

55629

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İTÜ KAMPÜS ALANINDAKİ KAYAÇLARIN YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN GÖRÜNTÜ ANALİZ YÖNTEMİ İLE
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Jeoloji Müh. Erkan BOZKURTOĞLU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Mayıs 1996

Tezin Sunulduğu Tarih : 10 Haziran 1996

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mahir VARDAR

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Erdoğan YÜZER

: Prof. Dr. Yücel YILMAZ

HAZİRAN, 1996

ÖNSÖZ

Jeoteknik amaçlı bir çalışmada ortamla ilgili mekanik parametrelerin saptanıp yorumlanması, aralarındaki ilişkinin doğru ve de sağlıklı kurulabilmesi, teknik girişim ile doğanın etkileşimi açısından son derece önemlidir.

Teknik girişim sonucu oluşacak yeni ek yüklerin ortama olan etkileri ve jeolojik yapının, yapılması düşünülen mühendislik yapısına uygunluğunun tespiti, bölgenin yapılmış olan jeoloji ve mühendislik jeolojisi çalışmalarının, hassaslığı ve doğruluğu ile yakından ilişkilidir.

Arazi çalışmaları tamamlanmış böyle bir ortamda, laboratuvar çalışmaları ile ilgili yapılması gereken çalışmalar ve yöntemlerin belli olmasına rağmen, bir süreksizlik yüzeyinin özelliklerinin tespiti ve yüzey ile ilgili yapılması düşünülen incelemelerin yeterli olabilmesi için yüzeyin yüzde kaçlık bir kesimini çalışmanın yeterli olacağı ve bu yüzdenin sağlıklı bir şekilde nasıl bulunması gerektiği açık değildir. Araştırmada karşılaşılan bu sorunun cevaplanabilmesi ve incelenecek olan yüzeyle ilgili çalışılması gereken maksimum ve minimum sınırların ne şekilde saptanılması gerektiği bu çalışmanın ana amaçlarından birisi olmuştur.

Bu hedefler doğrultusunda gerçekleştirilen çalışmada, detay mühendislik jeolojisi çalışması yapılmış ve İTÜ Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı tarafından geliştirilen görüntü analiz yöntemi kullanılarak, bir yüzey üzerinde yapılacak çalışma için bu yüzeye ait yüzde kaçlık bir kısmının çalışılmasının yeterli olacağına ait sorunun cevabı araştırılmıştır.

Yüksek Lisans tezi olarak gerçekleştirilen bu çalışmada karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarını esirgemeyen ve beni yönlendiren hocam ve tez danışmanım Prof.Dr.Mahir VARDAR'a, katkı ve eleştirileri ile jeoloji ve mühendislik jeolojisi kısımlarının oluşturulmasında bilgilerinden yararlandığım Yük.Müh.İsmail ERİŞ'e, görüntü analiz yöntemi için gerekli olan düzeneğin kurulmasında yardımcı olan Ar.Gör. Cenk KOÇAK'a, çizimlerimde yardımcı olan Ar.Gör.Kayhan DEVELİ'ye, görüntü dosyalarından elde edilen sayısal verilerin istatistik değerlerinin tespitinde yardımcı olan Yrd.Doç.Dr.Fuat YAVUZ'a, kaya yüzeyinin kalıbını almak için kullandığım piyasada lateks olarak bilinen sıvının kimyasal isminin tespiti için analizini yapan kardeşim kimyager Neval BOZKURTOĞLU, Ar.Gör.Erdoğan KARAPINAR ve Doç.Dr.Ümit TUNCA'ya, tezin summary kısmının kontrolünü yapan Yrd.Doç.Dr.Ahmet ONAK'a, çeşitli nedenlerle fikir alışverişinde bulunduğum ve yardımlarını gördüğüm, mensubu olduğum tüm Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı ailesine katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 1996

Erkan BOZKURTOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problemin Tanıtımı.....	1
1.2. Tez İçeriği.....	3
BÖLÜM 2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI.....	4
2.1. Coğrafik Konum ve Morfoloji.....	4
2.2. İklim ve Bitki Örtüsü.....	4
2.3. Ulaşım.....	5
BÖLÜM 3. GENEL JEOLojİ.....	6
3.1. Önceki Çalışmalar.....	6
3.2. Genel Stratigrafi.....	10
3.2.1. Bölgesel Stratigrafi.....	14
3.2.2. Tuzla Formasyonu (D ₁) : Üst Devoniyen (D ₄).....	16
3.2.2.1. Yumrulu Kireçtaşı (d ₄).....	16
3.2.3. Baltalimanı Formasyonu (K _b) : Alt Karbonifer (K ₁).....	17
3.2.3.1. Fosfat Yumrulu Çört (k ₁).....	17
3.2.4. Trakya Formasyonu (K _t) : Alt Karbonifer (K ₂).....	19
3.2.4.1. Grovak - Şeyl Ardışımı (k ₂).....	19
3.2.4.2. Silttaşı - Kiltası (Şeyl).....	24
3.2.4.3. Kumtaşı (Grovak).....	25
3.2.4.4. Çamurtaşı.....	27
3.2.5. Belgrat Formasyonu (N _b) : Pliyosen (Plq).....	28
3.2.6. Mağmatik Oluşum.....	29
3.2.7. Kuvaterner (Qal).....	30
3.2.8. Güncel.....	30
3.3. Yapısal Jeoloji.....	31

3.3.1. Tabakalar.....	31
3.3.2. Çatlaklar.....	32
3.3.3. Faylar.....	33
BÖLÜM 4. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ.....	38
4.1. Giriş.....	38
4.2. Kayaçların Yapısal Özelliklerine Göre Sınıflandırılmaları.....	39
4.2.1. Kayaçların Tabaka Kalınlığına Göre Sınıflandırılması.....	39
4.2.2. Çatlak Sıklığına Göre Kaya Ortamın Sınıflandırılması.....	41
4.2.3. Çatlak Açıklığına Göre Sınıflandırma.....	46
4.2.4. Çatlak Yüzü Pürüzlülüğüne Göre Sınıflandırma.....	47
4.3. Kayaçların Ayrışma Derecesine Göre Sınıflandırılması.....	49
4.4. Kayaçların Karot Yüzdesi ve Kayaç Kalitesine Göre Sınıflandırılması.....	53
4.5. Kayaçların Fiziksel Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	55
4.5.1. Kayaçların Poroziteye Göre Sınıflandırılması.....	56
4.5.2. Kayaçların Geçirgenliğe Göre Sınıflandırılması.....	57
4.6. Kayaçların Mekanik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	59
4.7. Duraylılık (Stabilite) Sorunları ve Kütle Hareketleri.....	60
4.7.1. Heyelan Alanları.....	62
4.7.2. Krip (Akma - Sürüklenme) Hareketleri.....	63
4.7.3. Kaya Kaması Kayması.....	64
4.8. İTÜ Göleti ve Dolayının Mühendislik Jeolojisi.....	65
4.8.1. İTÜ Göleti Yüzey Çalışmaları.....	69
BÖLÜM 5. KAYA YÜZEYİ PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ.....	81
5.1. Giriş.....	81
5.2. Kaya Yüzeyi Pürüzlülüğünün Ölçülmesi İçin Geliştirilmiş Çeşitli Yöntemler.....	82
5.2.1. Pürüzlülüğün Profilograf İle Ölçülmesi.....	83
5.2.2. Pürüzlülüğün Pusula ile ölçülmesi.....	84
5.2.3. Pürüzlülüğün Cetvel İle Ölçülmesi.....	85

5.3. Kaya Yüzeyi Pürüzlülüğünün Görüntü Analiz Yöntemi İle	
Değerlendirilmesi.....	88
5.3.1. Arazide Kaya Yüzeyinin Kalıbının Alınması.....	88
5.3.2. Süreksizlik Kalıbının Görüntü Analiz Yöntemi İle	
İncelenmesi.....	93
5.3.3. Görüntü Analiz Yöntemi İle Elde Edilen Verilerin İstatistiksel	
Değerlendirmesi.....	103
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	123
KAYNAKLAR.....	125
EKLER.....	130
ÖZGEÇMİŞ.....	182



