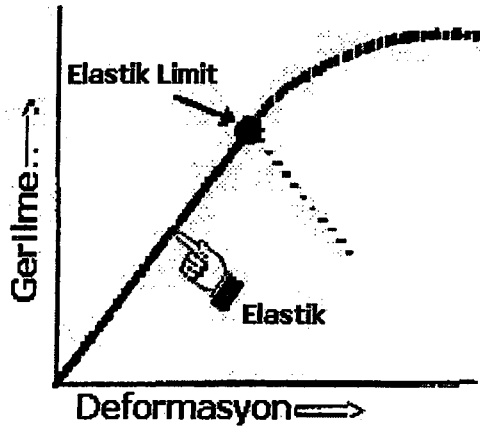
---

### 2.1. ELASTİSİTE KURAMI

Sismik dalgaların yayınımlı kayaçların elastik özelliklerine bağlıdır. Sismik dalga geçtiği ortamda bazı değişikliklere neden olur. Bu değişikliklerin miktarı ve tipi dalganın niteliğine ve ortamın içeriğine bağlıdır.

Katı bir cismin şekil ve büyüklüğü onun dış yüzeyine uygulanan kuvvetlerle değiştirilebilir. Bu dış kuvvetlere, şekil ve hacim değişmelerine direnç gösteren iç kuvvetler tarafından karşı konulur. Şekil ve hacim olarak değişmelere karşı koyma ve dış kuvvetler kaldırıldığında deforme olmadığı şartlara geri dönüş özelliğine elastisite denir. Tam elastik bir cisim, deforme olduktan sonra tamamen eski haline dönebilir. Kayaçlar dahil birçok cisim deformasyonların küçük olması şartıyla tam elastik olarak düşünülebilir.

Elastisite kuramı, şekil ve hacimce değişmeler meydana getiren bir cismin dış yüzeyine uygulan kuvvetlerle ilgilidir. Uygulanan kuvvetlerle deformasyonlar arasındaki bağıntılar; gerilme (stress) ve deformasyon (strain) kavramları cinsinden en uygun şekilde ifade edilirler.



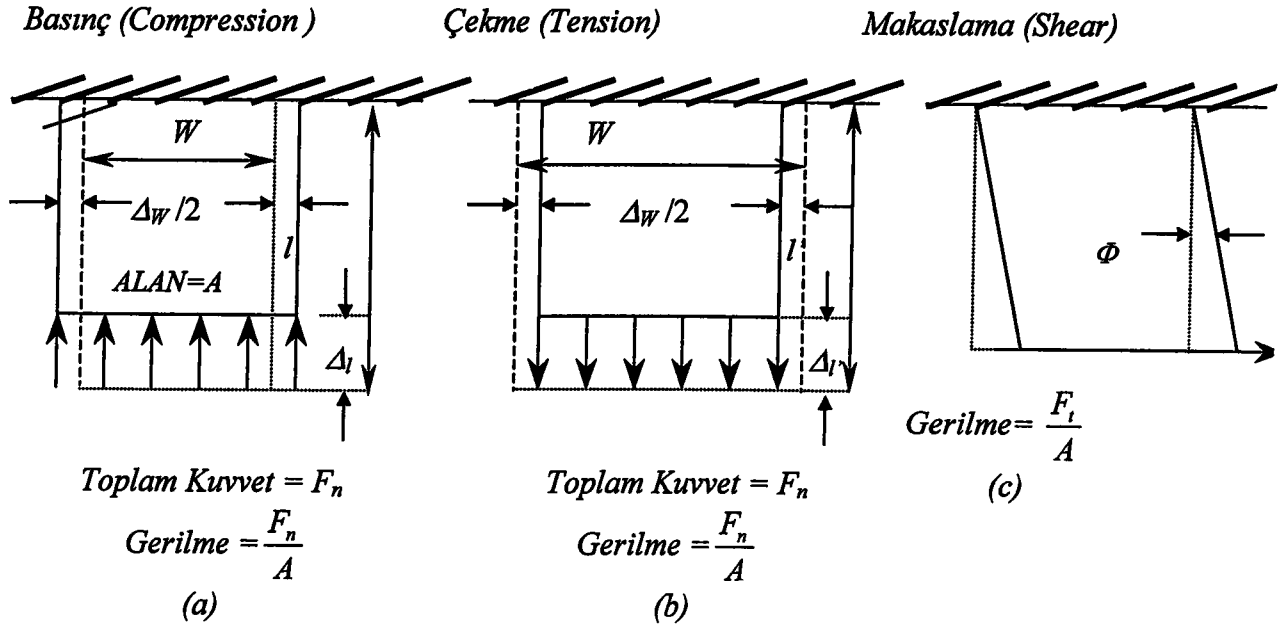
Şekil 2.1.1. Gerilme - Deformasyon İlişkisi

### 2.1.1. GERİLME (STRESS)

Herhangi bir cismi etki altına alan cisim içi ve cisim dışı kuvvetler o cisimde gerilmelere yol açarlar. Dış kuvvetler nedeniyle oluşan iç kuvvetlerin büyüklükleri gerilme olarak adlandırılır. Yani çok küçük bir yüzey parçası için birim yüzeye denk gelen kuvvete gerilme denir. Bir cisme bir kuvvet uygulandığında, kuvvetin uygulandığı alana oranıdır ( $F/A$ ). Alanlara etki eden iki tip kuvvet vardır: biri alana dik etki eden normal kuvvet ( $F_n$ ), diğeri alana paralel olan teğetsel kuvvet ( $F_t$ ) dir. Bir cisme uygulanan dışa yönelmiş gerilme şeklinde olanına çekme gerilmesi (tensile stress), içe yönelmiş gerilme şeklinde olanına ise basınç gerilmesi (Compressive stress) adı verilir.

### 2.1.2. DEFORMASYON (STRAIN)

Bir elastik cisim gerilmelere maruz kaldığında, şekil ve boyutlarında (hacimlerinde) değişimler meydana gelir. Bu değişiminin ölçüsüne deformasyon denir. Yani bu, bir cismin birim miktarında gerilmeye karşı meydana gelen şekil ve hacim değişimidir. Gerilmenin sebep olduğu  $\Delta l$  uzama veya kısılmasının gerilme öncesi orijinal  $l$  uzunluğuna oranına boyuna deformasyon  $\epsilon_l$ ,  $\Delta w$  enine daralması için aynı işlem enine deformasyonu ( $\epsilon_w$ ) verir.



Şekil 2.1.2. Gerilme-Deformasyon Arasındaki İlişki.  
a) Basınç; b) Çekme; c) Makaslama.

Noktalı çizgiler deformasyon öncesi şekillerini ifade eder.

$$\text{Boyuna (Longitudinal) Deformasyon, } \varepsilon_l = \frac{\Delta_l}{l} \text{ veya } \frac{\Delta_l'}{l'} \quad (2.1.1)$$

$$\text{Enine ( Transverse) Deformasyon, } \varepsilon_w = \frac{\Delta_w}{W} \quad (2.1.2)$$

$$\text{Poisson Oranı, } \sigma = \frac{\Delta_w}{W} / \frac{\Delta_l}{l} = \varepsilon_w / \varepsilon_l \quad (2.1.3)$$

Makaslama ( Shearing ) Deformasyonu,  $\varepsilon_{sh} = \Phi = \text{Deformasyon Açısı}$

## 2.2. SİSMİK DALGALAR

Yapay kaynaklı sismik yöntemin temelini, herhangi bir şekilde oluşturulan ses enerjisinin yer içine gönderilerek, başka bir noktadan algılanması oluşturur. Yer içinde ilerleyen enerji algılayıcıya gelirken yeraltının aydınlatılmasında kullanılabilecek çeşitli bilgileri de beraberinde taşır. Yer içine gönderilen söz konusu enerjiye sismolojide elastik dalgalar veya sismik dalgalar adı verilir.

Sismik dalgalar cisim ve yüzey dalgaları olmak üzere ikiye ayrılırlar.

### 2.2.1. CİSİM DALGALARI

Mükemmel elastik, izotrop ve homojen bir cismin içinde biri dilatasyon (genleşme = hacim değişmesi) dalgası, diğeri rotasyon dalgası olmak üzere iki tür dalga yayılır. Bunların ikisine birden ‘ Cisim Dalgaları ’ denir. Cisim dalgaları  $P$  (Boyuna – Birincil) Dalgaları ve  $S$  (Enine – İkincil) Dalgaları olmak üzere ikiye ayrılırlar.

#### 2.2.1.1. Boyuna Dalgalar ( $P$ Dalgası)

Bu tip dalgalar, sıkışma veya ilk genleşme olarak bilinirler. Bu dalgaların yayılımı sırasında kübik bir genleşme veya hacim değişikliği (deformasyon) olur. Boyuna dalgalarda sıkışma ve genleşmeyi temsil eden titreşim doğrultusu dalga yayılım doğrultusuyla aynıdır.

Dalga yayılımında hacim değişimiyle birlikte şekil değişimi de olur. Fakat bu şekil değişimi sırasında açılar değişmez, yani küp şeklindeki bir eleman dikdörtgen prizma ya dönüşür.

$P$  dalgaları bir ortam içindeki en hızlı dalgalar olduğundan deprem kayıtlarında en önce kaydedilirler.

$P$  dalgasının hızı,

$$V_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \quad (2.2.1.1.1)$$

bağıntısıyla verilir. Burada,

$\sigma$  = Poisson Oranı

$\mu$  = Rijidite (Kayma Modülü)

$\rho$  = Yoğunluk Modülü (Elastisite)

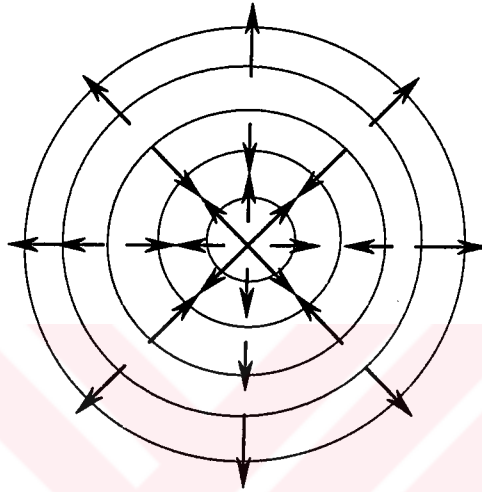
Yukarıdaki formül de  $\mu$  'nin sıfır olduğu, cismin şekil değişikliğe karşı direncinin sona erdiği hallerde bile,  $P$  dalgasının hızı belirli bir değer taşır. Bunun



anlamı,  $P$  dalgaları sıvı ve gaz gibi hiçbir rijiditesi olmayan maddeler içerisinde de geçebilir.



Şekil 2.2.1.1.1.  $P$  Dalgası Yayınımı



Şekil 2.2.1.1.2.  $P$  Dalgası Küresel Yayınımı

### 2.2.1.2. Enine dalgalar ( $S$ dalgası)

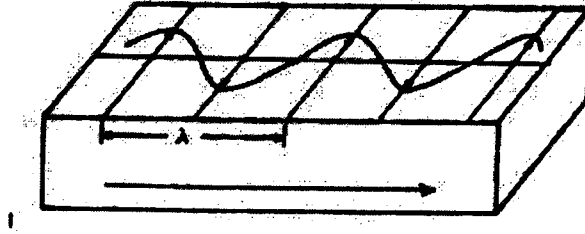
Enine dalgaların yayılımı sırasında elemanlar şekil bozulmaları, yani açılarda değişim gözlenir. Bunun nedeni; dalga yayılımı arasında parçacıkların titreşim doğrultusunun, dalga yayılımı doğrultusuna dik olmasıdır. Bu tür dalgalar  $S$  dalgaları olarak adlandırılır.

$S$  dalgalarının yayılımında enine olan parçacık salınımı yatay düzlem üzerinde ise dalga  $SH$  adını alır. Eğer parçacık hareketleri düşey düzlem üzerinde kalıyorsa  $SV$  dalgası olarak adlandırılır.

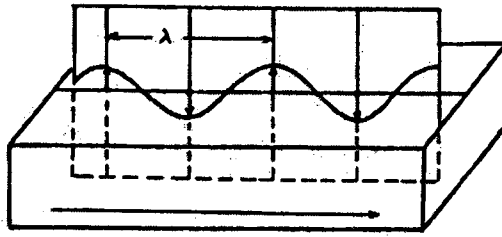
$S$  dalgasının hızı  $V_S$  aşağıdaki bağıntı ile verilebilir.

$$V_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}} \quad (2.2.1.2.1)$$

$S$  dalgalarının hızı, içerisinde geçtikleri cismin rijidite ve yoğunluğuna bağlıdır. Bu nedenle rijiditesi bulunmayan sıvı maddelerde  $S$  dalgaları oluşmaz.



Şekil 2.2.1.2.1. SH Dalgası



Şekil 2.2.1.2.2. SV Dalgası

$P$  ve  $S$  dalgalarının oranı ise,

$$\frac{V_P}{V_S} = \sqrt{\frac{2(1-\mu)}{1-2\mu}} \quad (2.2.1.2.1)$$

bağıntısıyla gösterilebilir.

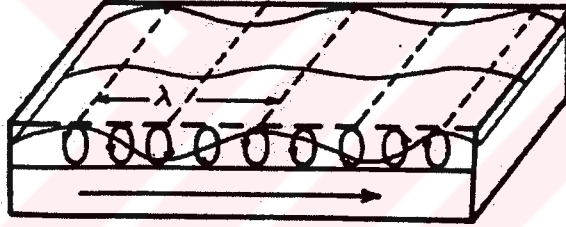
Poisson oranının genellikle  $\frac{1}{4}$  olan değeri yukarıdaki bağıntıda yerine konulursa  $V_P/V_S$  oranı  $\sqrt{3}$  değerini alır. Bu da katı cisimlerde  $P$  dalgasının  $S$  dalgasından 1.7 kez daha hızlı olduğunu ifade etmektedir.  $P$  ve  $S$  dalgalarının çeşitli formasyonlardaki hız değerleri Tablo – 2.2.1.1.'de verilmiştir.

<i>Formasyon</i>	<i>P Dalga Hızı (m/s)</i>	<i>S Dalga Hızı (m/s)</i>
<i>Granit</i>	5680	2950
<i>Granodiorit</i>	4780	3100
<i>Diorit</i>	5780	3060
<i>Gabro</i>	6450	3420
<i>Bazalt</i>	6400	3200
<i>Dünit</i>	8000	4080
<i>Kumtaşı</i>	1400-4300	-
<i>Konglamera</i>	2400	-
<i>Kireçtaşı</i>	1700-4200	2955
<i>Kil</i>	1100-2500	-
<i>Gevşek kum</i>	1800	500

*Tablo-2.2.1.1. P ve S Dalga Hızlarının Bazı Kayaçlardaki Yayınma Hızları (Clark, 1966).*

## 2.2.2. YÜZEY DALGALARI

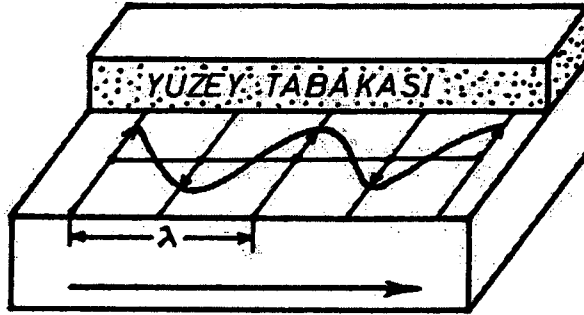
### 2.2.2.1. Rayleigh (R) Dalgaları



*Şekil 2.2.2.1.1. Rayleigh Dalgalarının Yayınımı Sırasında Parçacık Hareketleri*

R dalgalarının oluşabilmesi için serbest bir yüzeyle sınırlanmış bir yüzeyle sınırlanmış yarı sonsuz bir esnek ortamın bulunması gerekir. R dalgaları yayılırken geçtiği yol boyunca parçacıklar, elips hareketi çizerek ilerler. Bu elipsin büyük eksenini düşey olup; elipsin büyük eksenini boyunca titreşen, küçük eksenini boyunca da ilerleyen dalgalardır. Hareket, yayılım doğrultusunun tersi yönündedir. Büyük genlikli ve alçak frekanslı dalgalardır. Periyotları 3-10 sn, dalga boyları da 50-100 km arasında değişir. Dalga boyu kadar derinliğe inebilirler.

### 2.2.2.2. Love (L) Dalgaları



Şekil 2.2.2.2.1. Love Dalgası Yayınımında Parçacık Hareketleri

Love dalgalarının oluşabilmesi için bir yüzey tabakasının bulunması gerekir. Yerküresinin kabuğu bu görevi görmektedir. Love dalgaları yerin serbest yüzeyi ile kabuğun tabanı arasında ardışık yansımalara uğrayan *SH* dalgalarının yapıcı girişiminden oluşur. Kabuk içinde hapsedilmiş olan bir tür kanal dalgalarıdır.

Love dalgalarının oluşabilmesi için üst tabakadaki *S* dalgasının hızı alt ortamdaki *S* dalgasının hızından küçük olması gerekir. Sismolojide bu dalgalara kısaca *L* dalgaları adı verilir. Sismogramlarda da uzun periyot ve geniş genlik verirler. Love dalgasının hızı dalga sayısına dolayısıyla dalga frekansına yada periyoduna bağlı olarak değişir. O halde her frekans değeri için ayrı bir hız elde edilir. Bu nedenle Love dalgaları saçılım (dispersiyon) gösterirler. Hızları derinlikle artar. Genlikleri eksponansiyel olarak azalır.