NOTASYON LİSTESİ

T_k	: Tabaka kalınlığı
J_s	: Çatlak sayısı
Çt	: Çatlak takımı
k_i	: Çatlak sıklığı
d_i	: Çatlak aralığı
k_{stini}	: Kayanın ortalama çatlaklığı
J_n	: Çatlak izi sayısı
L	: Birim uzunluk
x	: Çizgisel ayrılma derecesi
J_i	: Çatlak izi uzunluğu
x_{ort}	: Ortalama ayrılma derecesi
SCR	: Katı karot yüzdesi
TCR	: Toplam karot yüzdesi
RQD	: Kaya kalitesi
L_u	: Lugeon değeri
Q	: Debi
P	: Basınç
l	: Deney zonu
t	: Deney süresi
σ_1	: Tek eksenli basınç direnci
σ_3	: Üç eksenli basınç direnci
α	: Pürüzlülük açısı
β	: Eğim açısı
$\Delta\alpha$	: Süreksizlik doğrultusu ile kesit doğrultusu arasındaki açı
A	: Asimetri
m_3	: Üçüncü merkezi moment
E	: Kurtosis indeksi

σ , S : Standart sapma
 σ^2 : Varyans
 P : Permütasyon
 C : Kombinasyon
 N : Ana kütle eleman sayısı
 n : Oluşturulan örnek kütle eleman sayısı
 $\bar{x}$: Örnek aritmetik ortalaması
 μ : $\bar{x}$ 'in aritmetik ortalaması



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 : İnceleme alanının topografik haritası.....	4
Şekil 2.2 : İnceleme alanının yerbulduru haritası.....	5
Şekil 3.1 : İstanbul Paleozoyiğinin genel yayılımı ve Karbonifer yaşlı Trakya formasyonunun (Şeyl ve kumtaşı ardalanması) bu yayılımdaki çökelim bölgeleri.....	7
Şekil 3.2 : İstanbul ilinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.....	13
Şekil 3.3 : İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti ve inceleme alanında karşılaşılan birimlerin yerleri.....	15
Şekil 3.4 : İnceleme alanında yüzeylenen tabakalara ait doğrultu ve eğim değerlerinin kutupsal koordinatta gösterilmesi.....	32
Şekil 3.5 : Tabakalara ait kontur diyagramı.....	35
Şekil 3.6 : Çatlaklara ait kontur diyagramı.....	36
Şekil 3.7 : Faylara ait kontur diyagramı.....	37
Şekil 4.1 : Tabaka kalınlığı - çatlak sıklığı ilişkisi.....	40
Şekil 4.2 : Çatlaklı kaya ortamında k_{stini} nin saptanması.....	42
Şekil 4.3 : Çatlaklı kaya ortamında çizgisel ayrılma derecesi ve süreksizlik dolgusunun tanımı.....	44
Şekil 4.4 : Tipik süreksizlik profilleri sınıflaması.....	49
Şekil 4.5 : İnceleme alanının 1/10000 ölçekli ayrışma haritası.....	52
Şekil 4.6 : Kumtaşı ve siltaşlarının ayrışmaya bağlı dayanım azalması.....	53
Şekil 4.7 : Süreksizliklere bağlı kazı şevlerinin duraylılığı.....	65
Şekil 4.8 : İTÜ Göletinin planda görünüşü.....	67
Şekil 4.9 : İTÜ Göleti sondaj vaziyet planı.....	68
Şekil 4.10 : İTÜ Göleti ve dolayında yüzeylenen tabakalara ait doğrultu ve eğim değerlerinin kutupsal koordinatta gösterilmesi.....	71
Şekil 5.1 : Birinci ve ikinci tip süreksizliklerin görünüşü.....	81
Şekil 5.2 : Profilograf kullanarak süreksizlik ölçümü.....	83

Şekil 5.3 : Pürüzlülüğün Clar pusulası ve farklı çaplı diskler kullanarak ölçülmesi.....	84
Şekil 5.4 : Yüzey pürüzlülüğünün farklı çaplı diskler kullanarak jeolojik pusula ile ölçülmesi.....	85
Şekil 5.5 : Olası kayma yönü boyunca ölçülen ve çizilen yüzey profili.....	86
Şekil 5.6 : Olası kayma yönü boyunca lineer yüzey profillerinin pozisyonu.....	87
Şekil 5.7 : Azalan eğim açısını tanımlayan nomogram.....	87
Şekil 5.8 : Işığın değişik yüzeyler üzerinde yansımaları ve kırılması.....	94
Şekil 5.9 : Piksellere ayrılmış 0 - 255 arasında gri renk tonlarını içeren bir görüntü.....	98
Şekil 5.10 : Görüntünün her pikseline karşılık gelen parlaklık değerleri.....	99
Şekil 5.11 : Her asalan için 1 den 16 ya kadar alt asalan oluşturulması.....	102
Şekil 5.12 : g dosyalarına ait görüntü analiz değerleriyle çizilmiş olan alansal yüzey pürüzlülüğü.....	102
Şekil 5.13 : g _k dosyalarına ait görüntü analiz değerleriyle çizilmiş olan alansal yüzey pürüzlülüğü.....	103
Şekil 5.14 : g dosyalarının parlaklık değerleriyle oluşturulan kümelerin toplu sunumu.....	108
Şekil 5.14a : g dosyasına ait parlaklık değerlerinin maksimum ve minimum noktaları ve bu noktalardan geçen doğruların gidişi.....	109
Şekil 5.15 : g _k dosyalarının parlaklık değerleriyle oluşturulan kümelerin toplu sunumu.....	110
Şekil 5.15a : g _k dosyasına ait parlaklık değerlerinin maksimum ve minimum noktaları ve bu noktalardan geçen doğruların gidişi.....	111
Şekil 5.16 : İadeli bir seçimde oluşabilecek örnek sayısı.....	113

FOTOGRAF LİSTESİ

Foto 3.1 : Trakya formasyonu içerisinde gelişmiş yersel faylanmalar ile andezit dayk ve sil sokulumları.....	20
Foto 3.2 : Trakya formasyonu içerisinde tabakaların değişik seviyelerinde sık olarak gözlemlenen türbiditik yapılar.....	21
Foto 3.3 : Trakya formasyonunun silttaşı ve çamurtaşı seviyelerinde yaygın olarak gözlemlenen tabakalanma.....	21
Foto 3.4 : Trakya formasyonunda yanal tektonik kuvvetler nedeniyle oluşan deformasyonlara bağlı gelişen küçük ölçekli faylanmalar.....	22
Foto 3.5 : Trakya formasyonu içerisinde (kumtaşı seviyesi) gözlemlenen kuvars damarı.....	26
Foto 3.6 : İTÜ Rektörlük binası temel çukurunda gözlemlenen pliyosen çökelişi.....	29
Foto 4.1 : Heyelan içerisinde gelişen (kabarma bölgesi) gerilme çatlakları.....	62
Foto 4.2 : İTÜ Göleti dolusavak kazısında kesilen kumtaşı ve silttaşı birimleri.....	70
Foto 4.3 : İTÜ Göleti sağ sahilinde yüzeylenmiş olan andezit dayk ve silleri ile bunların arasında yer alan yersel faylar.....	70
Foto 4.4 : İTÜ Göleti dolusavak kazısı sol sahilinde gelişen kütle hareketleri.....	75
Foto 4.5 : Sol sahilde gelişen kütle hareketinin yakından görünüşü.....	76
Foto 4.6 : İTÜ Göleti dolusavak kazısı (1995 yılı).....	76
Foto 4.7 : İTÜ Göleti dolusavak kazısı (1996 yılı).....	77
Foto 4.8 : İTÜ Göletinin kuşbakışı görünümü ve 1/2 oranında oluşturulmuş kazı şevi.....	77
Foto 4.9 : İTÜ Göletinin sol sahil kesiminin görünümü.....	78
Foto 4.10 : İTÜ Göletinin sağ sahil kesiminin görünümü.....	79
Foto 4.11 : Dolusavak sağ duvarında gözlenen mangan damarı ve gözlenen faylanmalar.....	80
Foto 5.1 : Kaya yüzeyinden alınmış lateks kalıp.....	93

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 : F.J. Pettijohn sınıflaması.....	28
Tablo 4.1 : Tabaka kalınlığına göre kayaçların sınıflandırılması.....	40
Tablo 4.2 : Çatlak ara uzaklığına göre kayaçların sınıflandırılması.....	44
Tablo 4.3 : Çatlak açıklığına göre kayaçların sınıflandırılması.....	46
Tablo 4.4 : Süreksizlik yüzeylerinin saha gözlemlerine göre pürüzlülük açısından sınıflandırılması.....	48
Tablo 4.5 : Kayaçalarda bozunma derecelerinin tanımlanması.....	51
Tablo 4.6 : RQD değerlerine göre kaya kalitesinin tanımı.....	55
Tablo 4.7 : Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılması.....	56
Tablo 4.8 : Grovak ve şeyllerde birim hacim ağırlığı, su emme ve porozite deney sonuçları.....	57
Tablo 4.9 : Kayaçların Lugeon birimine göre sınıflandırılması.....	58
Tablo 4.10 : Kayaçların geçirgenlik katsayısına göre sınıflandırılması.....	58
Tablo 4.11: Kayaçların tek eksenli basınç direncine göre sınıflandırılması.....	59
Tablo 4.12 : Grovak ve şeyllere ait tek eksenli ve üç eksenli ile çekme direnci deney sonuçları.....	60
Tablo 4.13 : Kütle hareketlerinin genel sınıflandırılması.....	61
Tablo 4.14 : SK sondajlarında gerçekleştirilen basınçlı su deneyi sonuçları.....	72
Tablo 5.1 : N_{640} ve N_{320} grubundan örneklem ile elde edilen kümeye ait standart sapma değerleri ve yüzeyi temsil etme yüzdeleri.....	122

ÖZET

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada İTÜ Kampüs alanının jeoloji ve mühendislik jeolojisi çalışması yapılarak; bir yüzeye ait kalıp üzerinden alınan video kamera görüntülerin mühendislik jeolojisi mantığı ile işlenmesi sonucu elde edilen neticelerin sonuçları sunulmuştur.

Çalışma, başlıca iki kısımdan oluşmuştur. Birinci kısım jeoloji ve mühendislik jeolojisini içermekte olup, inceleme alanında yüzeyleyen litolojik birimlerin yapısal ve mühendislik özelliklerinin saptanmasına yöneliktir. Bu amaç çerçevesinde 1/2000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası yapılmış, aynı ölçekte jeolojik kesitler alınmıştır. İTÜ göleti gövde kesiminde yapılan sondajlardan yararlanarak çizilen 1/500 ölçekli jeolojik kesit ile dolusavaşın 1/100 ölçekli açılımı mühendislik jeolojisi bölümünde sunulmuştur. Çalışmada ayrıca, kampüs sahasında geniş bir yayılım sunan fliş karakterindeki Trakya formasyonuna ait kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı fasiyeslerinin yayılım sunduğu sınırlar ayırtlanmaya çalışılmış ve kampüs alanında gözlenen kayaçların 1/10000 ölçekli ayrışma derecelerini içeren bir haritası yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmında, genel grup ismi olan lateks olarak bilinen ve polimer bazlı bir sıvı olan polibütadiyen kullanılarak bir kaya yüzeyinden nasıl kalıp alınacağı, laboratuvar ortamında yüzeyi temsil edecek şekilde yeni bir kalıbın içine nasıl yerleştirileceği anlatılmış ve özel amaçlı yüzey çalışmaları için gerekli olan yüzey miktarının, maksimum ve minimum sınırlarının tespiti için yöntem önerilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde, araştırmanın bütününden elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

SUMMARY

THE INVESTIGATION OF JOINT SURFACE ROUGHNESS ON THE ROCKS IN ITU CAMPUS AREA BY IMAGE PROCESSING METHOD

One of the aims in geotechnical studies considering media, technical attempt and media effects is to determine the mechanical parameters of media and to investigate their suitability to technical attempt.

At and after the stage of technical attempt effects of new added loading conditions can be correctly determined by detailed geologic and engineering geologic studies.

In this study, the media properties of ITU Maslak campus was investigated at the influence of media, technical attempt and environment. Engineering Geology and weathering map of the study area was made. Carboniferous age Trakya formation (fly ash sedimentation) widely spreading in Istanbul and forming the large part of the investigation area was differentiated according to the boundaries of sandstone-siltstone and mudstone facies and each unit was examined in detail. These units were mapped by differentiating as much as a scale of 1/2000 allows since siltstone-sandstone sequence in Trakya formation changes very often, siltstone outcrops in sandstone areas and sandstone outcrops in siltstone areas in the map may be seen in the field.

Because of different deformation properties at sandstone and siltstone levels of Trakya formation, this unit was intensely jointed under stresses. By existing milonitic zones that are characteristic future of fault planes, these frequently observed local fractures on outcrop surfaces are easily determined.

Joint frequency in the unit having intensely developed systematically and random joints, varies and may be about 1cm./m. around large fault zones. As a result of the evaluation of joint measurement, it is determined that average joint frequency in this unit is about 15 cm. measured dip and strike values of bedding planes are intensely variable. Dip and strike values of bedding planes in polar coordinate system are given in Figure 1 below. As seen in figure, dominating strike is in NW direction and dominating dip direction changes between NE and SW.

Permeability of the formation was found as 10^{-5} - 10^{-7} cm./s. by Lugeon tests conducted at drillholes for preconstruction investigations of ITU small dam. According to these values in this highly impermeable unit, permeability of rock in reservoir area may increase due to weathering. Around the reservoir area this unit

strikes in NW direction and dips SW. Bedding thickness observed in this unit changes between 3 and 100 cm.

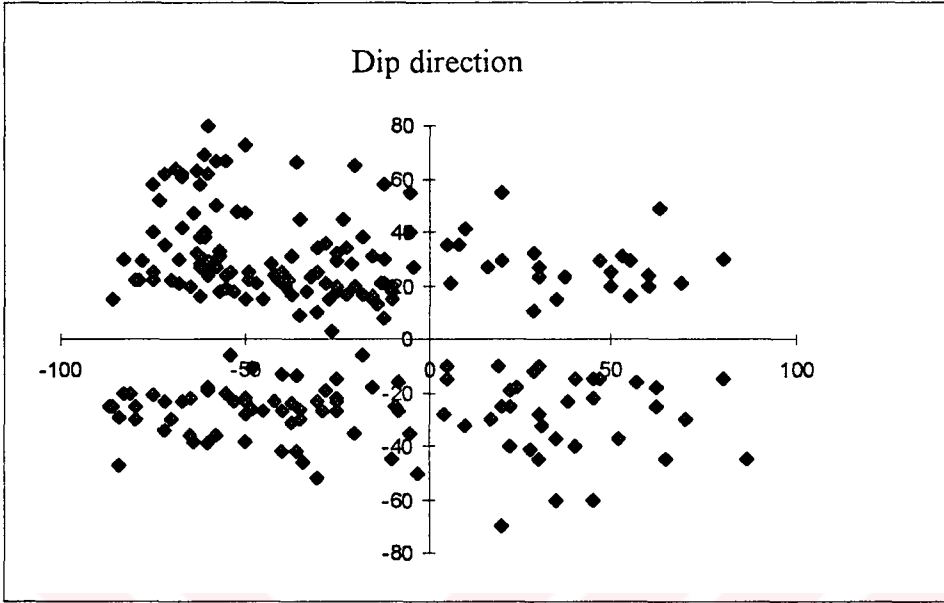


Figure 1. Relationship between strike and dip direction of bedding planes in Trakya formation.

Anticlinoriums and senclinoriums are frequently observed in bedding planes, sandstones are medium and thick, siltstones are medium and thin and mudstones are laminated longitudinal joints developed in this unit strike N23-85W, and dip 27-89 SW and transverse joints strike N13-72E and dip 36-89 SE, joints frequency changes between 0,8 and 1 mm. and generally there is no gouge in joints. Joints are locally field by own material, quartz and FeO.

In this investigation done for geotechnical purpose, as a result of geologic and engineering geology studies, type, quantity and number of laboratory tests necessary for this media and technical attempt are known, but in studies for special purposes such as shear strength of a rough surface, suitability for injection, etc. it is undetermined how maximum and minimum working values, belong and completely representing this surface are not defined.

This study is an attempt to solve this problem. A cast of rough surface was formed and surface was evaluated by image analysis techniques. Obtained values were statistically analyzed. As a result of this, a new method is offered to determine the maximum and minimum size of a surface which is subject to special examination for a satisfactory outcome.

In this method, the aim is to measure the length of shadow formed by asperities of the surface under specific light direction. Areal roughness obtained in this unit of glosness give a heterogeneity as depending on the size of surface and asymmetry of

asperities but by dividing the heterogeneous areal roughness in to subareas, an homogeneous subarea will be obtained as depending on surface properties. Statistical analysis of glossness values of this homogeneous area gives maximum and minimum boundary values representing the surface.

Image analysis program gives a numerical values between 0 and 256 according to tones of gray. Zero means the darkest and 256 means the lightest. In order to determine the surface glossiness values images of the surface must be transferred to computer. In this stage reflecting light from the surface under directed light forms the images.

When the image analysis program is used to determine the degree of polishing on a marble surface, due to smoothness of the marble surface and reflecting light in specific angle, any light source can be used. On the other hand, in order to avoid dispersion of light on the rough surface parallel light source must be used.

Because of this relationship between the light and rough surface analyzing in-situ taken image on the field will be worry. Due to this difficulties it is clearly fact that taken a mold of a rock surface from field is necessary. So we tried some molding material in laboratory from granular to liquid and decided to use polybutadien which is known with latex at the marketing.