Bir depremde kayıt istasyonuna ilk gelen dalga *P* dalgasıdır. Onu *S* dalgası izler. Sonra yüzey dalgaları belirir. Yüzey dalgalarından önce *L* dalgası sonra da *R* dalgası belirir.

### 2.3. SİSMİK HIZI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Sismik hızlar yoğunluk ve elastik parametrelerin fonksiyonu olarak  $V = f(E, \rho, \lambda, \mu, k, \sigma)$  şeklinde ifade edilir. Kısaca sismik hızı etkileyen faktörleri aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür:

- Derinlikle, aynı kayaç için artar.
- Kayaç cinsine bağlı olarak yoğunlukla sismik hız artar.
- Basınca duyarlı kayaçlar için sismik hız artar.
- Kayaçta gözeneklilik arttıkça sismik hız düşer.

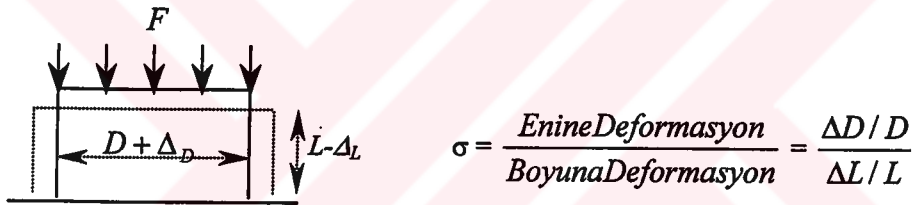
Arazi ölçülerinden elde edilen  $P$  ve  $S$  dalgaları kullanıldığı zaman bulunan  $V_P / V_S$  oranı, formasyonların pekleşmiş olup olmadığını, gaz veya petrol taşıyıp taşımadığını işaret eder. Büyük derinliklerdeki pekleşmiş tortullar için  $V_P / V_S$  oranı 1.6 ile 2.2 arasında olur. Az örtülü tortullar için bu oran 2.8 ve gevşek tortullar için 6 veya daha fazla olabilir.

$P$  ve  $S$  dalga hızlarının bazı kayalarındaki yayınma hızları *Tablo-2.2.1.1.* de görülmektedir.

## 2.4. ELASTİK SABİTLER

### 2.4.1. Poisson Oranı :

Bu oran, bir gerilme- deformasyon ilişkisinin ölçüsü olmayıp, bir geometrik şekil değişmesinin ifadesidir. Enine daralmanın, boyuna uzamaya oranı olarak tanımlanır (*Şekil 2.4.1.1.*).



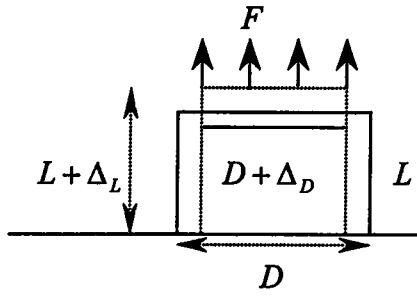
*Şekil 2.4.1.1. Poisson Oranı*

Kayaçlar içerisindeki boşluk ve çatlaklar Poisson oranını çok etkiler ve kayacın kırıklı olup olmadığını, ayrıca kayacın gözeneklerinde su taşıyıp taşımadığını gösterir. Poisson oranı 0 (Hacimce önemli bir değişimi belirtir) -0.5 (Hacimsel bir değişimin olmadığını belirtir) arasında değişir. Çoğu elastik katılar için ortalama değeri 0.25 civarındadır.

Deformasyon kuvvetinin sıkıştırma (Basınç) veya çekme olmasına bağlı olarak farklı işarete sahiptir.

### 2.4.2. Young Modülü :

Sıkıştırma ve genişleme kuvvetleri altında enine daralmanın boyuna uzamaya oranıdır. Yani, basit bir germe (Çekme) veya sıkıştırma şeklinde gerilme - deformasyon (stress- strain) oranının ölçüsüdür (*Şekil 2.4.2.1.*).



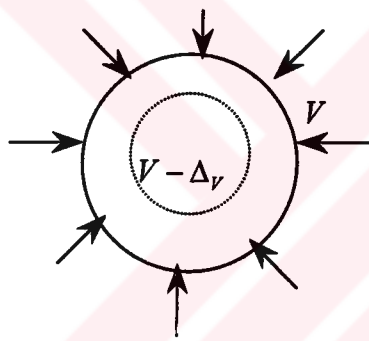
$$E = \frac{\text{Boyuna Gerilme}}{\text{Boyuna Deformasyon}} = \frac{F / A}{\Delta_D / L}$$

Çekme (Tension)

Şekil 2.4.2.1. Young Modülü

### 2.4.3. Bulk modülü :

Bulk modülü, hidrostatik basınç (P) altında kalan bir kayaçtaki gerilme – deformasyon ölçüsüdür. Diğer bir deyişle materyalin hacim değişikliğine karşı mukavemetinin ölçüsüdür (Şekil 2.4.3.1.).



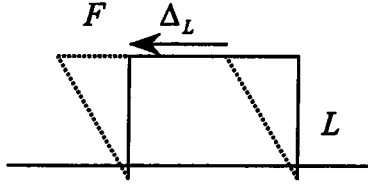
$$K = \frac{\text{Hacim Gerilmesi}}{\text{Hacim Deformasyonu}} = \frac{P}{\Delta_V / V}$$

Hacim Küçülmesi

Şekil 2.4.3.1. Bulk Modülü

### 2.4.4. Makaslama (Shear) Modülü ;

Basit bir makaslama için Gerilme – Deformasyon oranı ölçüsüdür. Kaydırma (makaslama) kuvveti yer değiştiren yüzeye teğettir ve makaslama gerilmesi birim alandaki böyle bir kuvvettir. Makaslama deformasyonu hacimce değişmesiz meydana gelen yer değiştirmedir. Sıvıların makaslama karşı direnci olmadığından bu modül sıvılar için sıfırdır (Şekil 2.4.4.1.).



Şekil 2.4.4.1. Shear Modülü

$$\mu = \frac{\text{Kayma Gerilmesi}}{\text{Kayma Deformasyonu}} = \frac{F/A}{\tan \phi} = \frac{F/A}{\Delta_L/L}$$

$\tau$  = Kayma Gerilmesi

$$\mu = \frac{\tau}{\tan \phi}$$

## 2.5. ELASTİK PARAMETRELERİN SİSMİK HIZLARLA İLİŞKİLERİ VE GÖZENEKLİLİK

### 2.5.1. Sismik hızları oranı ' Güvenlik Katsayısı ' ( $V_P/V_S$ )

Boyuna ve Enine sismik dalga hızları birbirine oranıyla güvenlik katsayısı elde edilir. Güvenlik katsayısı formasyonların konsolide olup olmadığı, gaz ve sıvı taşıyıp taşımadığını gösterir. Bu oran tortul kayalarda geniş aralıkta değişirken (1.3 – 6.8) ; magmatik ve metamorfik kayalarda 1.7 – 1.9 arasında değişir. Kısaca  $V_P/V_S$  oranındaki değişimin kayacın elastik özelliklerine sıkı sıkıya bağlı olup, orandaki büyüme; gözeneği bol gevşek tortul kayaları ve magmatik ise eklem ve çatlak sistemlerinin artmasını gösterir (Keçeli, 1990).

### 2.5.2. Poisson Oranı :

Kayaçların yoğunlukları dikkate alınmadan sadece hızlarına ( $V_P$  ve  $V_S$ ) bağlı olarak hesaplanır.

$$\sigma = \frac{0.5 \times (V_P/V_S)^2 - 1}{(V_P/V_S)^2 - 1} \quad (2.5.2.1)$$

Poisson Oranı, gözeneklilik ile ters orantılıdır. Derinlik ve su doygunluğunun artmasıyla artar. Poisson oranı 0-0.5 arasında değişir. Bu oran gevşek, gözenekli ve su ile doymuş kayalarda yüksek olup (değeri 0.45 – 0.5), kayalar sertleştikçe değeri düşer. Granit, bazalt gibi sert kayalarda (<0.25) daha düşüktür.

### 2.5.3. Young modülü :

Young modülü, yoğunluk ve sismik hızlardan hesaplanır.

$$E = 2 \times \mu(1 + \sigma) \quad (2.5.3.1)$$

Bu parametre, jeofizik birimlerinin (formasyonun) sertliğinin ve sağlamlığının bir ölçüsüdür. Eğer, Elastisite Modülü yüzeyden derinliğe doğru değişik değerler alıyorsa, zeminin farklı derinliklerde farklı sıklıkta olduğunu gösterir (Keçeli, 1990).

### 2.5.4. Bulk Modülü (Hacimsel Sıkışma) :

Bulk Modülü, bir cismin sıkıştırılabilirlik kapasitesidir.

$$K = \frac{E}{3 \times (1 - 2 \times \sigma)} \quad (2.5.4.1)$$

Bazı kayaçların sıkıştırılabilirlik kapasitesi farklıdır, bu nedenle bazı kayaçlar, sismik dalgaları farklı hızlarla iletirler.

### 2.5.5. Makaslama (Shear) Modülü :

Kayma Modülü, yalnız enine dalga hız ile yoğunluğa bağlıdır. Bunun için enine dalga hızı belirlemek gerekir.

$$\mu = \rho * Vs^2 \quad (2.5.5.1)$$

Kayma Modülü, makaslama gerilmelerine karşı formasyonun direncini gösterir. Kayma modülü ne kadar yüksek ise formasyonun makaslama gerilmelerine karşı direnci de o kadar fazla demektir. Deprem hasarlarını tahmin etmede, kayma modülünün belirlenmesi önem taşımaktadır. Elastik dalgaları denetleyen önemli bir parametredir (Keçeli, 1990)



### 2.5.6. Lamé Sabiti :

Bütün bu yukarıda sayılan parametrelerin dışında Lamé parametresi olarak bilinen sabit vardır. Eğer materyal yukarıya doğru uzatılırsa yukarıya doğru  $Z$  deformasyonu, yana doğru  $X$  gerilmesi oluşur. Cisim sıkışmaz ise  $\lambda = 0$  'dır.

$$\lambda = \frac{E \times \sigma}{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)} \quad (2.5.6.1)$$

### Yoğunluk ( $\rho$ , gr / cm<sup>3</sup>)

Jeolojik formasyonun yoğunluğu,

$$\rho = 0,31 \times V_p^{0,25} \quad (2.5.6.2)$$

bağıntısıyla verilir (*Gardner, G.H.F. vd., 1974*).

### 2.5.7. Gözeneklilik :

Kayaç içinde çeşitli olaylar nedeniyle oluşan boşluklar ve çatlakların miktarı kayacın içerebileceği sıvı miktarı ve kayacın özdirenç değerini doğrudan etkilediği için bu durum kuyu logu ölçülerinin değerlendirilmesinde büyük önem taşır. Bu nedenle bazı durumlarda gözenekliliğin sayısal olarak hesaplanması gerekir.

Gözeneklilik değerini,  $V_p$  sismik hızından yararlanılarak,

$$\phi = -0.175 \times \ln(V_p) + 1.56 \quad (2.5.7.1)$$

bağıntısından saptanabilir (*Watkins et al., 1972*).

Genel olarak gözeneklilik kayaçtaki boşluk hacminin toplam hacime oranı olarak ifade edilir. Yüzde olarak tanımlanan gözeneklilik,

$$\% \phi = \frac{V_B}{V_T} \quad (2.5.7.2)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntıda,

$V_B$  = Kayaçtaki Boşluk Hacmi

$V_T$  = Kayacın Toplam Hacmi

olarak tanımlanır.

Toplam hacim  $V_T$ , kayaç içindeki toplam boşluk hacmi  $V_B$  ile kayacın boşluksuz kısmını oluşturan parçasının hacminin toplamına eşit olur ve bu durum,

$$V_T = V_B + V_K \quad (2.5.7.3)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Bu durumda (2.5.7.2) ve (2.5.7.3) nolu bağıntılarından gözeneklilik,

$$\% \phi = 1 - \frac{V_K}{V_T} \quad (2.5.7.4)$$

bağıntısı ile de ifade edilebilir. Boşluk oranı laboratuvar koşullarında kolayca hesaplanabilir. Bunun için kayaç önce ısıtılarak tüm sıvısı buharlaştırılır ve ağırlığı ölçülür ( $W_K$ ). Daha sonra %100 suya doygun hale dönüştürülerek ağırlığı bulunur ( $W_D$ ). Böylece bu veriler,

$$\phi = \frac{W_D - W_K}{V_T} \quad (2.5.7.5)$$

bağıntısında kullanılarak o kayacın gözeneklilik hesaplanır. Kayaçların gözeneklilikleri tane büyüklüğüne, şekline, tanelerin sıralanmasına ve ara maddeyi oluşturan çimentolama derecesine bağlı olarak değişim gösterirler. Tanelerin üniform olup olmamasına bağlı olarak gözeneklilik değişir. İrili ufaklı tanelerin oluşturduğu ortamlarda ufak taneler iri tanelerin arasını doldurduğu için gözeneklilik azalır. Ayrıca tanelerin diziliş şeklide gözeneklilik miktarını etkiler. Dik dizilişlerde gözeneklilik artarken, eğik dizilişlerde gözeneklilik azalır. Formasyonlar genelde 'Birincil' ve 'İkincil' olmak üzere iki tür gözenekliliğe sahiptir.

**Birincil gözeneklilik:** kayacın ilk oluşumu sırasında kayacın kazandığı düzenli gözeneklilik olarak tanımlanır.

**İkincil gözeneklilik:** kayacın ilk oluşumunda sonra geçirdiği olaylar (kayacın sıkışması, erimesi ve çatlaması sonucu oluşabilen çatlaklar erime boşlukları gibi.) sonucu oluşan gözenekliliği tanımlar. Bu olay daha çok metamorfizma geçirmiş kayaçlarda gözlenir.

Formasyonlar içerdikleri gözeneklilik oranına ( $\% \phi$ ) göre genel olarak,

$\% \phi > \% 25$	ise	Yumuşak Formasyon
$\% 25 > \% \phi > \% 15$	ise	Orta Sert Formasyon
$\% \phi < \% 15$	ise	Sert Formasyon şeklinde sınıflanabilir.

<i>Kayacın cinsi</i>	<i>Gözeneklilik ( % olarak )</i>
<i>Toprak</i>	<i>50-60</i>
<i>Kil</i>	<i>45-55</i>
<i>Silt</i>	<i>40-50</i>
<i>Kaba ve İnce Kum Karışığı</i>	<i>30-40</i>
<i>Çakıl</i>	<i>30-40</i>
<i>Kum ve Çakıl</i>	<i>20-35</i>
<i>Kumtaşı</i>	<i>10-20</i>
<i>Killi Şişt (Şeyl)</i>	<i>1-10</i>
<i>Kalker</i>	<i>1-10</i>

*Tablo 2.5.7.1. Bazı Kayaçların Gözeneklilik Değerleri (Erguvanlı & Yüzer, 1987)*

## 2.6. SİSMİK HIZLAR İLE POISSON ORANI, GÖZENEKLİLİK, BASINÇ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Poisson oranı ve gözeneklilik, yüzeye yakın tortullar ve yüzeysel topraklar için, sismik kırılma ölçümlerinden elde edilen sıkışma ve yatay makaslama dalgalarından saptanır. Sıkışma ( $P$ ) ve Kesme ( $S$ ) dalgalarının toprak, tortullar ve kayaçlar içindeki yayılımı;

- Litolojik (Tanelerin büyüklüğü, biçimi, tipi, dizilim ve dağılımlarının oluşturduğu formasyon yapısı, kil miktarı ve çeşidi, sertleşme, pekleşme ve çimentolaşma)
- Fiziksel (Gözeneklilik, Geçirgenlik, Yoğunluk, Anizotropi, Doygunluk derecesi, Doygunluk yaratan maddenin çeşidi, basınç ve sıcaklık)
- Elastik (Sıkışmazlık (Bulk), Kesme, Elastisite modulleri, Lamé sabiti ve Poisson oranı).

özellikler gibi değişik etkenlerle düzenlenmektedir. Poisson oranı ( $\sigma$ ) derinlikle, su doyumunun artmasıyla ve gözeneklilik azalmasıyla artar.

Poisson oranı ( $\sigma$ ) mühendislik, yeraltı suyu ve hidrokarbon araştırmalarında etkin olarak kullanılmaktadır. Örneğin *Mann & Fatt (1960)*, gözenek sıvısının poisson oranını ihmal edilebilir bir değerden 0.5 'e artırdığını, *Koefoed ve diğ.*

(1963) Poisson oranındaki artışı ve gözeneklilik azalımı arasında açık bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir. *Pickering (1970)*, anizotropi zeminler için Poisson oranının 1.0 ila 0.5 arasında değiştiğini, *Stoke & Woods (1972)*, Poisson oranının pekleşmemiş ve doymuş tortullar için  $\sigma = 0.31$  olduğunu saptamışlardır. *Gregory (1978)*, Poisson oranının negatif değerlerinin yüksek gözeneklilik, hava yada gaz doymuşluğunu belirttiğini, *Bishop & Hight (1979)*, düşük sıkışmazlığın (yüksek Bulk modülü) Poisson oranının 0.5 'e ulaşmasına neden olduğunu ve ters ilişkili olduklarını göstermişlerdir. *David & Schultheiss (1980)* Poisson oranının killerde 0.4982 – 0.4997 arasında değiştiğini saptamıştır. *Stuempel vd. (1984)* ise sığ, killi ve doymuş tortullar için Poisson oranının 0.49 'dan yüksek olduğunu bulmuşlardır. *Tatham (1982)*, gaza doymuş tortullar için Poisson oranını 0.1 olarak saptamış, killer ve siltler gibi daha yumuşak ve küçük taneli formasyonlarda Poisson oranının daha büyük, buna karşın kumlar ve çakıllar gibi daha sert ve iri taneli formasyonlarda daha küçük olduğunu vurgulamışlardır. *Hubbert & Willis (1957)*, *Eaton (1969)* ve *Labudovic (1984)*, Gözenek-Basınç değişiminin çatlak boyutlarının kontrol eden temel etkenler olduğunu, Poisson oranı ve diğer parametrelerden kestirilebildiğini belirtmişlerdir. *Salem (2000)*, Poisson oranının derinlikle, su doymuşluğunun artmasıyla ve gözenekliliğinin azalmasıyla arttığını saptamıştır.