As known as to be plant milk the latex is a liquid of euphorbium, lettuce and such of other plants in the milk vein. It is a plazma has a lot of nucleous and exhibit a riches with starch, diastas, alcoholloid and hydrocarbon. The composition of latex as like as milk and only to be stable when it is light alkaline.

When the latex is replaced on a surface in wheather it's nucleous become together and change to flexible stiffness material.

To take a mold of some surface using this material including some steps which are given by order at the following row.

- Firstly choose a surface is been the aim of necessary to study.
- Wash the surface and wait to dry.
- Applied the liquid to the surface with a brush.
- Wait the liquid will dry with air and wash the brush with solvent for the prevent to dry luquid at the brush hair.
- After the liquid dry repeat this action 2 or 3 times again
- When the last layer was drying put the thread to the surface and spread it with hand to take all form of the surface.
- Pour the liquid on thread largely and spread it with hand.
- Put the other thread on the first it and spread with hand, then pour luquid again and spread.
- Repeat this action 4 or 5 times.
- Never pour liquid on the last thread.
- Wait the liquid will dry in the thread pore.

- Pull the liquid with thread from the surface.

After all this process you can move the surface mold without any problem where you want and how you want.

The reason of using thread with liquid is to protect all the details wave and roughness of the surface due to the speciality of flexible of liquid. The thread is taken the surface wave when the liquid become hard in its pore. The surface roughness is protected with hardening of liquid.

At the laboratoary the liquid mold replace in a MDF wool mold with plasters of Paris. The thread side of this mold put on the plaster to be a corner of latex liquid would be 0 (zero) plane

In this study taken a 200x8cm. dimension latex mold would be necessary to search the maximum and minimum portion of the investigated surface would be adequate for detail study.

After the surface image had been taken to the computer with a video camera and appreciated with image process program, all the main files of surface image would started to divide in order beginning from 2 to 16 respectively and had an new color image number for every new image file.

If we emphasize these divided image files more clearly, we will have new image files belong to every one main image and have a new numerical value of these. In the following line the exhibited numbers are belong to only one main file with its divided in range as 2, 4, 8, 16 and shows how much numerical values the surface has at this subdivided files.

For	40	main	files	(1 - No divided)	40	numerical	value
"	80	"	"	(2 - divided 2 every main files)	80	"	"
"	160	"	"	(4 - " 4 " " ")	160	"	"
"	320	"	"	(8 - " 8 " " ")	320	"	"
"	640	"	"	(16 - " 16 " " ")	640	"	"

We took all main image files (40 files) 2 times giving the paralel light beam from the different side due to the symmetry or asymmetry of surface and had compare the 80 main files image drawing to the image value. Figure. 2 shows the g files and Fig. 3 shows the g_k files according to the giving light to the surface its right and left side.

According to the this figures there is an asymmetry on the surface roughness.

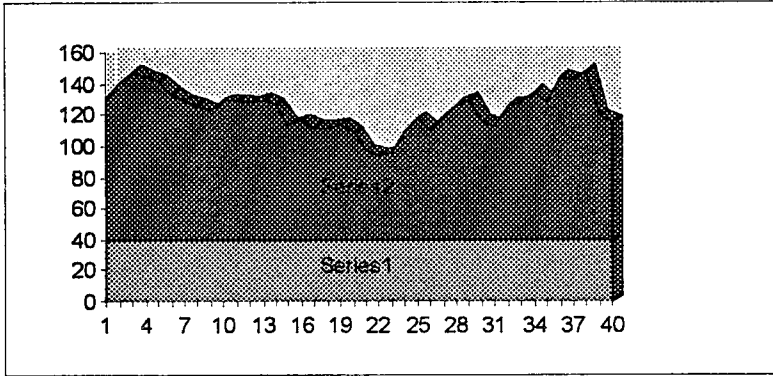


Figure 2 : The imaging roughness prophile of the surface with the g files value,

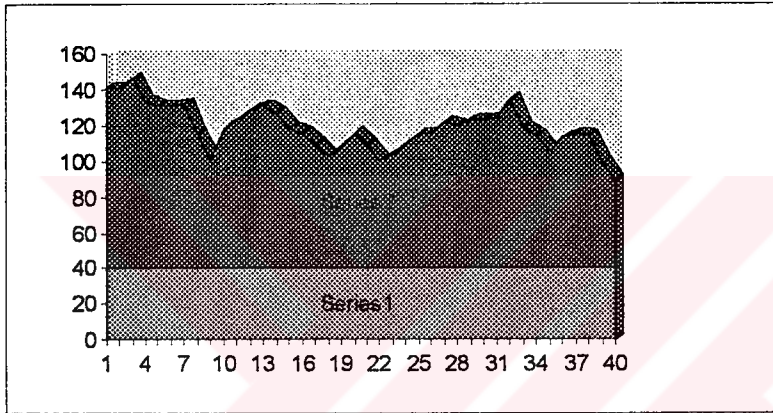


Fig 3 : The imaging roughness prophile of the surface with the g_k files value

The relationship between the all files and their numerical image value is given in fig 4 and 5 for g and g_k images.

According to the fig 4 and 5 it is inessential to dive the every one image file more than 16 part. And we tried to search the maximum and minimum portion of this surface using the acquisition of this subdivided image's numerical value. So we made an statistics research and had an inference about what we want and propose a method to define what percent of a surface must be necessary to investigate for detail study.

At the end of this study we find a maximum and minimum value for Trakya formation's rock surface is 24 % and 17.2 %.

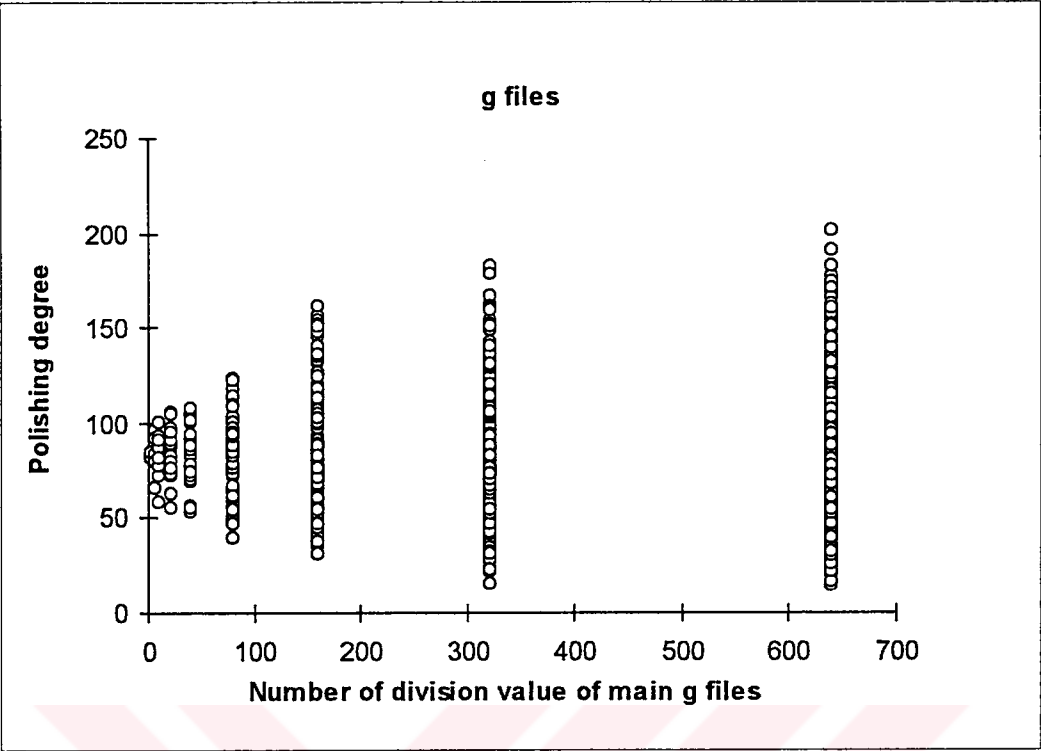


Fig 4 : The relationship between all g image files and their numerical value.

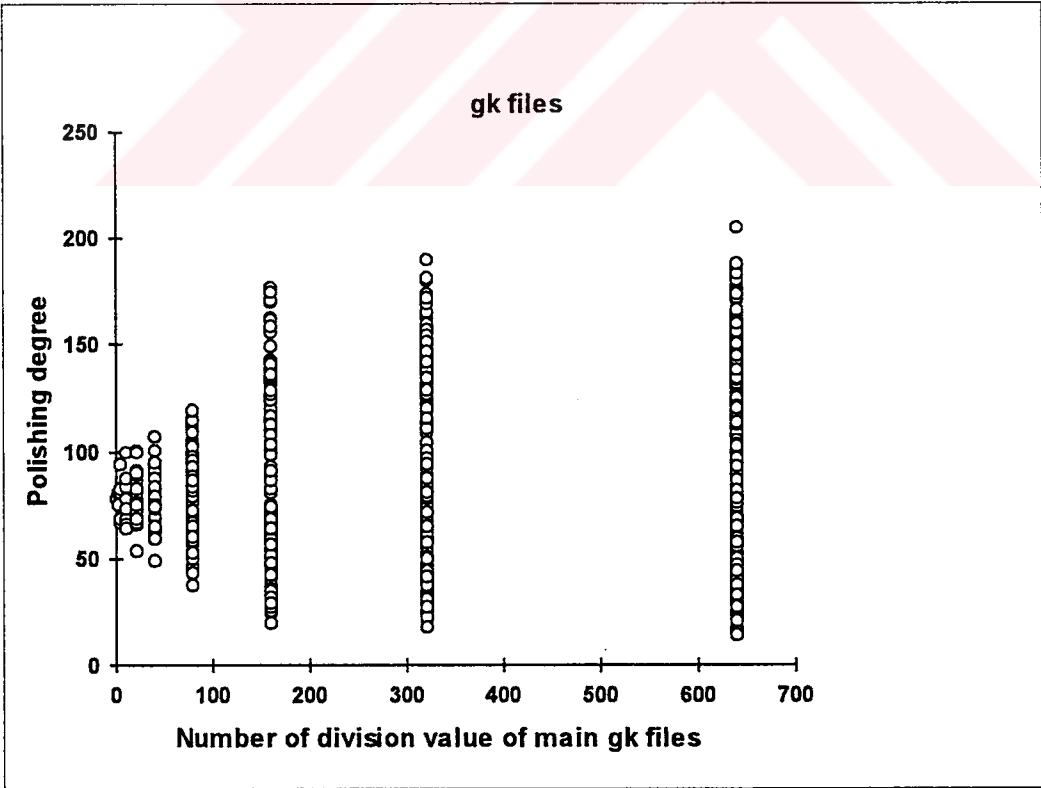


Fig 5 :The relationship between all g_k image files and their numerical value

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1 Problemin Tanıtımı

Yerkabuğunda doğaya karşı bir girişim olarak da tanımlayabileceğimiz mühendislik yapılarının inşaaı, uygulanacak projenin boyutlarına bağılı olarak izlenmesi ve araştırılması gereken çeşitli aşamalar içerir. Jeoteknik amaçlı bu çalışmalarda ortam ile ilgili parametreler saptanıp yorumlanmakta ve aralarında mevcut olan ilişkiler açıklığa kavuşturulmaktadır.

Aralarındaki ilişkiler doğru olarak saptanmış bir ortamda, teknik girişim sonucu oluşacak ek yüklerin doğa ile olan karşılıklı etkileşimi; ortamın jeolojisi ve özellikle mühendislik jeolojisi özellikleri ile yakından ilişkilidir.

Arazi çalışmaları tamamlanmış ortamlarda laboratuvar ve arazi deneyleri ile ortamlarla ilgili çeşitli verilerin (gerilme, kohezyon, içsel sürtünme açısı, fiziksel özellikler vs...) saptanması yoluna gidilir. Özellikle kaya mekaniği çalışmalarında araştırılması gereken parametrelerden biriside çatlak düzlemlerinin yüzey pürüzlülüğüdür.

Bu çalışmada; yukarıda kısaca bahsedilen açıklama doğrultusunda inceleme alanı olarak seçilen İTÜ Ayazağa kampüs alanının ayrıntılı jeolojisi ve mühendislik jeolojisi çalışılarak, kampüs alanında yüzeylenen kaya örnekleri üzerindeki bir çatlak düzleminin yüzey pürüzlülüğü görüntü analiz yöntemi (image process) ile sayısallaştırılmaya çalışılmıştır.

Çatlak düzlemlerine ait yüzey geometrisi, kayaçların ayrışma dereceleri ile de yakından ilgilidir. Bu amaçla yapılan çalışmanın mühendislik jeolojisi ana başlığı altında, inceleme alanının saha gözlemlerine dayalı ayrışma haritası da yapılmış ve

kaya ortamın nitelikleri belirlenerek sayısallaştırılmıştır. Çatlak düzlemi yüzey geometrisi ise; çalışma sahasında arazi gözlemlerine dayalı olarak ISRM' nin önerdiği şekilde olası kayma düzlemlerinde ölçülerek, tipik süreksizlik profilleri ile karşılaştırılmış ve bu tanımlamadaki yerleri belirlenmiş, laboratuvar ortamında da tüm yüzeyin geometrisinin daha hassas bir şekilde ölçülüp sayısallaştırılabilmesi için görüntü analiz yöntemi kullanılarak ölçüm yapılmıştır.

Günümüze kadar çeşitli araştırmacılar kaya mekaniği çalışmalarında kayaçların yüzey pürüzlülüğünü saptayabilmek için çeşitli yöntemler önermişlerdir. Önerilen bu yöntemler arasında günümüzde en çok kullanılanı ise; ISRM' nin önerdiği ve katlanır bir cetvel kullanarak arazide olası kayma düzlemi yönünde yapılan yüzey okumasıdır. Bu yöntemlerin hepsinde amaç; çizgisel bir doğru boyunca (olası kayma düzlemi yönü) karşılaşılabilecek yüzeyin geometrisinin tespiti olduğu için ölçümler belli doğruları kapsamakta ve dolayısıyla çizgisel olmaktadır.

Görüntü analiz yöntemi ile yapılan ölçümler ise; çizgisel olmayıp alansal olmaktadır. Bu şekilde bir ölçüm için ilkin inceleme alanında yüzeylenen kayaçlar litolojilerine, sunmuş oldukları yüzey geometrisine ve ayrışma derecelerine bağlı olarak zonlanmalıdır. Ortam zonlaması yapıldıktan sonra yüzey geometrisi okunup alansal olarak tespit edilmek istenen kesimin kalıbı alınmış ve laboratuvar ortamında bu yüzey kalıbının üzerine paralel ışık demeti düşürülmüştür. Bu şekilde farklı renk tonları okunmuştur. Alansal pürüzlülük ölçümünde, ölçümü yapılacak olan yüzey üzerine önce bir yönden paralel ışık demeti düşürülerek ölçüm yapılmış daha sonra aynı işlem yüzeye diğer yönden ışık düşürülerek tekrarlanmıştır. Böylece yüzeye ait pürüzlülük derecesinin yön bağımlı olup olmadığı ortaya çıkarılmak istenmiştir.

Bu şekilde alansal olarak belirlenen parlaklık değerlerinden yararlanarak o yüzeye ait geometrinin simetrik mi, asimetrik mi olduğu saptanmış ve yüzeyi karakterize eden maksimum ve minimum yüzey oranı belirlenmiştir.

1.2 Tez İçeriği

Giriş bölümünden sonraki bölümde inceleme alanının yeri belirtmiş, üçüncü bölümde bölgenin jeolojisi tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde inceleme alanı içindeki kayaçların ortam özellikleri mühendislik jeolojisi amaçlı incelenerek ortam sayısallaştırılmış ve yüzey gözlemlerine dayalı ayrışma haritası çıkarılmıştır. Bu bölümde çok sayıda yarma ve sıyırma kazısı şevlerinde yapısal özelliklerin daha ayrıntılı ve sağlıklı bir şekilde saptanabilmesi nedeniyle, kampüs sınırları içersinde inşaaı gerçekleştirilen İTÜ göletinde mühendislik jeolojisi çalışmasına da yer verilmiştir.