Farklı yüksek basınçlar altında, suya doymuş gözenekli kayalarda ;

- *P* dalga hızı, kil miktarıyla ters orantılıdır.
- *P* dalga hızı, artan gözeneklilik ile azalır.
- *P* dalga hızlarında, gözeneklilik etkisi, yaklaşık olarak kil doymuşluğunun iki katıdır.
- *P* dalga hızı artan permeabiliteyle çok az artar.

Sıkışma dalga hızı  $V_p$  (km/sn), ultrasonic (ses üstü) frekans 'da ve 40 MPa basınçta, gözeneklilik  $\phi$ , kil doymuşluğu  $C$  ve permeabilite  $K$  ile ilişkili olup,

$$V_p = 5,66 - 6,11 \phi - 3,53 C + 0,0007 K$$

bağıntısıyla verilir (*Klimentos, 1991*).

Kuzey Almanya 'da yerinde yapılan makaslama dalga deneylerinde, birkaç belirli özellik gözlenmiştir. Buna göre Makaslama dalgalarının (*S*), sıkışma dalgalarından (*P*) farklı olduğu saptanmıştır.

Makaslama dalgaları bu özellikleri nedeniyle ;

- Su doymunluk derecesinden oldukça fazla etkilenmezler ve bu nedenle  $V_S$  hızı litoloji arasında daha iyi bir ilişki sağlanır. Böylece, akifer içindeki litolojik sınırlar araştırılabilir.
- Poisson oranının, iri taneli killer için  $\sigma = 0.49$  ve  $V_P/V_S = 9$  'dan büyük olduğu saptanmıştır. Hatta kuru ve kısmen doymun kumlarda,  $V_P/V_S$  oranının,  $1.41 - 4.0$  arasında değiştiği görülmüştür. Aynı frekanslı dalga boyları için,  $S$  dalgalarının dalga boyu,  $P$  'nin dalga boyundan küçüktür.
- Genellikle gaz içeren tortullar için,  $S$  dalgasındaki soğurmanın,  $P$  dalgasındakinden daha küçük olması nedeniyle  $S$  dalgaları için uygun bir penetrasyon elde edilir ve tabakaların kalınlıklarının ayımlanması, çatlakların ve fay zonlarının yerlerinin daha iyi saptanabilmesi söz konusu olur (*Stuempel vd., 1984*).

---

## BÖLÜM ÜÇ

# ÇALIŞMA ALANI VE DEĞERLENDİRME

---

### 3.1. COĞRAFİ KONUM , MORFOLOJİ , ÇEVRE VE İKLİM ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanının kuzeyinde Edremit, güneyinde Ayvalık ilçeleri yer almakta olup, Edremit Ovasının güneyinde bulunmaktadır. Bölgeye ulaşım, İzmir - Çanakkale karayoluyla veya Balıkesir-Burhaniye karayoluyla sağlanmaktadır. Bölgede kuzeyden güneye ve batıdan doğuya doğru topoğrafik eğim artmaktadır. İnceleme alanı civarında en yüksek kotlar, Taylıeli Köyü ve çevresinde gözlenir. Topoğrafya bu sırtlar boyunca 15-20 derece yamaç açısından 150-200 m kotuna erişir. İnceleme alanı içerisinde Kocatepe ( 31 m ) ve Örentepe ( 15 m ) mevkileri, arazinin en yüksek kesimlerini oluştururlar. Bölge genel olarak düz bir topografyaya sahiptir.

İnceleme alanının büyük bir kısmı binalarla ve asfalt yollarla kaplıdır. Bu durum alanın morfolojisini kısmen değiştirmiştir. Halen parklar, mezarlık ve çevre yamaçlar bitki örtüsüyle kaplıdır. Etüt alanında bulunan en önemli dereler Karınca deresi ve Havran Çayıdır. Burhaniye ilçe merkezine kadar kuzey güney yönünde akan Karınca deresi ilçe merkezinden denize kadar doğu batı yönünde akar ve Ören' in güneyinden körfeze dökülür. Karınca deresinin inceleme alanındaki uzunluğu 14 km olup, toplam drenaj alanı 3022 km<sup>2</sup> 'dir. Ayrıca inceleme alanı civarında güneydoğu kuzeybatı yönünde uzanım gösteren eski dere yatakları ve küçük sulama kanalları yer almaktadır.

İnceleme alanında Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Bu iklimde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Yağışlar genellikle yağmur şeklinde olmaktadır. Kar yağışı zaman zaman kış aylarında gözlenmektedir.

Meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre yıllık yağış ortalaması 322-733 mm arasında değişmekte olup, en yağışlı aylar Kasım, Aralık, Ocak, Şubat aylarıdır. Ayrıca yıllık sıcaklık ortalaması 135-159 °C olup, en yüksek sıcaklık Ağustos ayında, en düşük sıcaklık ise Ocak ayında gözlenmektedir. İnceleme alanında zeytincilik yayılmaktadır. Bölgenin güneyinde geniş alanlara yayılan zeytinlikler bulunmaktadır.

### 3.2. BÖLGESEL JEOLJİ

Bölgede en yaşlı birim, Paleozoik yaşlı metamorfiklerdir. Edremit ilçesinin kuzeydoğusunda geniş bir alanda yayılım sunarlar. Özellikle Kazdağ masifinin katasometamorfik kayaçlarını meydana getirirler. Bölgedeki bu metamorfik kayaçlar esas olarak, karbonatlı formasyonlar, gnayslar, ultramafik-mafik formasyonlar olmak üzere üç fasiyes altında toplanırlar.

İnceleme alanında, Paleozoik yaşlı birimlerin üzerine uyumsuz bir dokunak boyunca gelen birimler, ilksel şeklini kısmen koruyan çeşitli kırıntılı kayaçların yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş türlerinden oluşan, Kınık formasyonu olarak adlandırılan ve tanımlanan metamorfik kayaçlardır. Etüt alanının güneyinde (Kozak dolaylarında) küçük yüzlekler halinde ve Edremit ilinin kuzeyinde yer alırlar. Metamorfik kayaçlar metadünitler, amfibolitler, gnayslar, mermerler ve metaşistlerden meydana gelirler. Bu metamorfik kayaçların üzerinde üst Triyas yaşlı, karbonat ve yer yer silis çimentolu konglomera birimi bulunur. Jurasik yaşlı beyazımsı-gri renkli, kristalize, kumlu ve çok çatlaklı kireçtaşı birimi ise konglomera biriminin üzerinde uyumlu olarak yer alır. Ayrıca Alt Triyas yaşlı metamorfikler, yerleşim yaşının Eosen-Oligosen olduğu varsayılan bir granodiyorit tarafından kesilmişleridir.

Neojen birimleri, tamamen farklı litolojik ve petrografik özellikleri bulunan andezit, spilit ve tüf türünden volkanik kayaçlar ile tüfit, kil, kumtaşı, marn ve kireçtaşından oluşan tortul kayaçlar olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Çalışma alanında, volkanik aktiviteler oluşurken, bir taraftan da karasal ortamda tortul kayaç birimleri meydana gelmiştir. Böylece bu volkanik evrelerin



türünleri ile çökel kaya birimleri sıkı ilişkili olup, yer yer aralanmalı, kimi yerlerde ise birbirlerini üstler durumunda izlenirler.

Çalışılan alanın güney ve doğu kesiminde yüzeylenen volkanik kayalar, dört volkanik evrede gelişmişlerdir. Volkanik kayalar; latit, dasit, riyodasitik lavlar aglomeralar, laharlar, silisleşmiş tüfler ve esas olarak tuf ara seviyeleri içeren andezit ve spilitlerden oluşurlar ve geniş bir alanda yüzlek verirler.

Tortul kayaç birimleri, tabanda ince bir tüfit seviyesi ile volkanikler üzerinde başlamakta ve ince kil tabakalarıyla aralanmalı göl fasiyesinde, marn, kumtaşı ve kireçtaşları şeklinde devam etmektedir. Birim, bol saz ve yaprak fosilleri içerir. Etüt alanının güneyinde geniş bir alanda yüzlek verirler ve genel olarak kireçtaşları kumtaşları ve çakıl taşları olarak izlenmektedirler.

Burhaniye ovasının kireçtaşları, sarı-bej taze yüzey renkli olarak görülürler. Birim orta-ince tabakalanma sunar, yüksek dayanımlıdır. Kireçtaşları altta ince tabakalı olarak başlar, üste doğru ise tabakalanma büyür. Tüfitlerde yerel silisleşmeler izlenmektedir. Kil ve marnlar genelde orta ayrılmış, fakat kireçtaşları az ayrılmıştır.

İnce ve orta kalınlıkta tabakalanma gösteren birimler genellikle az eğimli olup, bazı yerlerde kısa mesafelerde ondülasyonlar yaptıkları gözlenir. Uyumsuz olarak Kuvaterner birimleri tarafından örtülmektedirler.

Ovanın büyük bir kısmını oluşturan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise çeşitli irilikte blok, çakıl, kum, silt ve kilden meydana gelmiştir. Burhaniye ovasında, yüzeyde genellikle dere yataklarında ve özellikle Burhaniye ilçe merkezinde ve doğusunda, iri blok ve çakıllar halinde görülürler. Elemanları çoğunlukla volkaniklerden meydana gelir. Ovanın büyük bir bölümünde ise kumlu, siltli killi tabakalar halinde görülürler. Batıda körfeze yakın kesimlerde ise kil hakim durumdadır (*Şekil 3.1.1*).

### 3.2.1. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

İnceleme alanındaki jeolojik ortam, Holosen yaşlı (10.000 yıldan genç) akarsu çökellerinin depolandığı bir çöküntü ovası olarak tanımlanmıştır. Kuvaterner istifinin en genç oluşukları olan akarsu çökelleri Havran çayı, ve bu çayı besleyen



diğer sulu dere yataklarında biriktirilmiş çökeller ile bu akarsuların taşkın çökellerinden meydana gelmiştir.

İnceleme alanının stratigrafisinin çıkarılıp birimlerin jeolojik ve mühendislik jeolojisi özelliklerinin çıkarılması için 250 cm derinliğinde kazılan araştırma çukurundan yararlanılmıştır.

Buna göre;

0-20cm Bitkisel Toprak

20-200 cm Kil

>200 cm Az Çakıllı Kum

İstifin ilk 20 cm 'sini Bitkisel Toprak oluşturmaktadır.

### **Kil (20-200 cm)**

Koyu gri renkli kil, yüksek plastisiteli olup, yersel ince kum-silt merclekleriyle temsil olmaktadır. Kil, 180 cm kalınlığında, yanal yönde devamlılık sunar.

### **Az çakıllı kum (>200 cm)**

Koyu grimsi kahverengi (nemli toprak rengi) renkli kum son derece gevşek karakterli, kötü derecelenmiş, kötü-orta boylanmış, az-orta geçirimli, yersel çapraz tabakalı olup 200 cm den sonra yanal yönde devamlılık sunar. Az çakıllı kum ile kil dokunağını yeraltı suyu seviyesi takip eder.

### **3.3. BÖLGESEL TEKTONİZMA**

Bölgede tektonik Miyosen-Pliyosen arasında etkin olmuştur. Bölge genelinde, genel doğrultusu K40-60D olan faylar göze çarpmaktadır. Bu faylar arazide net olarak izlenebilmekte, Edremit Körfezi 'nde yapılmış olan bir çalışmaya göre de, alüvyonların altında da devamlılık göstermektedir. Bunlar tansiyon faylardır ve genel olarak güneye eğimlidirler.

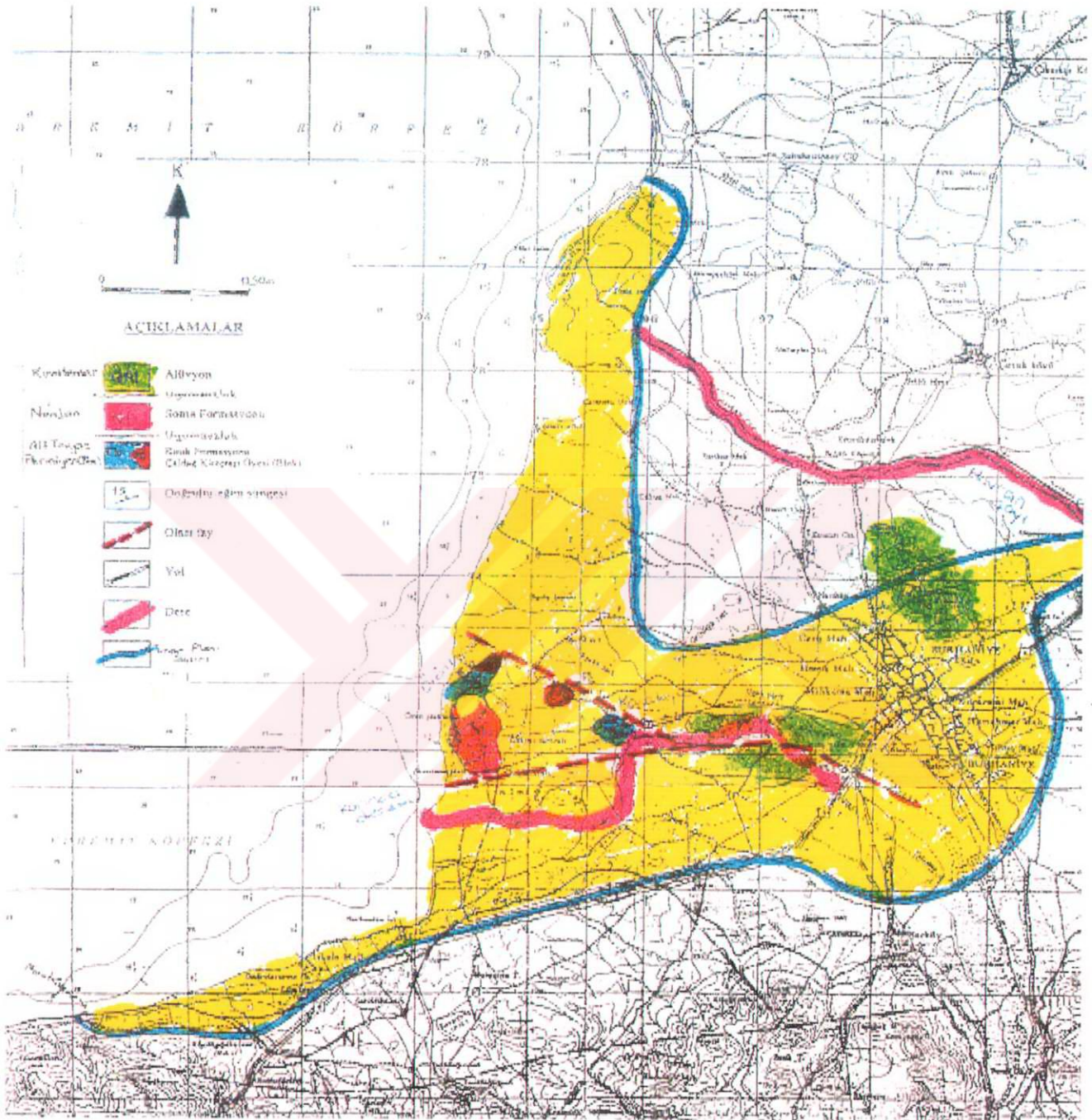
Paleozoik yaşı metamorfik kayalardan oluşan Kazdağ masifi çevresinde, belirgin olarak gözlenen K-G eksenli kıvrımlarla aynı zamanda gelişen, eksen doğrultusu D-B, apı büyük ikinci kıvrımlanma neticesinde, masif kubbe Şeklini almaktadır.

Triyas yaşı birimler, diğer metamorfiklerden tamamen farklı bir stilde tektonik yapı göstermektedir. Bu stil, hafif kıvrımlanma, büyük çaplı ondülasyonlar Şeklinde kendini gösterir.

Volkanik kayalardan sadece andezitlerde katmanlanma görülür. Bu katmanlanma akım yönünde meydana gelmiştir. Katmanların doğrultuları, kuzeydoğu yönünde, eğimleri ise güneybatı yönündedir. Bu andezitler genellikle sert, yer yer de çeşitli yönlerde gelişmiş eklem sistemlerine sahiptir.

Soma formasyonuna ait kayalar yataya yakın tabakalanma sunarlar. Bu formasyon içerisinde kk ölçekli antiklinal ve senklinaller (kıvrımlanmalar) görülür. Soma formasyonuna ait kayalarda tabakalanmaya dik çatlaklar bulunur. Taylıeli köyü dolaylarında ise formasyon içinde düşey atımlı tali faylar net olarak izlenmektedir.

Alüvyon biriminde herhangi bir tabakalanma görülmez. Birim düzlükler Şeklinde görülür. Edremit Körfezi 'nin doğu ucunun Kuvaterner de dolması sonucu, bugünkü Edremit ovası meydana gelmiştir. Edremit ovası bir çöküntü ovasıdır. Bu ova doğu-batı ile, doğu-kuzeydoğu, batı-güneybatı yönünde uzanan faylar sonucu olmuştur (*Şekil 3.1.1*).