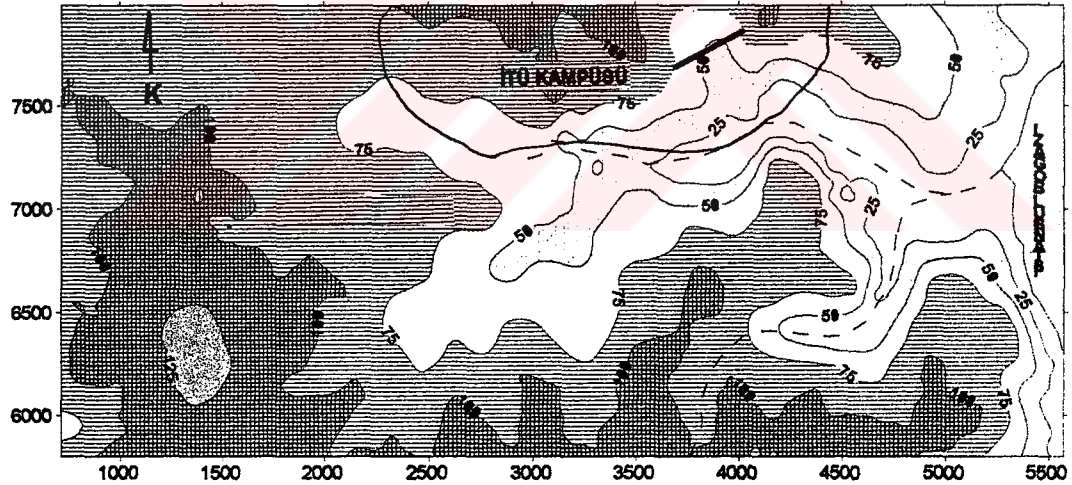
Çalışmanın araştırma ağırlıklı asıl konusunu içeren beşinci ve son bölümde ise; çatlak düzlemlerine ait yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi için kullanılan başlıca yöntemlerden bahsedilip, bu çalışmada yararlanılan ölçüm sisteminin özellikleri sunulmuş ve bu yöntem ile yapılan okumalardan elde edilen sayısal verilerden yararlanarak elde edilebilecek değerlerin neler olabileceği sunulmuştur.

BÖLÜM 2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

2.1 Coğrafi Konum ve Morfoloji

İnceleme alanı, İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü sınırlarını kapsamakta olup, kuzeyi Taksim - İstinye asfaltı, güneyi Kanlıkavak deresi, doğusu Reşitpaşa ve batısı Harp akademileri ile sınırlıdır (Şekil 2.1).

Çalışma alanındaki yükseklikler 140 - 80 m. ler arasında değişmekte ve topografik eğimler kuzeyden güneye doğru azalarak güneyi geniş V şekilli bir vadiye dönüşmektedir.



Şekil 2.1 : İnceleme alanının topografik haritası.

2.2 İklim ve Bitki Örtüsü

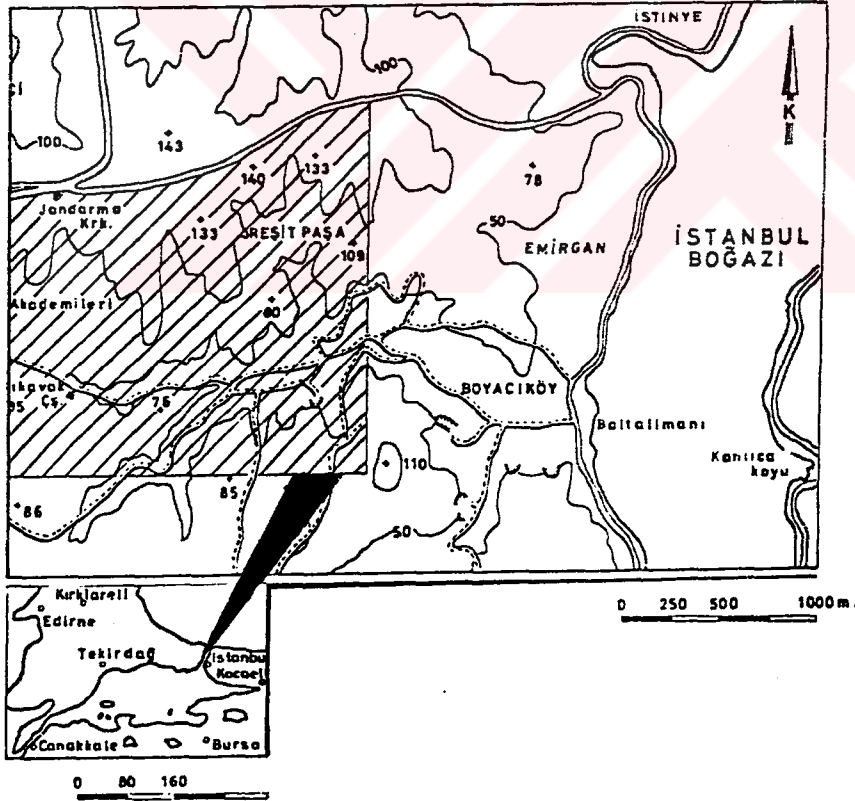
İnceleme alanı; Karadeniz Bölgesi iklimi ile Akdeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi özelliği gösteren İstanbul ili içinde yer alır, yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise özellikle Balkan Yarımadası üstünden gelen soğuk havalar ile Karadeniz etkisini yansıtan çişintili - yağışlı, az soğuk, ama üşütücü havaların

etkisindedir. Zaman zaman etkili olan lodos ılık ve bol yağışlı günleri beraberinde getirir. İnceleme alanına; yılın 5., 6., 7. ve 8. aylarında çok az, geri kalan aylarda ise daha bol yağış düşmekte, ortalama yıllık yağış değeri 777 mm / yıl'ı bulmaktadır.

Kampüs alanı sınırları içerisindeki bitki örtüsü, çoğunlukla fıstık çamı, selvi, mazı, sahil çamı gibi iğne yapraklı ağaçlardan oluşmakta; seyrek olarak kavak, köknar, sedir, ceviz ve meyve ağaçları da bulunmaktadır.

1.3 Ulaşım

İnceleme alanı şehir içinde yer almaktadır. İstanbul ili Avrupa yakasında Topkapı, Taksim, Mecidiyeköy, Beşiktaş ve Sarıyer gibi merkezlerden ulaşım, kolaylıkla sağlanmaktadır.



Şekil 2.2 : İnceleme alanının yerbulduru haritası

BÖLÜM 3. GENEL JEOLojİ

3.1 Önceki Çalışmalar

Bu güne kadar Küçükçekmece Gölü'nden başlayan ve İstanbul Boğazı'nın her iki yakasını da kapsayan çalışmalarda, bölgenin stratigrafik ve tektonik özellikleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Bu çalışmaların kronolojik sırası şu şekildedir ;

1864 TCHIHATCHEFF

1919 PENCK,

1938 PAECKELMANN

1951 YALÇINLAR

1953 KETİN

1956 YALÇINLAR

1963 BAYKAL, - KAYA

1971 KAYA

1987 AKYÜZ

1989 VARDAR

1994 VARDAR, - ERİŞ

1994 ERİŞ, - VARDAR

1995 VARDAR, - ERİŞ

1995 GÖRÜR, - OKAY, - ve diğerleri

Bu çalışmaların dışında inceleme alanı içerisinde yapılan çeşitli Lisans ve Yüksek Lisans tezleri de mevcuttur. Ayrıca İstanbul ili Asya yakasında Maltepe - Tuzla ilçeleri arasında ÖNALAN (1981) tarafından yapılan Doçentlik çalışmasında; inceleme alanının büyük bir kesiminde yüzeyleyen Trakya formasyonunun yayılım sınırları belirtilmiştir.

Çeşitli araştırmacıların İstanbul Karboniferi ve Trakya formasyonu ile ilgili bulguları ise şöyledir ;

ARIÇ (1955), “Haliç - Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi” adlı Doktora tezinde çalışma sahasının 1 / 25000 ölçekli Jeolojik haritasını yapmış ve Trakya formasyonunun çoğunlukla Miosen ile örtülü olduğunu, Mahmutbey civarında Eosenin altında bulunduğunu, Sağmalcılarda ise Sarmasiyen kumları altında küçük butoniyerler şeklinde gözlemlendiğini ifade etmektedir.

Yazar serinin, şeyl ve çamurtaşı ardalanmalı grovak ve mikalı ince taneli grelerden oluşup konglomeratik seviyeleri bulunduğunu ve bir miktar killiştir birimlerine ait kayaç parçaları içerdiğini, denizel ve karasal hiç bir fosile rastlanmadığını belirtmiştir.

KAYA (1971), “İstanbul’un Karbonifer Stratigrafisi” adlı Doktora tezinde, İstanbul Boğazı’nın batısından başlayan, Cebeciköy - Mahmutbey dolaylarını da kapsıyan bölgenin ayrıntılı stratigrafik ve sedimantolojik özelliklerini incelemiştir.

Bu çalışmada, İstanbul Paleozoyiğinin Trakya ve Kocaeli alanları şeklinde ayırt edilebileceği, Trakya alanının; İstinye, Kağıthane, Cebeciköy ve Zekeriyaköy olmak üzere 4 asalana bölünebileceği belirtilmektedir. Yazar Trakya formasyonunun düşey ve yanal yönlerde değişim gösteren kalın şeyl, grovak ve lidit - konglomera ardışıklı istifden oluşan fliş karakterli çökel olduğunu vurgulanmakta ve formasyonu, karasal materyal ve karbonat dağılımına göre Acıbadem, Küçükköy ve Çamurluhan üyesi şeklinde ayırtlamıştır.