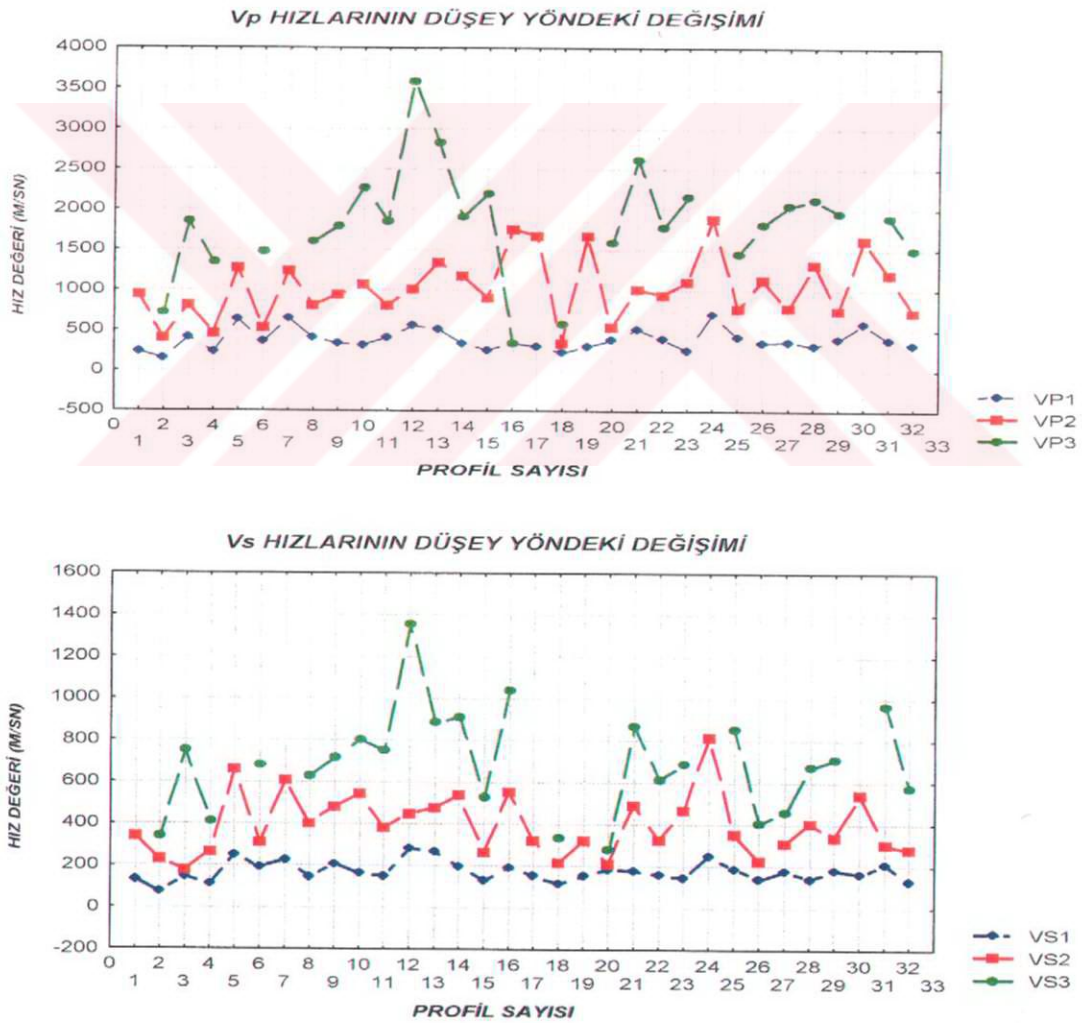
Şekil 3.1.1. İnceleme Alanının jeolojik Haritası (İçöz & Türk, 2000)



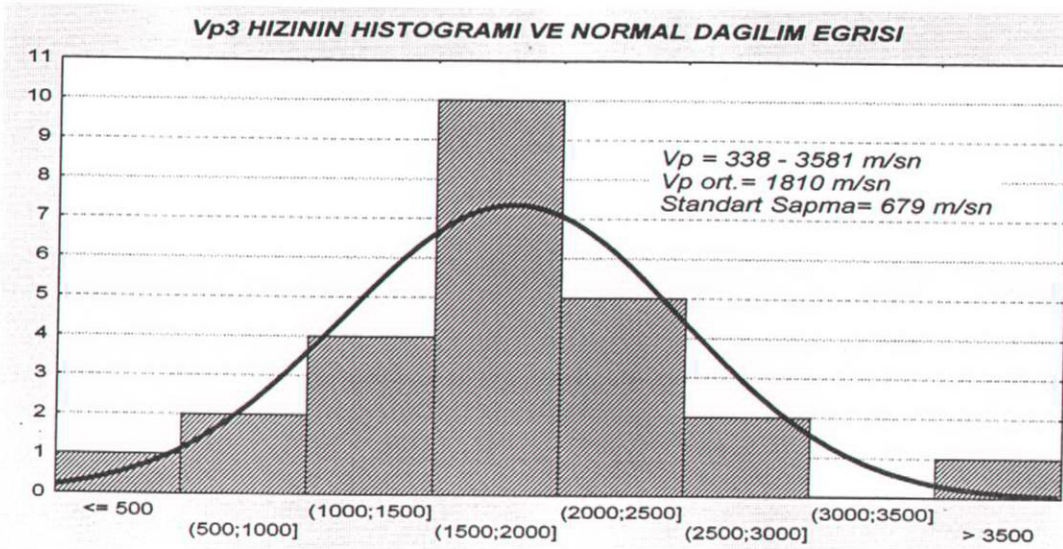
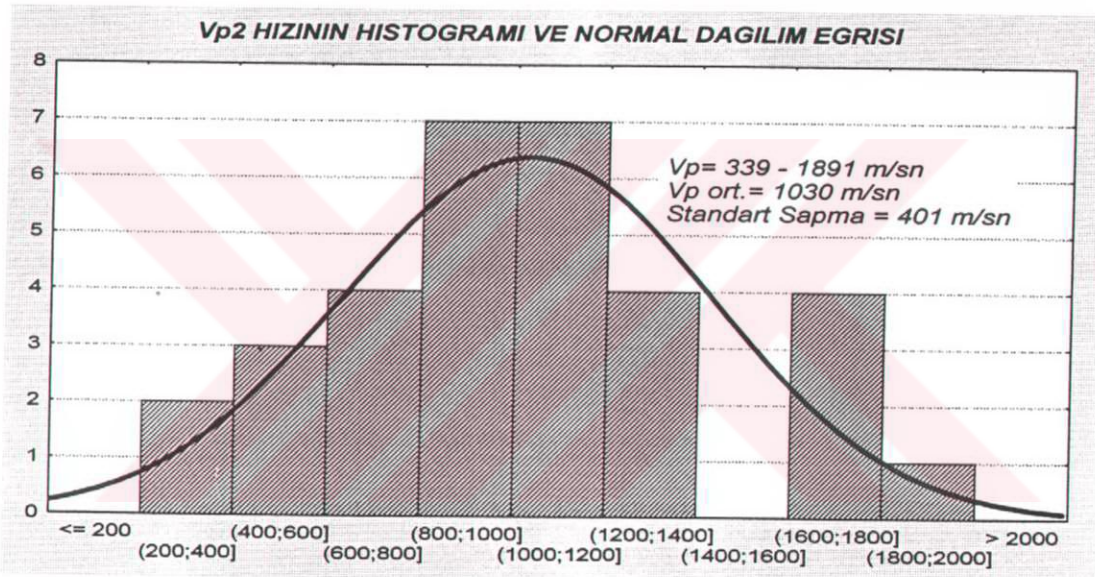
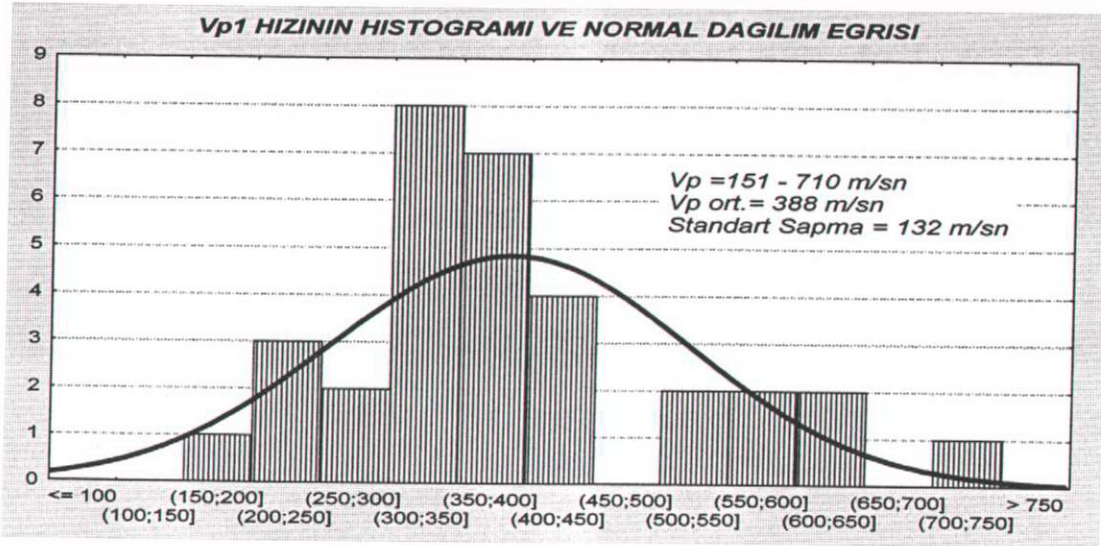
### 3.4. SİSMİK VERİLERİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

#### 3.4.1. $V_P$ - $V_S$ HIZLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

32 profilde elde edilen  $V_P$  ve  $V_S$  sismik hızlarının düşey yöndeki değişimleri, Histogramı ve Normal dağılım eğrileri, Şekil 3.4.1.1., 3.4.1.1.2. ve 3.4.1.1.3. 'de gösterilmiştir. Buna göre, çalışma alanında üç katmanlı olarak saptanan litolojik yapının, I. Katmanının ortalama  $V_P$  hızı 388 m/sn, II. Katmanın  $V_P$  hızı 1030 m/sn, III. Katmanın  $V_P$  hızı ise 1810 m/sn dir. Ortamın S dalga hızları ise I. Katman için ortalama 173 m/sn, II. Katman için 393 m/sn, III. Katman için 689 m/sn olarak saptanmıştır.

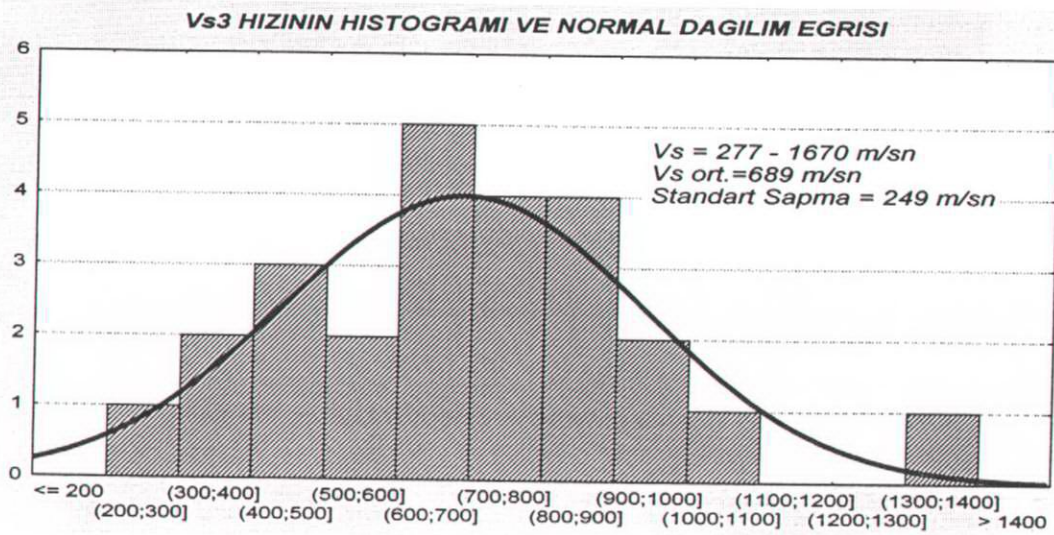
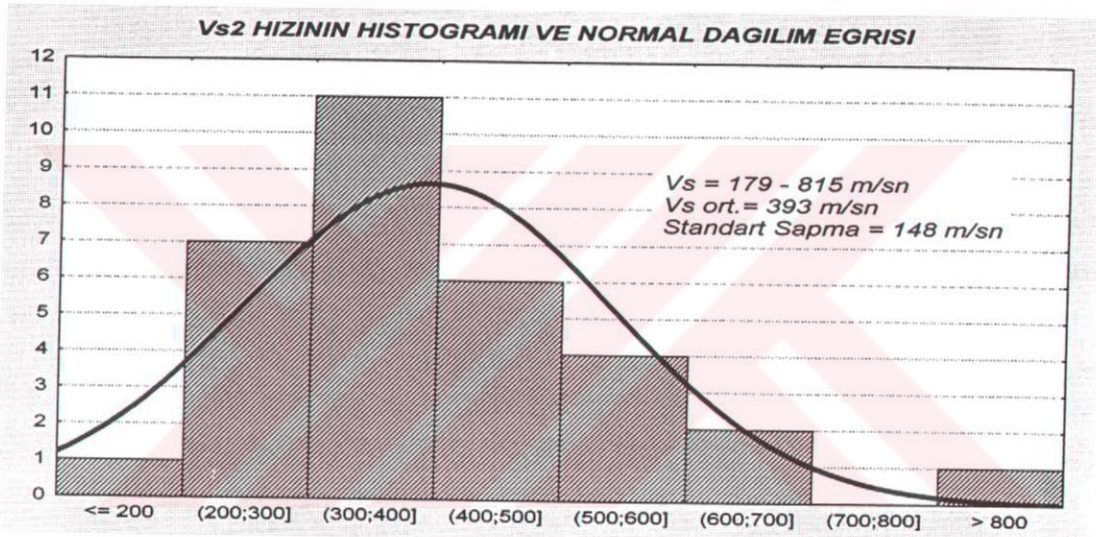
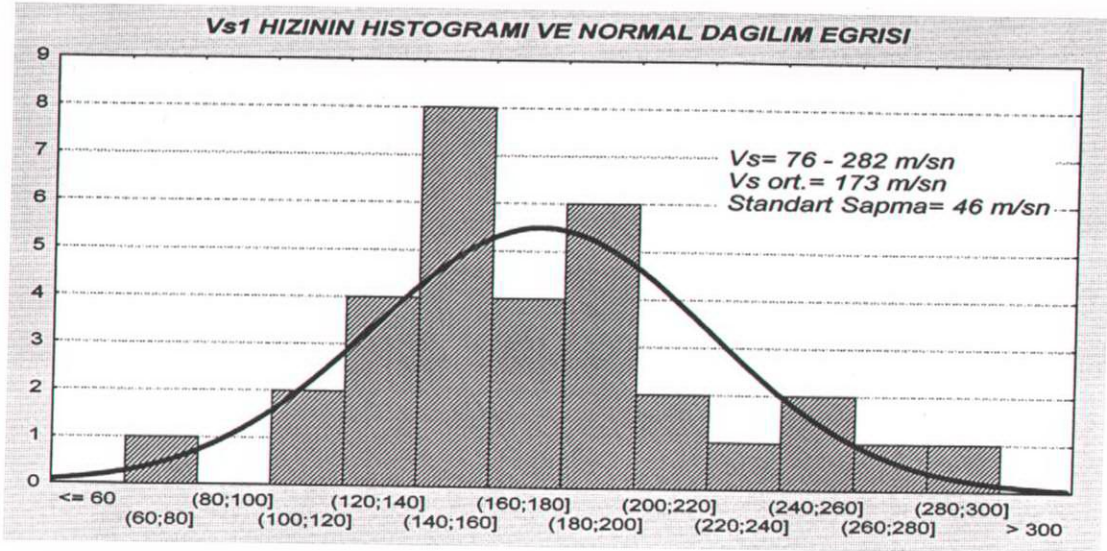


Şekil 3.4.1.1.  $V_P$  -  $V_S$  Hızlarının Düşey Yöndeki Değişimleri



Şekil 3.4.1.2.  $V_p$  Hızlarının Histogram ve Normal Dağılım Eğrileri

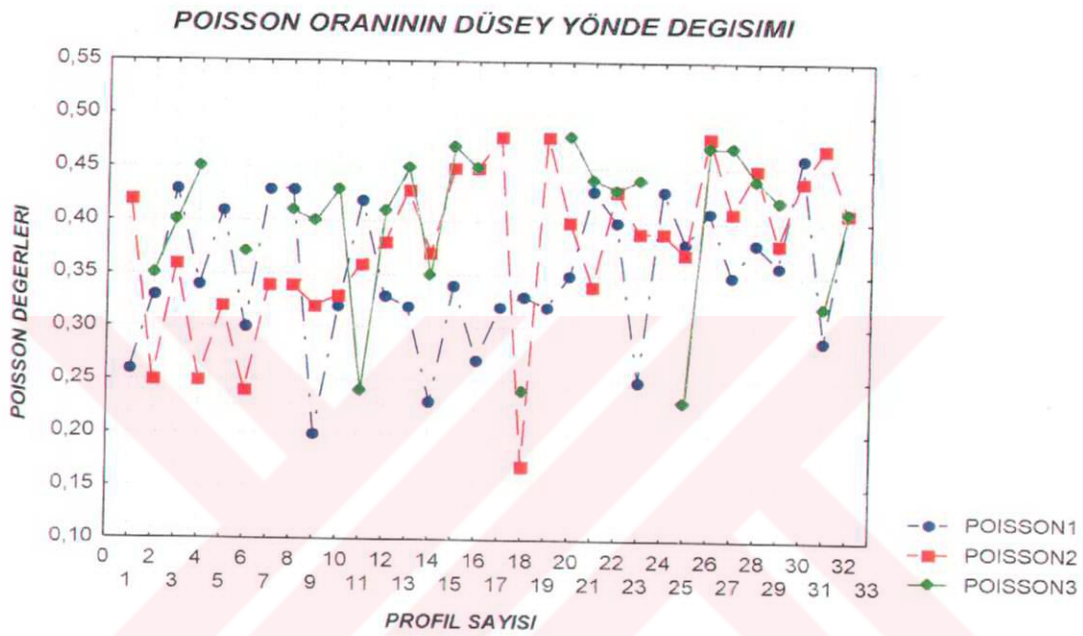




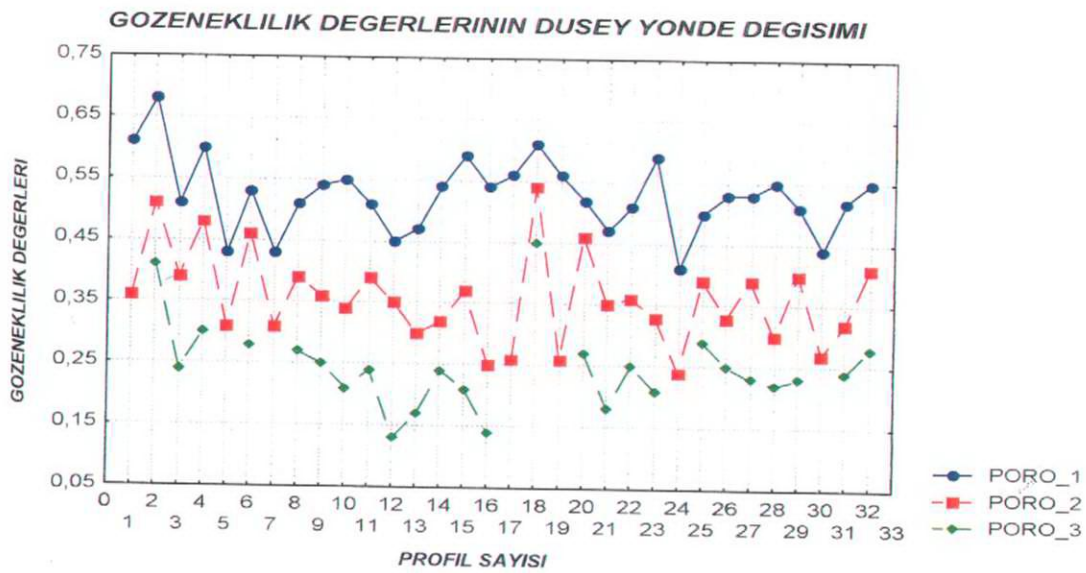
Şekil 3.4.1.3.  $V_s$  Hızlarının Histogramı ve Normal Dağılım Eğrileri

### 3.4.2. POISSON ORANI VE GÖZENEKLİLİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Her bir profil noktası için, sismik hızlar ( $V_P$  ve  $V_S$ ), (2.5.7.1) ve (2.5.2.1) nolu bağıntılarda yerine konularak elde edilen Poisson oranı ve Gözenekliliğin, düşey yöndeki değişimleri grafiklendirilmiş, Histogramları ve Normal dağılım eğrileri çizilmiştir.

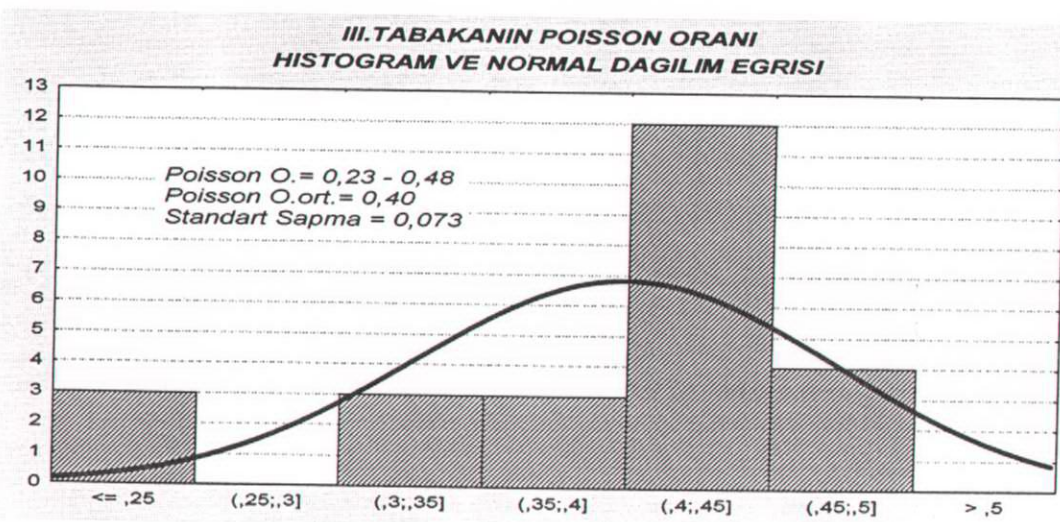
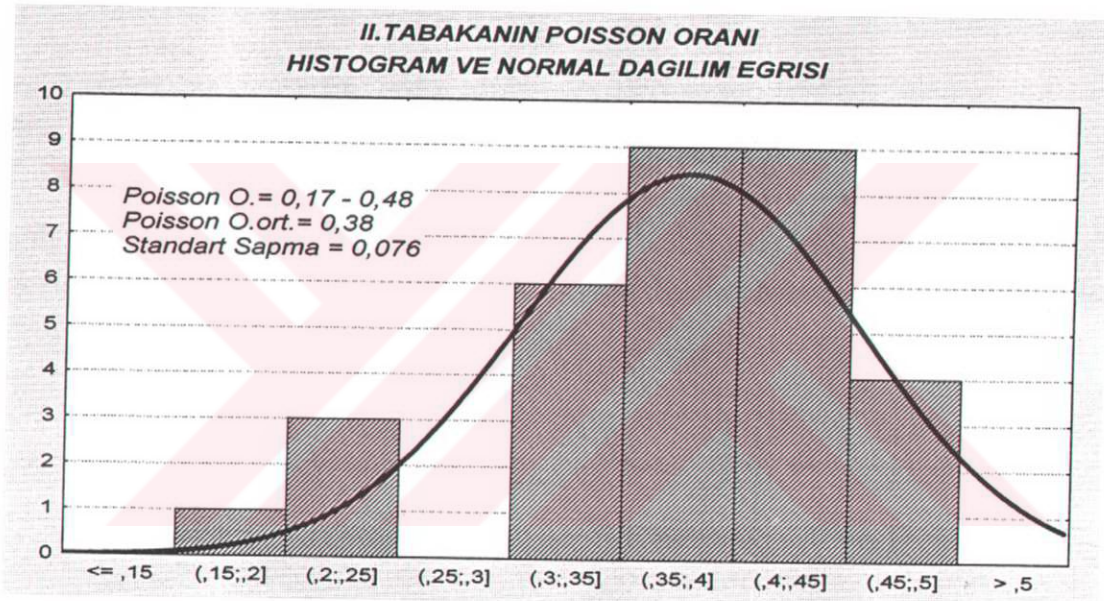
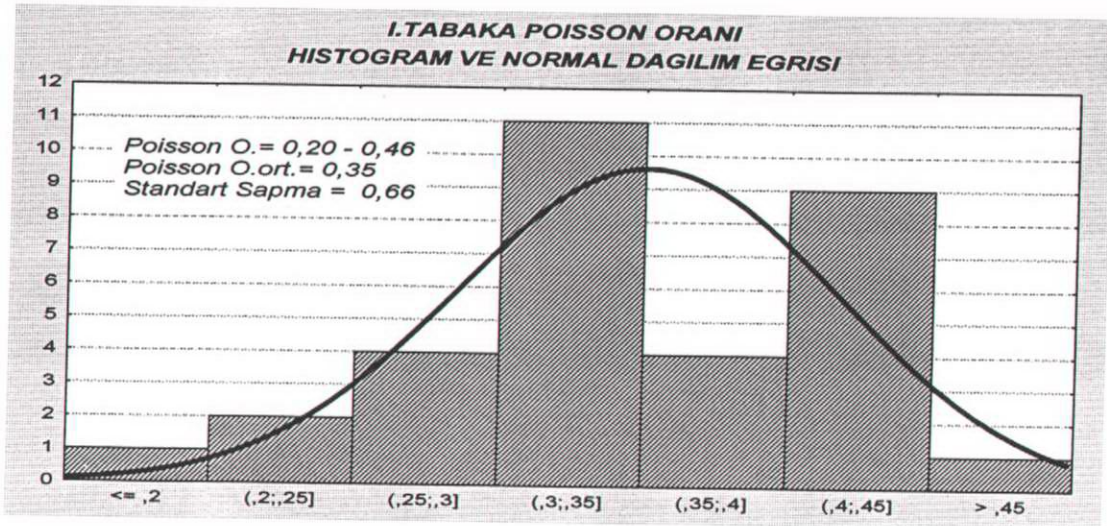


Şekil 3.4.2.1. Poisson Oranı'nın Düşey Yöndeki Değişimi



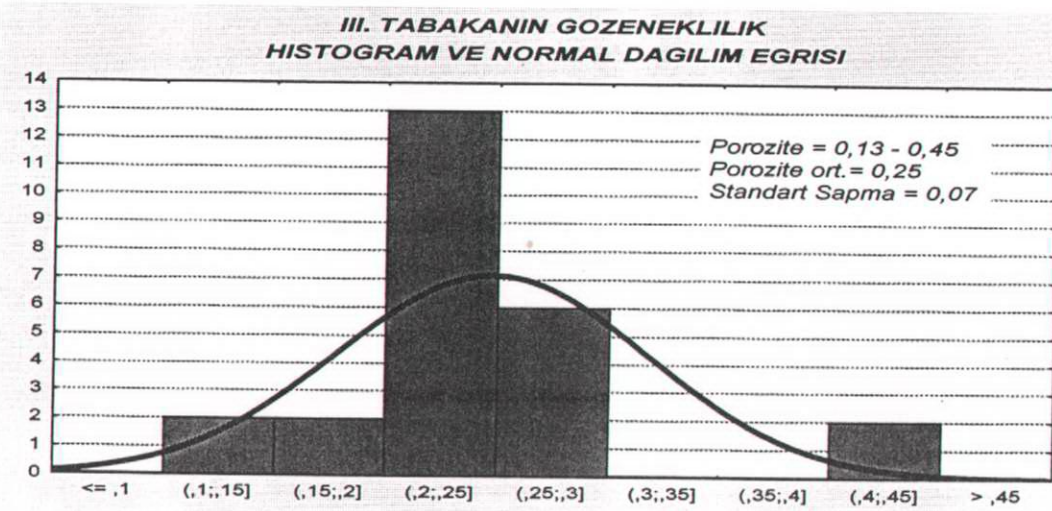
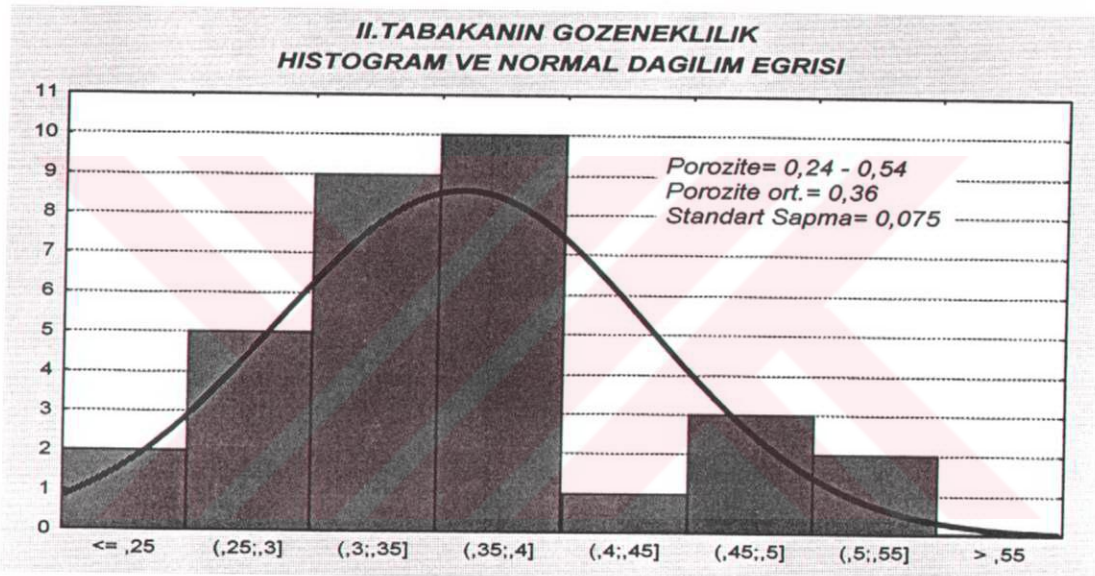
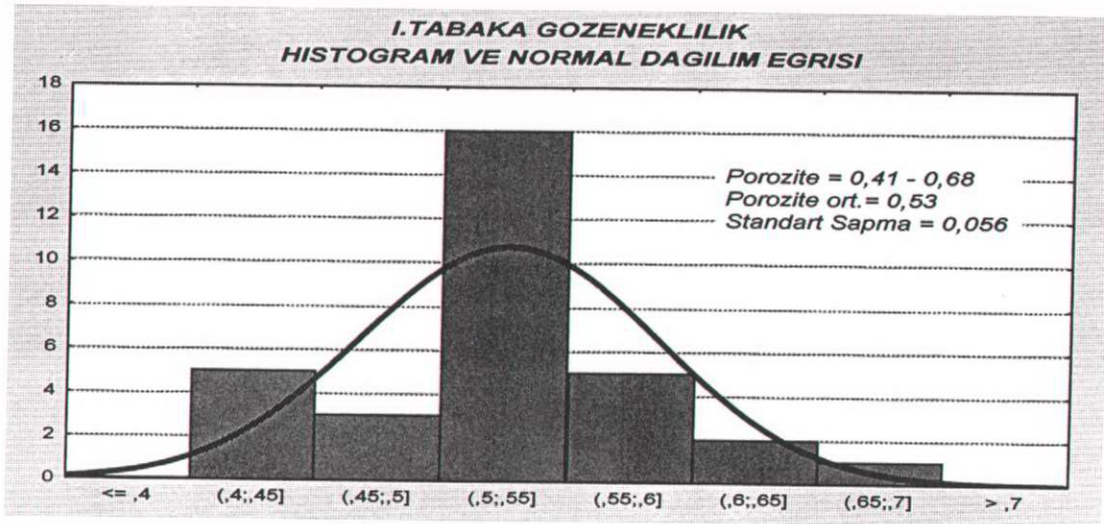
Şekil 3.4.2.2. Gözenekliliğin Düşey Yöndeki Değişimi





Şekil 3.4.2.3. Poisson Oranının Histogramı ve Normal Dağılım Eğrisi

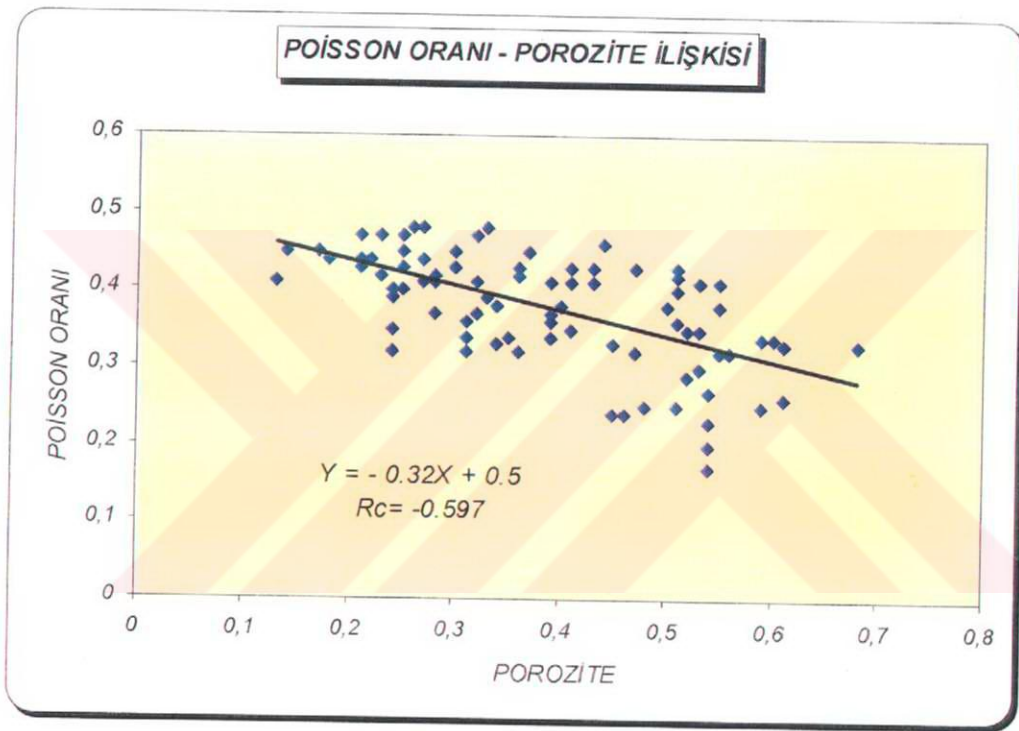




Şekil 3.4.2.4. Gözeneklilik Değerinin Histogramı ve Normal Dağılım Eğrisi

### 3.5. POISSON ORANI – GÖZENEKLİLİK İLİŞKİSİ

Çalışma alanı için, (2.5.7.1) ve (2.5.2.1) nolu bağıntılar kullanılarak sismik  $V_P$  ve  $V_S$  hızlarından elde edilen Poisson oranı ve Gözeneklilik değerleri sayısal olarak hesaplanmış ve sığ yapı hakkında Gözeneklilik–Poisson oranı ilişkisi belirlenmiştir. En küçük kareler yöntemi, hesaplanan Poisson oranı ve Gözeneklilik değerlerine uygulanarak, Gözeneklilik – Poisson ilişkisi analitik olarak  $Y=-0,32X+0,5$  bağıntısıyla ifade edilmiş, ve ilişki katsayısı ise  $Rc= - 0.597$  olarak saptanmıştır.