ÖNALAN (1981), “Pendik Bölgesi ile Adaların Jeolojisi ve Sedimanter Özellikleri” adlı Doçentlik tezinde, İçerenköy’den Tuzla’ya kadar uzanan, adaları da kapsayan bölgenin 1 / 25000 ölçekli Jeolojik haritasını hazırlayarak, birimlerin sedimanter ve yapısal özelliklerini detaylı olarak incelemiştir. Yazar, Trakya formasyonunun altta Baltalimanı formasyonu üzerinde uyumlu bulunduğunu ve üste doğru dereceli geçiş göstererek üstten Belgrat formasyonu ve/veya Kuvaterner alüvyonları ile açılal

uyumsuzlukla örtüldüğünü, istifin gerçek kalınlığının ise 600 m. den fazla olabileceğini belirtmiştir.

İMER (1984), “İTÜ Ayazağa Kampüsü Mühendislik Jeolojisi” adlı Yüksek Lisans tezinde kampüs alanı ve çevresinde yer alan kayaçların baraj mühendisliği açısından özelliklerini inceleyerek, İTÜ göleti için eksen yeri önermiş ve kayaçların su tutma kapasitelerini tanımlamıştır.

AKYÜZ (1987), “İstanbul Boğazı ve Batı Yakasının Jeolojisi” adlı Yüksek Lisans tezinde, Baltalimanı ile Sarıyer arasındaki bölgenin jeolojik ve sedimantolojik özelliklerini incelemiştir. Bölgede Sillüriyen’den başlayan ve Karbonifer kumtaşı - şeylleri ile son bulan İstanbul Paleozoyik istifini ayrıntılı olarak incelemiştir. Çalışmasında, istifin yer yer Pliyokuvaterner yaşlı gevşek çimentolu birimlerle örtülü olduğunu belirtmektedir.

KETİN - GÜNER (1989), “İstanbul Bölgesinde Karbonifer Yaşlı Trakya Formasyonunun Yapısal Özelliği” adlı makalede S.T.F.A. Grubunun temel araştırmalarını üstlendiği Taksim, Teşvikiye, Zincirlikuyu, Etiler, Tepebaşı ve Kağıthane’deki çok katlı binaların derin temel kazılarında sık sık oluşan kaymaların ve kaya düşmelerinin nedenlerini araştırmış, oluşan hareketlerin jeoloji ile olan ilişkisini saptamışlardır. Çalışmada Trakya formasyonunun kalınlığı yaklaşık 2500 metre olarak verilmiştir.

VARDAR (1989), “Die Auswirkung der ingenieurgeologisch-felsmechanischen Verhältnisse auf die Planung und Verwirklichung der Istanbuler Abwasserstollen” adlı makalesinde kentsel tünel projesinde mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği parametrelerini araştırarak bunların proje evreleri için karşılaşılan yerli yerinde şartlar ile olan ilişkisini karşılaştırmıştır.

VARDAR - ERİŞ (1994) “İstanbul Metrosunda Kaya Mekaniği Parametrelerinin Uygulama ve Planlamadaki Yeri” adlı makalelerinde teknik girişimlerin planlanması, projelendirilmesi ve uygulanması aşamalarında önlem, işlem, yöntem

ve yönetiminin tanımından hareket edilerek kaya mekaniği parametreleri sınıflandırılmakta ve işlevlerine ilişkin örnekler verilmektedir.

ERİŞ - VARDAR (1994) “İstanbul Metrosu Taksim - 4. Levent Güzergahı Temel Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri ve Duraylılık Sorunları” adlı makalelerinde metro güzergahının mühendislik jeolojisi ve jeomekanik özellikleri sunularak şehir içi metro kazılarında yapılması gereken jeoteknik amaçlı ölçümler belirtilmiştir. Yazarlar makalelerinde yapılmış olan ölçümleri değerlendirerek yorumlamış ve tünel içi hareketleri belirtmişlerdir.

VARDAR.- ERİŞ (1995) “Die Auswirkung der geologischen Unstetigkeiten auf die Deformationen der verankerten Baugrubenwände der U-Bahnstationen Istanbul” adlı makalelerinde metro güzergahı ortam tanımlamasını yapmış ve kaya kütlelerinin süreksizliklerine bağlı deformasyonları belirtilmiştir.

GÖRÜR.- OKAY - vd (1995), “İstanbul Zonguldak Paleozoyik İstifinin Paleocoğrafik ve Tektonik Konumu” adlı makalelerinde İstanbul ve Zonguldak arasındaki karbonifer kayalarının İstanbul zonu olarak bilinen Hersiniyen kıta parçası üzerinde bulunduğunu, İstanbul ve dolayındaki Karbonifer istifin, tabanda Üst Devoniyen yaşlı çörtlü ve yumrulu kireçtaşı ile başlayıp üste doğru Vizeen yaşlı fosfat yumrulu, şeyl arakatmanlı radiolaryalı çörtlerle devam ettiğini belirterek, derin deniz nitelikli bu kesimin üzerine grovak - silttaşı ve şeyl aralanmasından oluşan kalın bir türbidit istifin çökeldiğini vurgularlar.

3.2 Genel Stratigrafi

Çalışma alanında karşılaşılmasına rağmen, bir bütünlük sağlanması açısından Paleozoyik istif ana hatları ile aşağıda özetlenmiş ve çalışma alanında karşılaşılan jeolojik düzeylerin yerleri gösterilmeye çalışılmıştır.

İstanbul ve çevresinde Paleozoyik istifin yüzeyleyen tabanını morumsu pembe kırıntılı bir çökel oluşturmaktadır. Kurtköy formasyonu olarak bilinen bu istif

(O₁ - O₂) konglomera, arkoz, feldispatik litarenit, çamurtaşı ve subarkozdan oluşmaktadır. Alüvyon yelpazesi ve örgülü akarsu ortamında çökelmiş olan bu kayaç grubu, çapraz ve dereceli tabakalanma, paralel ve ondüleli laminalanma gibi tabaka içi sedimanter yapılar içermekte istifin üst kesimlerindeki mor renkli şeyl düzeylerinde yer yer sedimanter dayklar ve sedimanter deformasyonel yapılar gözlenmektedir. Tabanı gözlenemeyen birimin kalınlığı 1000 m. civarında tahmin edilmektedir (SAYAR 1979).

Kurtköy formasyonunun üzerine değişik kuvarsit fasiyesleri ile temsil edilen Aydest formasyonu (OS₁ - S₂) gelmektedir. Bu formasyon beyazımsı uçuk pembe yer yer şeyl ara katkılı kuvarsitlerden oluşur. Yer yer çapraz tabakalanmaların ve fosil izlerinin gözlemlendiği birim, gel git akıntılarının egemen olduğu plaj ve çok sığ sahil ortamında çökelmiştir. Alt - Orta Sillüriyen yaşlı birimin kalınlığı 150 - 300 m. arasında değişmektedir.

Aydest formasyonu üste doğru çoğunlukla şeyl silttaşı ve vake taşlarıyla temsil edilen Gözdağı formasyonuna geçer (S₃). Bu formasyonun üst kesimleri bol fosilli kireçtaşı bant ve merceklerini içerir. Laminallı şeyl tabakaları arasında çeşitli brachiopod, graptolid, mercan, crinoid, briozoa ve ostrakod fosilleri bulunmaktadır. Landoveriyen yaşlı olan birim lagünel bir çökel ortamı ürünü olup kalınlığı yaklaşık 250 m. dir. (YALÇINLAR 1956, SAYAR 1962 - 1979, HAAS 1968, ÖNALAN 1981).

Aydest formasyonunun üzerinde beyaz çapraz tabakalı yer yer biostromal fosil içerikli subarkozdan oluşan Aydınlı formasyonu gelmektedir (S₄). İçerisinde yer yer 2 m. ye varan kalınlıklarda çakıllı seviyelerin bulunduğu birim farklı kalınlıklarda belirgin tabakalanmalıdır. Tabakalar çoğun kamalar ve mercekler biçiminde olup dalgalı ve devamsızdır. Fosil bulgularına göre Aydınlı formasyonunun yaşı Üst Landoveriyen - Ludoviyendir (HAAS 1968, SAYAR 1962, ÖNALAN 1981).

Yukarıda özetlenen bu kırıntılı birimlerin üstüne kalın bir karbonat çökelişi gelir.