Şekil 3.5.1. Poisson Oranı – Gözeneklilik İlişkisi



---

## BÖLÜM DÖRT

### SONUÇ

---

Çalışma sonunda elde edilen değerler, I. Tabaka için  $V_{P1}$  hızı 151 – 710 m/sn, ortalama hız 388 m/sn, standart sapma 132 m/sn bulunurken,  $V_{S1}$  hızının 76 – 282 m/sn, ortalama 173 m/sn, standart sapması 46 m/sn bulunmuştur. Hız oranı 2.2 olarak tespit edilmiştir. Poisson Oranı değişimi 0.2 – 0.46, ortalama 0.35, standart sapması 0.066 ve gözeneklilik ise 0.41 – 0.68, ortalama 0.53 ve standart sapması 0.056 'dır. Ortalama I. Tabakanın kalınlığı  $H_1$  0.51 – 6.2 m, ortalama 2.2 m ve standart sapması 1.4 m dir. Saptanan parametreler, bu 2.2 m lik kalınlığındaki bu yapının gevşek, daneli ve suya doymun bir formasyona sahip olduğunu göstermektedir.

II. tabaka için,  $V_{P2}$  339 – 1891 m/sn lik bir değişim görülürken  $V_{S2}$  için 179 – 815 m/sn arasında değiştiği gözlenir. Hızlarda belirgin bir artış görülmektedir ve Hız oranı 2.6 bulunmuş ve bu artış zeminin güvenilirliğini artırmaktadır. Poisson oranı 0.17 – 0.48, ortalama 0.38, gözeneklilik değeri 0.24 – 0.54 ve ortalama 0.38 olarak bulunmuş ve Poisson oranında I. Tabakaya göre, ufak bir değişim, yani artma gözlenirken, gözeneklilik değeri belirgin şekilde azalmaktadır.  $H_2$  kalınlığı 1.5 – 13.4 m, ortalama 5.8 olarak bulunmuştur.

III. tabaka için  $V_{P3}$  hızı 338 – 3581 m/sn, ortalama hız 1810 m/sn ve standart sapma 679 m/sn olduğu tespit edilmiştir.  $V_{S3}$  hızı ise, 277 – 1670 m/sn, ortalama hız 689 m/sn ve standart sapması 249 m/sn olarak tespit edilmiştir. Hız oranlarına bakıldığında III. Tabakanın hız oranı II. Tabaka ile yaklaşık olarak aynı değere sahip olduğu gözlenmiştir. Poisson oranı 0.23 – 0.48, ortalama 0.38 ve gözeneklilik değeri 0.13 – 0.45, ortalama 0.25 bulunmuştur. Diğer elastik parametrelerin hesapları ek'te verilmiştir.

Genel olarak yapılan çalışmada,  $(V_P/V_S)$  hız oranlarının arttığı ve buna bağlı olarak Poisson oranının da yükseldiği gözlenmektedir. Poisson oranındaki artışın nedeni ortamın taneli, gevşek ve suyla doymun oluşuyla açıklanabilir. Gözeneklilik

değerinde, Poisson oranına kıyasla belirgin bir şekilde azalma görülmektedir. Ortamda gözenekliliğin azalması, zemin oturması, sıkışma, formasyon basıncı gibi etkenlerden kaynaklanan bir durum olabilir.

### **İstatistiksel Yorumlama ;**

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin standart sapmaları hesaplanarak, histogramları ve normal dağılım eğrileri çizdirilmiştir. Verilerin ortalama değer etrafında normal dağılım göstermedikleri görülmektedir. Bu sonuç, ortamın heterojen bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışma sonunda saptanan Poisson oranı–Gözeneklilik ilişkisi analitik olarak incelenmiş ve ilişki katsayısı  $R_c = -0.59$  bulunmuştur. İlişki katsayısının negatif olması, Poisson oranı ile gözeneklilik arasında negatif bir korelasyon olduğunu gösterir. Bu durumda Poisson oranı artarken, gözeneklilik değerinde azalma gözlenmiştir.

---

BÖLÜM BEŞ  
**KAYNAKLAR**

---

- Bishop, A. W., & Hight, D. W. (1977). The Value Of Poisson's Ratio In Saturated Soils And Rocks Stressed Under Undrained Conditions. *Geotechnique* 27, 369-384.
- Clark, P. S. (1966). Handbook Of Physical Constants, "Rev. Ed. , Geol Soc. Am. Mem. 97.
- David, A. M., & Schultheiss, P. J. (1980). Seismic Signal Processing In Engineering-Site Investigation A Case History. *Ground Eng.*, 13, 44-48.
- Eaton, B. A. (1969). Fracture Gradient Prediction And Its Application In Oil Field Operations. *Trans. AIME* 246, 1353-1360.
- Erguvanlı, K., & Yüzer, E. (1987). Yeraltı suları jeolojisi. Maçka, İstanbul.
- Gardner, G.H.F., L. W. Gardner, and A. R. Gregory (1974): Formation Velocity Density : The Diagnostic Basis For Stratigraphic Traps, *Geophysics*, 39, 770-780.
- Gregory, A. R. (1978). Fluids Saturation Effects On Dynamic Elastic Properties Of Sedimentary Rocks. *Geophysics*, 41, 895-921.
- Hubbert, M. K. & Willis, D. G. (1957). Mechanics Of Hydraulic Fracturing. *Trans. AIME* 210, 153-166.
- İçöz, E., & Türk, N. (2000) Burhaniye (Balıkesir) Belediyesi Yerleşim Alanının Jeolojik – Jeofizik – Jeoteknik Etüd Raporu, İZMİR
- Keçeli, A. (1990) Sismik Yöntemle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi Ve Oturmasının Saptanması, *Jeofizik*, 4, 83-92.
- Koefoed, O., Oosterveld, M. M. & Alons, L. J. G. (1963). A Laboratory Investigation Into The Elastic Properties Of Limestones. *Geophys. Prosp.* 11, 300-312.
- Labudovic, V. (1984). The Effect Of Poisson's Ratio On Fracture Height. *J. Petrol. Tech.* 36, 287-290.



- Mann R. L. & Fatt, L. (1960). Effect Of Pore Fluids On The Elastic Properties Of Sandstone. Geophysics, 25, 433 – 444.
- Pickering, D. J. (1970). Anizotropik Elastic Parameters For Soil. Geotechnique 20, 271-276.
- Salem, H.S. (2000). Poisson's Ratio And The Porosity Of Surface Soils And Shallow Sediments, Determined From Seismic Compressional And Shear Wave Velocities, Geotechnique 50, 461 – 463.
- Stoke, K. H. & Woods, R. D. (1972). In Situ Shear Wave Velocity By Cross-Hold Method. J. Soil Mech. Found. Div. ASCE SM5, 443-460.
- Stuempel, H., Kahler, S., Meissner, R. & Milkereit, B. (1984). The Use Of Seismic Shear Waves And Compressional Wzves For Lithological Problems Of Shallow Sediments. Geophysical Prospecting 32, 662 – 675.
- Tatham, R.H. (1982). Vp/Vs And Lithology. Geophysics 47, 336-344
- Klimentos, T., (1991). The Effect Of The Porosity – Permeability – Clay Content On The Velocity Of Compressional Waves, Geophysics, 56, 1930 – 1939.
- Watkins, J. S., Walters, L. A. & Godson, R. H., (1972 ). Dependence Of In-Situ Compressional-Wave Velocity On Porosity In Unsaturated Rock., geophysics 37, 29 – 35.

**BÖLÜM ALTI**  
**EKLER**

**EK TABLO 1. ÇALIŞMA SONUCUNDA ELDE EDİLEN PARAMETRELER**

1				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	234	941		
Vs (m/sn)	133	341		
Kalınlık (H) (m)	6,16			
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,2124551	1,716956		
Poisson Oranı	0,2613915	0,424414		
Gözeneklilik	0,6053188	0,361785		
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,7593985	2,759531		
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	552,10639	5803,742		
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	377,93033	12541,33		
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	218,84814	2037,238		
Lame Sabiti (kg/cm <sup>2</sup> )	232,03157	11183,17		

2				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	151	396	715	1530
Vs (m/sn)	76	228	341	556
Kalınlık (H) (m)	1,24	2,61	4,48	
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,0866907	1,382883	1,603017	1,938807
Poisson Oranı	0,3303671	0,25206	0,352788	0,423924
Gözeneklilik	0,681976	0,513253	0,409851	0,276721
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,9868421	1,736842	2,096774	2,751799
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	170,41528	1836,895	5146,128	17417,06
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	164,08667	1210,078	5709,686	37394,13
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	64,048216	733,549	1902,045	6115,867
Lame Sabiti (kg/cm <sup>3</sup> )	121,38786	721,0454	4441,655	33316,89

3				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	410	806	1851	
Vs (m/sn)	145	179	748	
Kalınlık (H) (m)	0,94	5,95		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,3949468	1,651754	2,033355	
Poisson Oranı	0,4285229	0,47406	0,402413	
Gözeneklilik	0,5071725	0,388885	0,243391	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,8275862	4,502793	2,474599	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	855,03674	1592,101	32560,9	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1953,8555	10024,74	54497,9	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	299,27303	540,0394	11608,88	
Lame Sabiti (kg/cm <sup>3</sup> )	1754,3402	9664,713	46758,65	

4				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	230	459	1339	
Vs (m/sn)	112	265	408	
Kalınlık (H) (m)	2,14	8,25		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,2072401	1,434878	1,87524	
Poisson Oranı	0,3445832	0,250011	0,448826	
Gözeneklilik	0,6083361	0,487416	0,300056	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,0535714	1,732075	3,281863	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	415,5481	2570,539	9229,908	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	436,71508	1679,491	29459,44	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	154,52673	1028,207	3185,305	
Lame Sabiti (kg/cm <sup>3</sup> )	333,69726	994,0195	27335,9	

5				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	631	1274		
Vs (m/sn)	250	659		
Kalınlık (H) (m)	4,26			
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,553707	1,852056		
Poisson Oranı	0,4069	0,317344		
Gözeneklilik	0,431721	0,308765		
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,524	1,933232		
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	2788,151	21623,6		
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	4891,498	19336,1		
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	990,8844	8207,272		
Lame Sabiti	4230,909	13864,59		



6				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	358	529	1470	
Vs (m/sn)	193	308	678	
Kalınlık (H) (m)	0,54	7,46		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,348443	1,486708	1,919513	
Poisson Oranı	0,295144	0,243579	0,364895	
Gözeneklilik	0,530907	0,462577	0,283722	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,854922	1,717532	2,168142	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1327,605	3579,351	24578,41	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1058,509	2279,951	29713,83	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	512,532	1439,133	9003,769	
Lame Sabiti	716,8214	1320,529	23711,32	

7				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	650	1234		
Vs (m/sn)	226	608		
Kalınlık (H) (m)	5,28	13,38		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,565273	1,837344		
Poisson Oranı	0,431243	0,339707		
Gözeneklilik	0,42653	0,314347		
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,876106	2,029605		
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	2335,201	18569,98		
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	5547,306	18922,27		
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	815,7946	6930,612		
Lame Sabiti	5003,443	14301,86		

8				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	404	812	1602	
Vs (m/sn)	145	398	629	
Kalınlık (H) (m)	2,11	6,59		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,389815	1,65482	1,961225	
Poisson Oranı	0,426068	0,341893	0,408871	
Gözeneklilik	0,509752	0,387587	0,268674	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,786207	2,040201	2,5469	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	850,4272	7178,583	22310,21	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1878,789	7415,887	39987,07	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	298,1721	2674,797	7917,764	
Lame Sabiti	1680,008	5632,689	34708,56	

9				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	338	940	1791	
Vs (m/sn)	206	479	718	
Kalınlık (H) (m)	2,77	8,52		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,329202	1,716499	2,016673	
Poisson Oranı	0,204518	0,324629	0,404254	
Gözeneklilik	0,540967	0,361971	0,249157	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,640777	1,962422	2,494429	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1386,572	10646,65	29794,37	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	766,4531	9915,851	50826,54	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	575,5714	4018,728	10608,61	
Lame Sabiti	382,7388	7236,699	43754,13	

10				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	321	1066	2266	
Vs (m/sn)	163	541	803	
Kalınlık (H) (m)	1,44	7,47		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,312163	1,771336	2,138832	
Poisson Oranı	0,326283	0,326544	0,428194	
Gözeneklilik	0,549998	0,339958	0,20799	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,969325	1,970425	2,821918	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	943,6332	14035,28	40197,49	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	887,2281	13216,2	91435,3	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	355,7436	5290,168	14072,84	
Lame Sabiti	650,0657	9689,421	82053,4	

11				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	410	806	1850	
Vs (m/sn)	150	379	748	
Kalınlık (H) (m)	0,94	5,95		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,394947	1,651754	2,033081	
Poisson Oranı	0,422734	0,358061	0,402287	
Gözeneklilik	0,507172	0,388885	0,243485	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,733333	2,126649	2,473262	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	911,3132	6575,776	32553,57	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1926,422	7566,929	54415,3	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	320,2684	2421,017	11607,31	
Lame Sabiti	1712,909	5952,918	46677,09	



12				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	562	1016	3581	
Vs (m/sn)	282	445	1354	
Kalınlık (H) (m)	1,94	7,62		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,5093702	1,75019		
Poisson Oranı	0,3317451	0,381313		
Gözeneklilik	0,4519872	0,348365		
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,9929078	2,283146		
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	3262,2633	9770,147		
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	3166,8398	13445,35		
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	1224,8077	3536,544		
Lame Sabiti	2350,3013	11087,66		

13				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	1272	1873	2752	
Vs (m/sn)	596	1111	1670	
Kalınlık (H) (m)	2,93	8,23		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,8513284	2,039371	2,245297	
Poisson Oranı	0,3593503	0,228578	0,208555	
Gözeneklilik	0,3090395	0,241323	0,173985	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,1342282	1,685869	1,647904	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	18243,631	63114,78	154446,1	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	21185,911	37980,58	86555,54	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	6710,4233	25686,1	63897,03	
Lame Sabiti	16712,296	20856,51	43957,52	

14				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	515	1342	2827	
Vs (m/sn)	267	475	889	
Kalınlık (H) (m)	2,08	5,6		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,4767722	1,876289	2,260441	
Poisson Oranı	0,3162048	0,428388	0,445129	
Gözeneklilik	0,4672708	0,299665	0,16928	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,928839	2,825263	3,179978	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	2827,8959	12340,63	52687,45	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	2513,0675	28146,79	156833,2	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	1074,2613	4319,773	18229,33	
Lame Sabiti	1796,8933	25266,94	144680,3	

15				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	337	1177	1914	
Vs (m/sn)	199	535	912	
Kalınlık (H) (m)	1,38	3,78		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,3282174	1,815749	2,050441	
Poisson Oranı	0,2323099	0,369792	0,353134	
Gözeneklilik	0,5414855	0,322623	0,237534	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,6934673	2,2	2,098684	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1322,8152	14528,53	47095,75	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	807,12673	18224,59	52376,53	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	536,72181	5303,191	17402,47	
Lame Sabiti	449,31219	14689,13	40774,89	

16				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	261	910	2195	
Vs (m/sn)	130	264	526	
Kalınlık (H) (m)	3,12	5,56		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,246011	1,702637	2,121878	
Poisson Oranı	0,335029	0,454051	0,469538	
Gözeneklilik	0,586209	0,367647	0,213561	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,007692	3,44697	4,173004	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	573,724	3521,384	17606,64	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	568,0273	12517,31	94404,96	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	214,8733	1210,888	5990,537	
Lame Sabiti	424,7784	11710,05	90411,27	

17				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	344	1760	3384	
Vs (m/sn)	194	553	1040	
Kalınlık (H) (m)	2,4	4,44		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,335062	2,00789	2,364391	
Poisson Oranı	0,266815	0,445231	0,447849	
Gözeneklilik	0,537888	0,252213	0,137808	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,773196	3,18264	3,253846	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1299,038	18110,53	75563,68	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	909,9068	54009,32	236659,5	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	512,7181	6265,62	26095,16	
Lame Sabiti	568,0947	49832,24	219262,7	



18				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	304	1678		
Vs (m/sn)	156	320		
Kalınlık (H) (m)	1,36			
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,2944345	1,984082		
Poisson Oranı	0,3212691	0,48113		
Gözeneklilik	0,5595202	0,260562		
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,9487179	5,24375		
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	849,42391	6141,249		
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	776,2465	53156,55		
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	321,44244	2073,164		
Lame Sabiti	561,95154	51774,45		

19				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	229	339	570	1158
Vs (m/sn)	116	214	335	458
Kalınlık (H) (m)	0,51	1,69	5,8	
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,2059257	1,330184	1,514713	1,808376
Poisson Oranı	0,3274208	0,168745	0,236158	0,407283
Gözeneklilik	0,6090986	0,54045	0,449514	0,325471
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,9741379	1,584112	1,701493	2,528384
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	439,59129	1452,991	4288,428	10894,44
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	416,04036	716,4325	2654,787	19191,91
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	165,58099	621,603	1734,578	3870,737
Lame Sabiti	305,65304	302,0305	1498,402	16611,42

20				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	304	1679		
Vs (m/sn)	156	320		
Kalınlık (H) (m)	1,36			
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,2944345	1,984378		
Poisson Oranı	0,3212691	0,481153		
Gözeneklilik	0,5595202	0,260458		
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,9487179	5,246875		
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	849,42391	6142,26		
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	776,2465	53231,09		
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	321,44244	2073,472		
Lame Sabiti	561,95154	51848,77		

21				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	382	544	1589	
Vs (m/sn)	183	409	277	
Kalınlık (H) (m)	1,37	1,5		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,3704952	1,497137	1,957234	
Poisson Oranı	0,351074	-0,15011	0,484329	
Gözeneklilik	0,5195514	0,457684	0,270099	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,0874317	1,330073	5,736462	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1265,5018	4343,825	4549,215	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1387,9279	1091,333	47416,25	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	468,33179	2555,536	1532,414	
Lame Sabiti	1075,7068	-612,358	46394,64	

22				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	519	1008	2615	
Vs (m/sn)	176	492	869	
Kalınlık (H) (m)	1,2	7,95		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,479631	1,746734	2,216816	
Poisson Oranı	0,435029	0,343628	0,437929	
Gözeneklilik	0,465917	0,349748	0,182922	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,948864	2,04878	3,009206	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1342,282	11594,18	49125,91	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	3374,442	12110,32	129270,2	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	467,6843	4314,505	17082,17	
Lame Sabiti	3062,653	9233,981	117882	

23				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	395	945	1781	
Vs (m/sn)	160	326	614	
Kalınlık (H) (m)	0,84	3,7		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,382009	1,718777	2,013853	
Poisson Oranı	0,401859	0,432459	0,432558	
Gözeneklilik	0,513695	0,361043	0,250137	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,46875	2,898773	2,900651	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1012,184	5339,996	22196,3	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1684,554	12913,58	53755,76	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	361,0147	1863,926	7747,085	
Lame Sabiti	1443,878	11670,96	48591,04	



24				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	256	1109	2161	
Vs (m/sn)	147	466	688	
Kalınlık (H) (m)	1,01	4,32		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,24	1,788935	2,113613	
Poisson Oranı	0,254035	0,392786	0,443604	
Gözeneklilik	0,589594	0,333038	0,216293	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,741497	2,379828	3,140988	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	685,7566	11042,18	29475,02	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	455,3776	16822,07	85364,49	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	273,42	3964,061	10208,84	
Lame Sabiti	273,0976	14179,36	78558,6	

25				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	710	1891		
Vs (m/sn)	248	815		
Kalınlık (H) (m)	4,44			
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,600207	2,044253		
Poisson Oranı	0,430519	0,385937		
Gözeneklilik	0,411079	0,239649		
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,862903	2,320245		
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	2873,275	38405,83		
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	6754,39	54995,46		
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	1004,277	13855,55		
Lame Sabiti	6084,872	45758,43		

26				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	420	775	1444	
Vs (m/sn)	186	353	852	
Kalınlık (H) (m)	3,23	6,65		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,403376	1,635638	1,910968	
Poisson Oranı	0,378015	0,369113	0,232973	
Gözeneklilik	0,502955	0,395749	0,286845	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,258065	2,195467	1,694836	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1365,393	5694,815	34905,2	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1828,206	7106,513	21350,56	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	495,4203	2079,747	14154,89	
Lame Sabiti	1497,926	5720,016	11913,97	

27				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	353	1127	1815	
Vs (m/sn)	139	224	404	
Kalınlık (H) (m)	2,16	4,18		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,3437094	1,79615	2,023396	
Poisson Oranı	0,4082469	0,479435	0,473936	
Gözeneklilik	0,5333681	0,33022	0,246828	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,5395683	5,03125	4,492574	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	746,13549	2721,063	9934,042	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1328,2254	21611,78	62251,87	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	264,91643	919,6289	3369,904	

28				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	367	789	2048	
Vs (m/sn)	177	308	458	
Kalınlık (H) (m)	1,5	6,09		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,3568387	1,642975	2,085423	
Poisson Oranı	0,3484472	0,410108	0,473678	
Gözeneklilik	0,5265617	0,392616	0,225692	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,0734463	2,561688	4,471616	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1169,8026	4485,272	13156,23	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1260,7338	8149,742	81636,36	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	433,75917	1590,4	4463,742	
Lame Sabiti	971,561	7089,475	78660,53	

29				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	318	1315	2123	
Vs (m/sn)	141	406	673	
Kalınlık (H) (m)	1,06	4,08		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,3090869	1,86678	2,104259	
Poisson Oranı	0,3776448	0,447316	0,444141	
Gözeneklilik	0,551641	0,303221	0,219398	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,2553191	3,238916	3,154532	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	731,72499	9088,925	28089,42	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	976,78827	28177,99	82133,94	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	265,57098	3139,924	9725,305	
Lame Sabiti	799,74095	26084,71	75650,4	



30				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	393	755	1960	
Vs (m/sn)	185	337	712	
Kalınlık (H) (m)	1,36	3,52		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,3802566	1,624982	2,062651	
Poisson Oranı	0,3576615	0,375597	0,423989	
Gözeneklilik	0,5145833	0,400324	0,233378	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	2,1243243	2,240356	2,752809	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1308,8767	5180,878	30387,58	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1501,9354	6802,167	65296,81	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	482,03349	1883,138	10669,88	
Lame Sabiti	1180,5798	5546,742	58183,56	

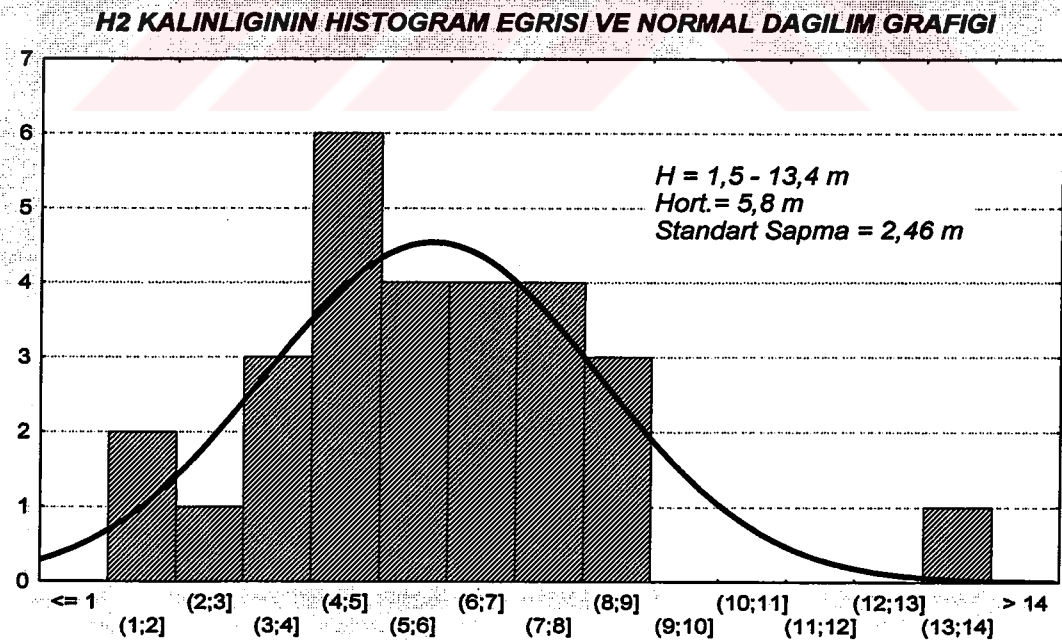
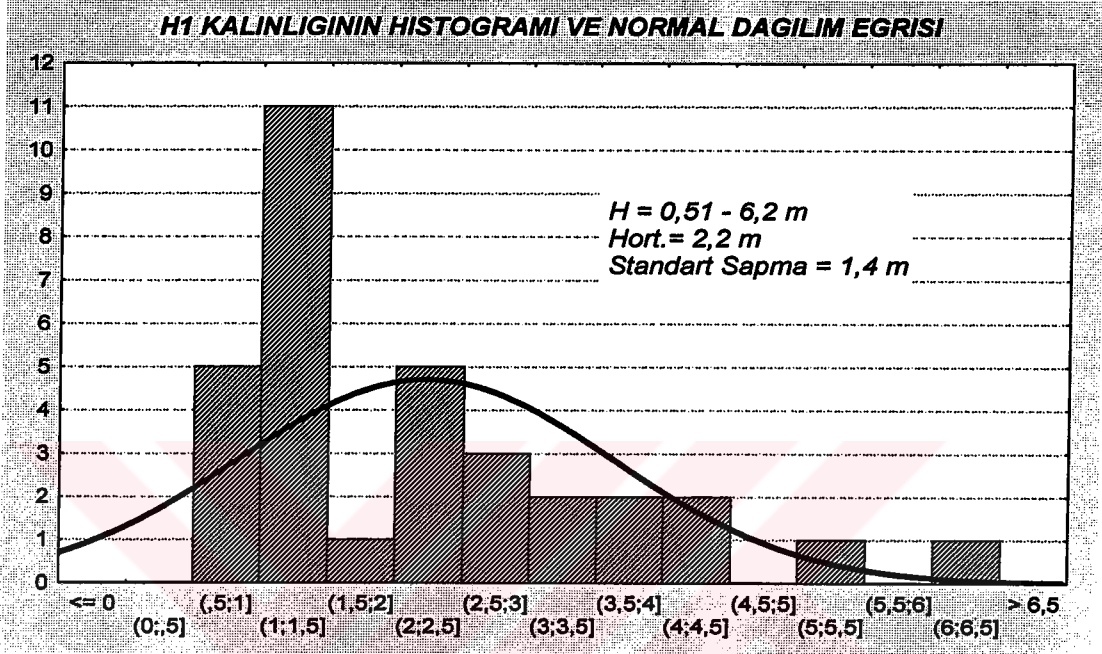
31				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	592	1625		
Vs (m/sn)	165	544		
Kalınlık (H) (m)	3,9			
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,5291219	1,968226		
Poisson Oranı	0,4578872	0,436892		
Gözeneklilik	0,4428863	0,266179		
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	3,5878788	2,987132		
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1238,6193	17080,52		
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	4803,9507	44207,22		
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	424,79944	5943,561		
Lame Sabiti	4520,751	40244,85		

32				
	I	II	III	IV
Vp (m/sn)	387	1196	1899	
Vs (m/sn)	211	304	969	
Kalınlık (H) (m)	3,75	4,96		
Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	1,374958	1,823033	2,046411	
Poisson Oranı	0,2884948	0,465465	0,323983	
Gözeneklilik	0,5172757	0,319821	0,238911	
Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)	1,8341232	3,934211	1,959752	
Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm <sup>2</sup> )	1609,6851	5038,729	51919,05	
Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm <sup>2</sup> )	1243,0675	23830,59	48177,7	
Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )	624,63781	1719,157	19607,15	
Lame Sabiti	826,64225	22684,48	35106,27	

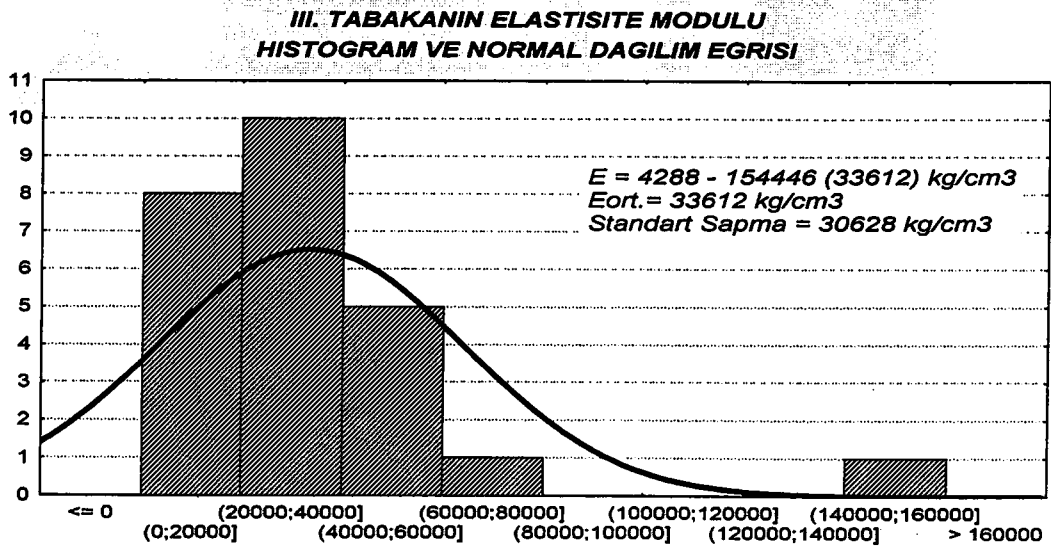
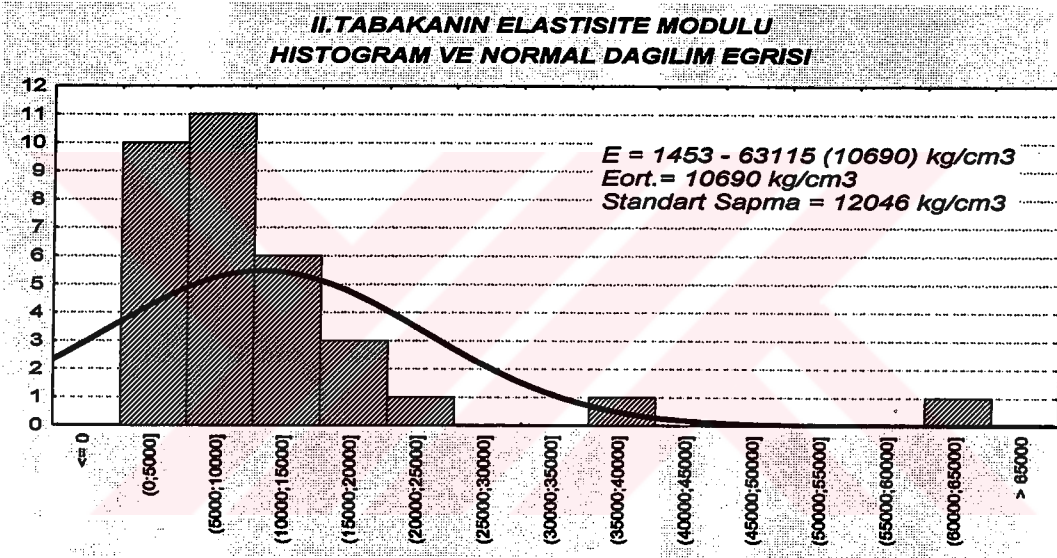
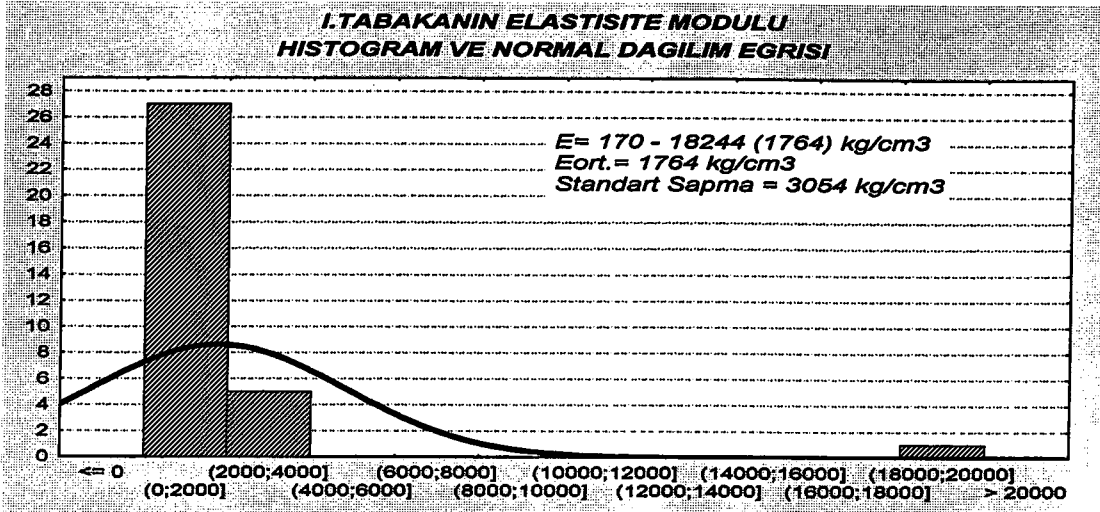
33				
	I	II	III	IV
<b>Vp (m/sn)</b>	328	733	1498	
<b>Vs (m/sn)</b>	131	280	577	
<b>Kalınlık (H) (m)</b>	2,75	6,61		
<b>Yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,3192593	1,613012	1,928589	
<b>Poisson Oranı</b>	0,4051071	0,414576	0,412895	
<b>Gözeneklilik</b>	0,5462226	0,4055	0,28042	
<b>Vp/Vs (Güvenlik katsayısı)</b>	2,5038168	2,617857	2,596187	
<b>Young (Elastisite) Modülü (E) (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	649,21134	3650,766	18514,2	
<b>Bulk (Hacimsel Sıkışma) Modülü (K) (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	1117,4478	6980,402	34716,5	
<b>Shear (Kayma, Rijitide) Modülü (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	231,01845	1290,41	6551,869	
<b>Lame Sabiti</b>	963,43548	6120,129	30348,59	

## ELASTİK PARAMETRELERİN VE KALINLIKLARIN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMELERİ

Hesaplanan parametreler ve kalınlıkların, Histogram ve Normal Dağılım eğrileri çizilmiştir.

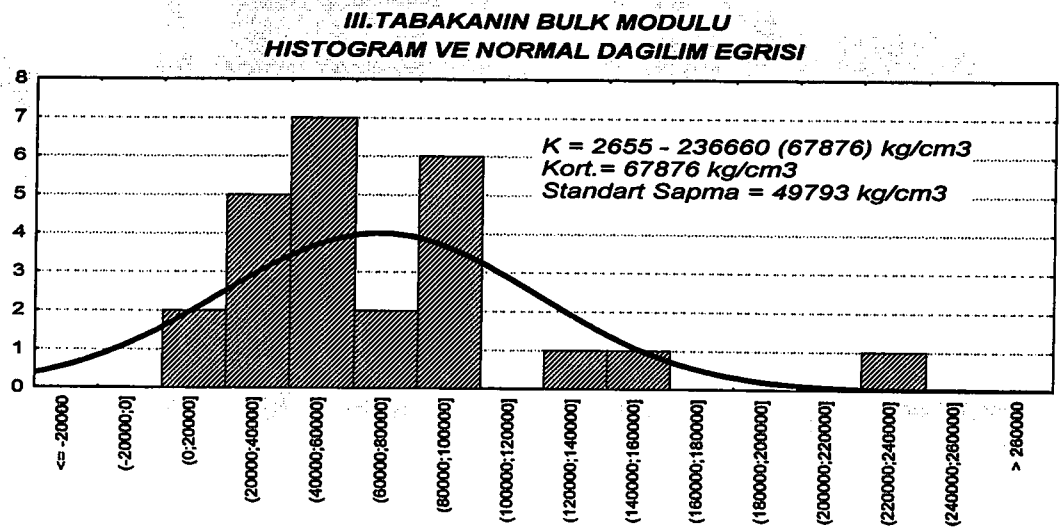
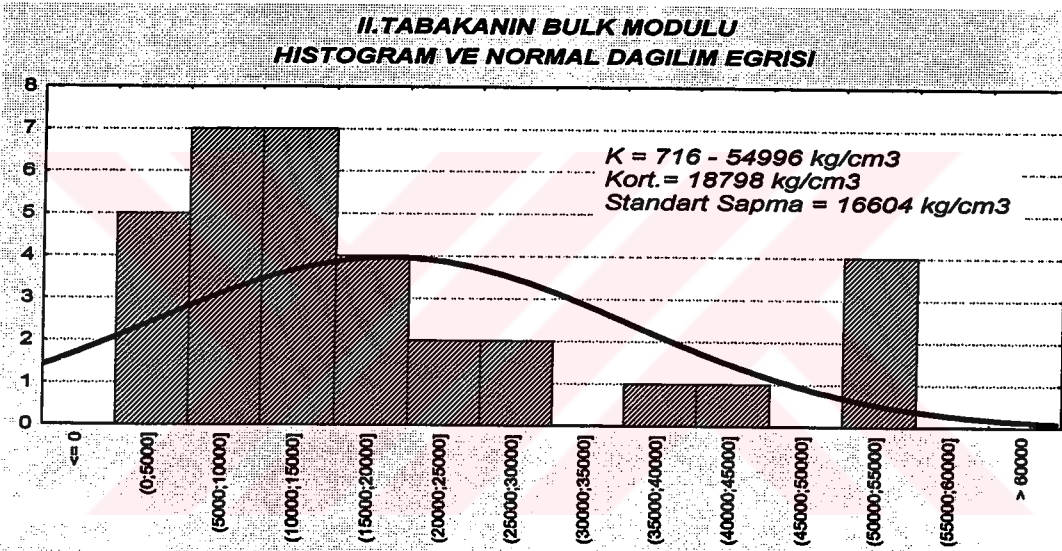
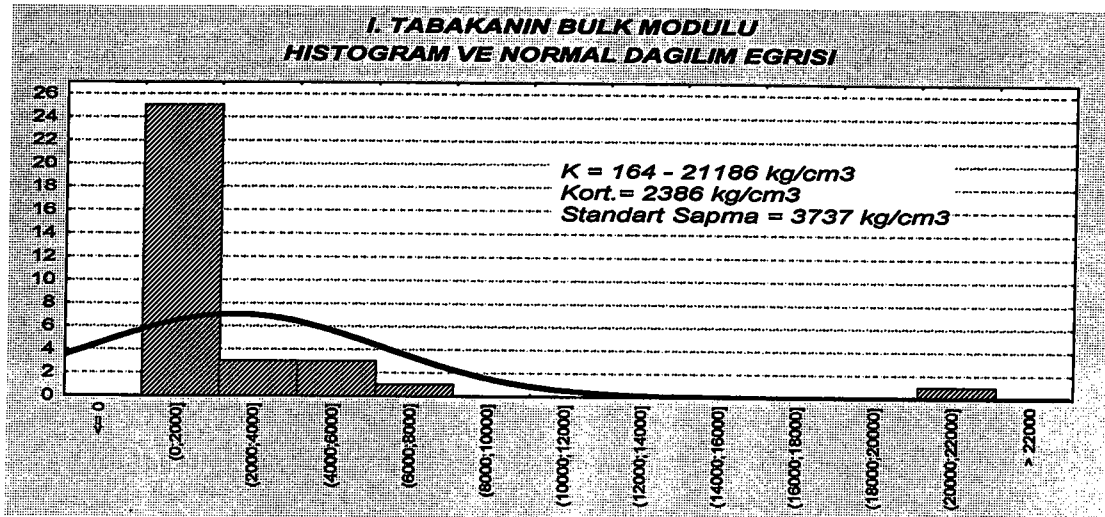


EK Şekil I.  $H_1$  ve  $H_2$  Kalınlığının Histogramı ve Normal Dağılım Eğrisi

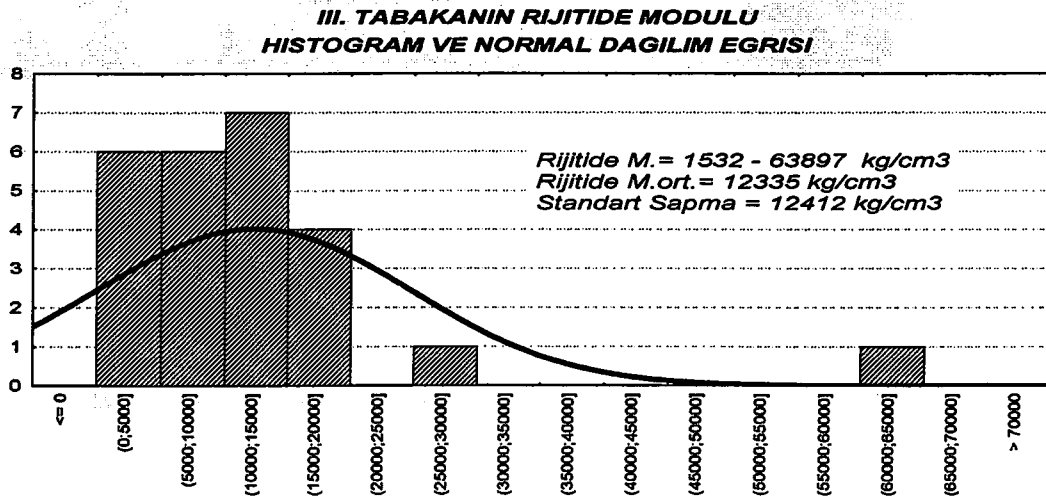
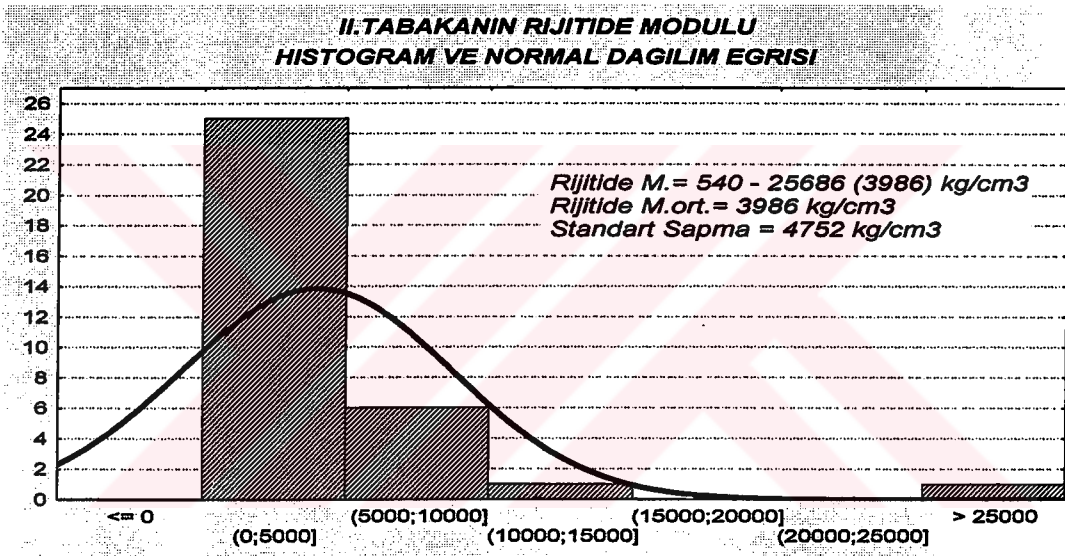
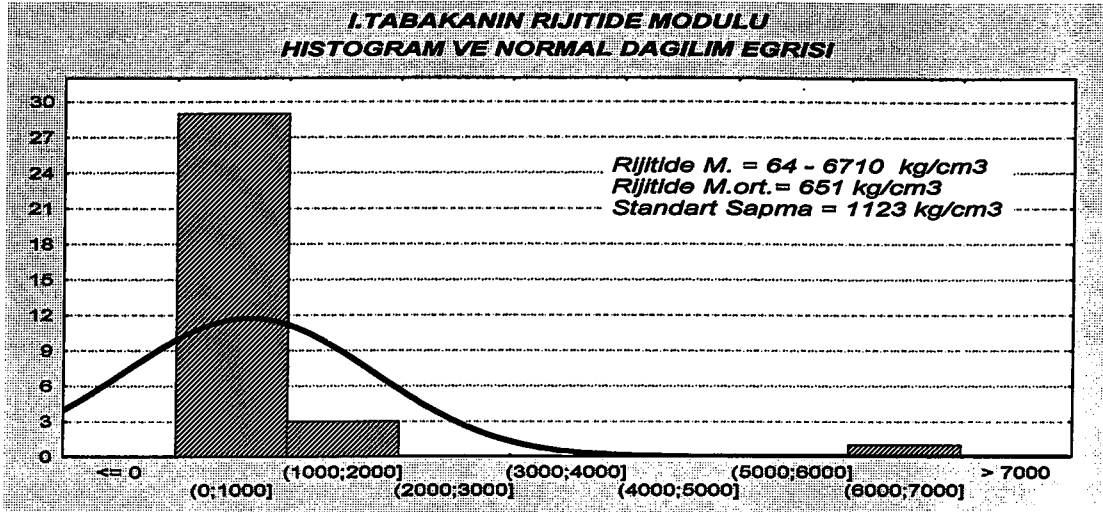


EK Şekil II.: Elastisite Modülünün Histogram ve Normal Dağılım Eğrisi

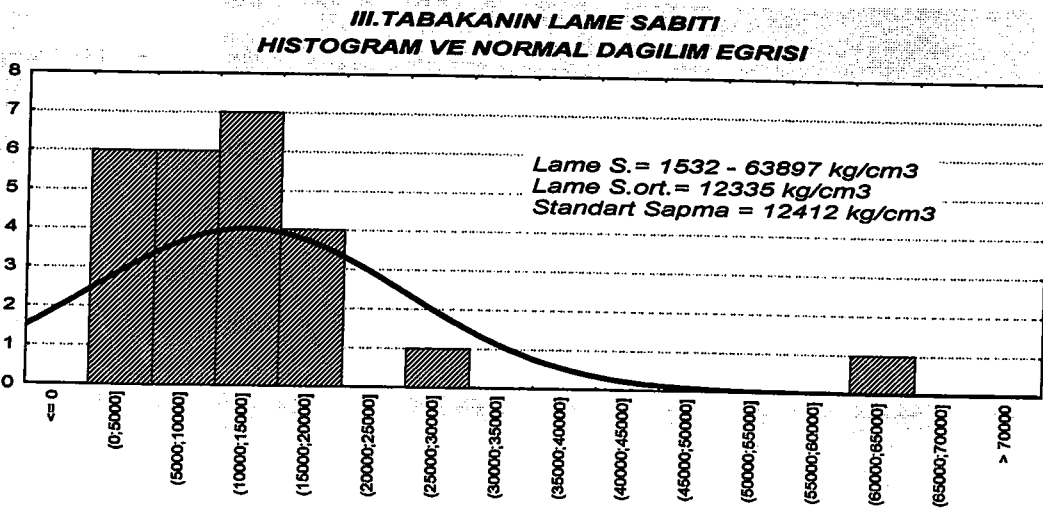
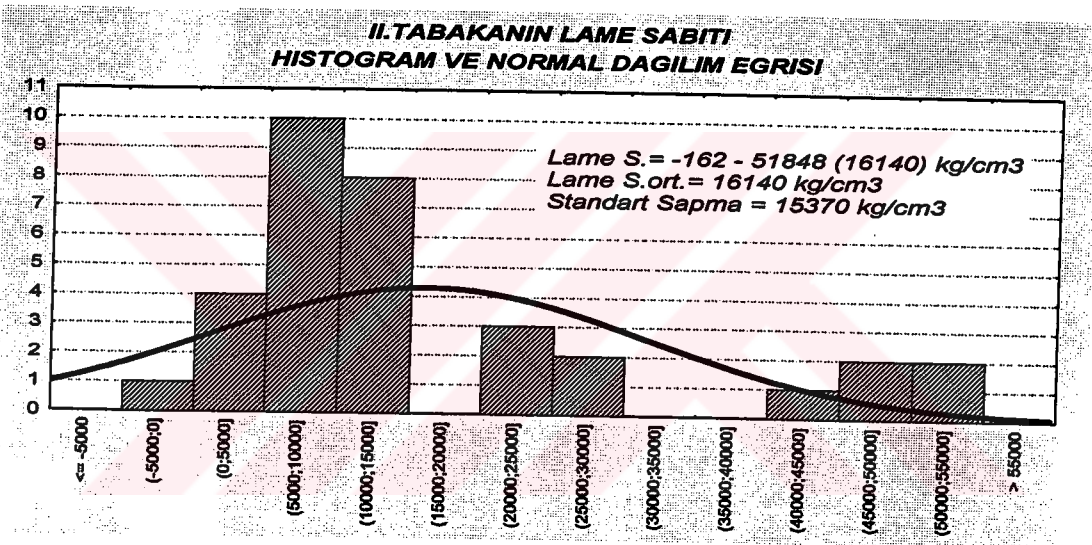
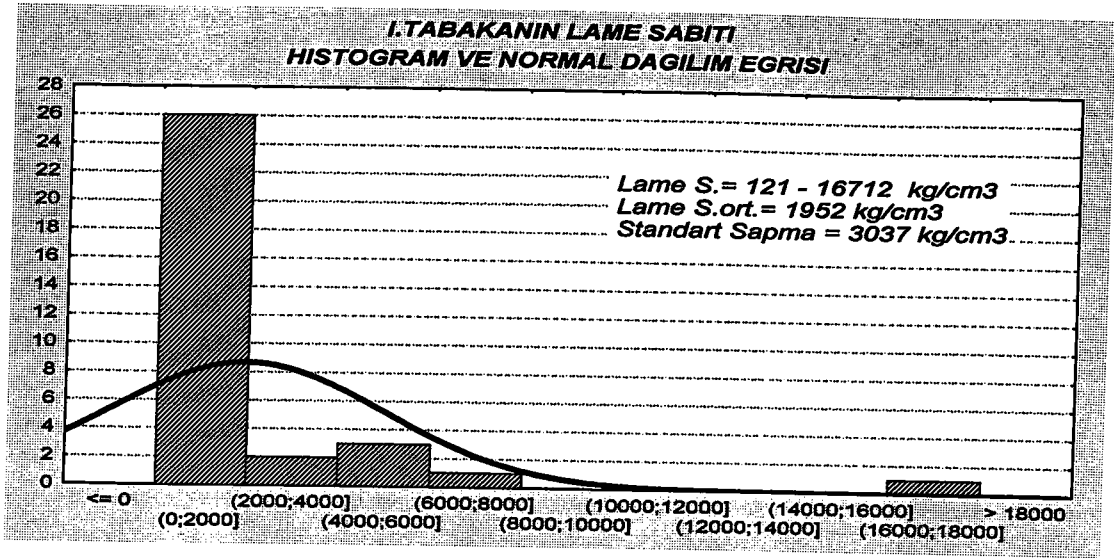




*EK Şekil III. Bulk Modulünün Histogram ve Normal Dağılım Eğrisi*



EK Şekil IV. Rijitide Modulünün Histogram ve Normal Dağılım Eğrisi



EK Şekil V. Lame Sabitinin Histogram ve Normal Dağılım Eğrisi