Bu karbonat istifi Gözdağ ve Aydınli formasyonlarıyla geçişli gri, mavimsi gri bazen uçuk pembe bol fosilli yer yer kuvars kumlu killi bazı hallerde yumrulu ve bantlı bir kireçtaşı (SD₁) ile temsil edilmektedir. Resif çekirdeği ve resif önü çökel ortamlarını temsil eden birimin yaklaşık kalınlığı 400 m. dir. (HAAS 1968, KULLMAN 1973, KAYA 1973, ÖNALAN 1981). Dolayoba formasyonu olarak isimlendirilen, Venlokiyen - Lutloviyen yaşlı olan birimin üzerine ince tabakalı laminalı kireçtaşı ara seviyeli bol fosilli şeyl (D₂) bunun üzerine ise koyu mavi, gri renkli ince şeyl ara seviyeli kireçtaşları (D₃) ve nihayet en üste yumrulu kireçtaşları (D₄) gelmektedir. Devoniyen yaşlı bu üst karbonat kesiminin alt düzeyleri sıg şelf, üst düzeyleri ise dalga tabanı altı ortamlarında çökelmişlerdir (Şekil 3.2).

İnceleme alanında Paleozoyik tabanı oluşturan Üst Devoniyen yaşlı yumrulu kireçtaşları ve bunun üzerine gelen fosfat yumrulu çörtler ile Karboniferin yaygın kayaç grubu olan grovaklar bölgesel stratigrafi bölümünde ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

(Milyon yıl)	Stratigrafik Birimler				Sembol		Açıklamalar
0	SENZOZÖİK	KUVATERNER	Holosen	Pleistosen	k	al	Alüvyon , güncel tortullar , çakıl ,kum ,silt , kil
0.01						Ke	Eski alüvyon , taraçalar ve kumullar
1.6						Kd	Denizel Kuvaterner , katılaşmış kum ,Kil , çamur
5.3		TERSİYER	Neojen	Pliyosen	plk	Pliyo Kuvaterner , karasal tortullar , çakıl , kum , silt , kil	
					pl	Karasal tortullar , çakıl , kum , kil , turba , kömür	
			Miyosen	ms	ms3	Diskordans	
					ms2	Kavkılı kireçtaşı	
ms1					Kilitaşı ve mam		
Çakıl , kum , silt					SARMASIYEN		
23.7			m	mk	Karasal tortullar : kumtaşı , silttaşı , kilitaşı , kong.		
				md	Denizel tortullar : kumtaşı ,kilitaşı , kireçtaşı		
36.6			Paleojen	Oligosen	ol	Karasal tortullar : kumtaşı , silttaşı , kilitaşı , kong.	
					old	Diskordans	
Eosen				el	Denizel tortullar : kireçtaşı , kilitaşı , kumtaşı		
				e	Resifal kireçtaşı	LÜTESİYEN	
57.8				krp		Kumtaşı , mam , kireçtaşı	
					Diskordans		
66.4					Kumlu kireçtaşı	MASTRİHTİYEN	
MESOZOYİK	KRETASE	Ost		krv	Kumtaşı , kireçtaşı aratabakalı lav , tuf , vol. breş		
				krf	Kumtaşı , kilitaşı , kireçtaşı ardalanması (Flş)		
		alt	krü	Konglomera , şeyl , kireçtaşı			
	144	TRİYAS	Ost	t4	Diskordans		
				t3	Kumtaşı , killi kireçtaşı , mam		
alt	t2		Kalker konglomerası				
	t1		Kireçtaşı , dolomitik kireçtaşı				
PALEOZOYİK	KARBONİFER	Ost		Konglomera , kumtaşı , şeyl			
		alt		Diskordans			
	360	DEVONİYEN	Ost	k2	Mikali kumtaşı , şeyl , çamurtaşı , kireçtaşı ve konglomera		
				k1	Şeyl araseviyeli çört , fosfat yumrulu çört		
		alt	d4	Kireçtaşı , yumrulu kireçtaşı			
			d2-3	Fosilli şeyl , kumlu kireçtaşı , kireçtaşı			
	408	SİLÜRİYEN		sd1	Fosilli resifal kireçtaşı		
				s	s3	Kumtaşı , şeyl , kumlu kireçtaşı	
		s2	Feldispetli mikali kuvarsit , şeyl				
		430	ORDOVİSYEN		os1	Arkozik kumtaşı ,arkoz	
						Kuvars konglomerası , som kuvarsit	
	505				Bordo renkli laminalı şeyl		

Şekil 3.2 : İstanbul ilinin geliştirilmiş kolon kesiti ve inceleme alanında karşılaşılan birimlerin yerleri (ERİŞ - yayınlanmamış - ölçeksiz)

3.2.1 Bölgesel Stratigrafi

İnceleme alanındaki Paleozoik tabanı, Üst Devoniyen yaşlı Büyükada formasyonunu adıyla bilinen Yumrulu kireçtaşları (D₄) oluşturmaktadır. Birimi, uyumlu olarak fosfat yumrulu radiolaritli çörtler (K₁), bunları da İstanbul grovıkları (K₂) örtmekte, Paleozoik yaşlı bu birimlerin üzerinde Kuvaternere ait gevşek çimentolu çökeller ve yapay dolgular bulunmaktadır.

Kampüs alanındaki temeli oluşturan kayaçlar, kalınlıkları bir kaç cm. ile bir kaç m. arasında değişen andezit ve diyabaz daykları ile kesilmiştir. Bu mağmatik sokulumlar çoğunlukla ileri derecelerde ayrılmış durumdadır.

Bölgenin hemen hemen tümünü kapsayan hakim birim ise; kıltaşı - çamurtaşı - silttaşı - şeyl ve mikalı kumtaşlarından oluşan Trakya formasyonunun Alt Karbonifer yaşlı alt seviyeleridir (Acıbadem ve Küçükköy üyeleri).

Vadi tabanlarında 20 m. yi aşan kalınlıklarda alüvyonel çökeller yer almaktadır (Şekil 3.3).

SİSTEM	ASSİSTEM	SERİ	SİMGE	KALINLIK	LİTOLOJİ ÖZELLİKLERİ	
P A L E O Z O İ K	GÜNCEL			0-10 m.		DOLGU Kıl, silt, kum, çakıl, blok.
	KUATERNER		al	0-5 m.		ALÜVYON Kıl, silt, kum, çakıl.
	PLİOKUATERNER		plq	0-10 m.		GEVŞEK, YARI KÖŞELİ YARI YUVARLAK KUARS ÇAKILI, KUM, SİLT, KİL. Açılı Uyumsuzluk ANDEZİT
	KARBONİFER	ALT KARBONİFER	k ₂			MİKALİ KUMTAŞI (GROVAK), ŞEYL ARDIŞIMI.
			k ₁			ÇÖRT Fosfatik Yumrulu.
	DEVONİEN	ÜST DEVONİEN	d ₄			YUMRULU KİREÇTAŞI İnce tabakalı, yeryer iri yumrulu.
						ÇÖRT

Şekil 3.3 : İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (İMER 1984, ölçeksiz)

3.2.2 Tuzla Formasyonu (D_t) : Üst Devoniyen (D₄)

3.2.2.1 Yumrulu Kireçtaşı (d₄)

Birimi PAECKELMANN (1938) “Nierenkalk - Kieselschiefer Serie”, OKAY (1947) ve KETIN (1953) “Böbrek Kalkeri”, ABDÜSSELAMOĞLU (1963) “Yoğun ve yumrulu kalker”, HAAS (1968) “Denizli tabakaları”, KAYA (1971) “Büyükada formasyonu” olarak adlandırmışlardır. ÖNALAN (1981) yaptığı çalışmada, Büyükada’da yayılım gösteren birim, faylarla parçalanmış olduğundan komşu kayalarla olan stratigrafik ilişkisinin sağlıklı gözlenemediğini belirtmekte bu nedenle Tuzla yarımadasındaki tipik mostralari dikkate alarak birimi Tuzla formasyonu olarak adlandırmaktadır.

Birim inceleme alanında, Hisarüstü mevkiinin güneydoğusunda kuzey - güney uzanımlı iki ve doğu - batı uzanımlı bir adet normal fay ile sınırlanarak yükselmiş masif ve yumrulu kireçtaşlarından oluşmuştur.

Alt düzeyleri sarımsı gri renkli şeyl aratabakalı olan birim, üste doğru açık - koyu gri orta - ince kireçtaşı ara seviyeli masif görünümlüdür.

Formasyon, inceleme alanı içerisinde yüzeylenmeyen fosilli şeyller üzerine uyumlu gelmektedir. Bu ilişki, İstanbul Boğazının doğu yakasında Çengelköy, Kanlıca, Beykoz sırtlarında ve batı yakasında Büyük Bebek sırtları ile İstinye ve Sarıyer’de görülmektedir (ERİŞ 1995).

Birimin yaşı, çoğu araştırmacı tarafından Orta Devoniyen olarak verilmiştir. Ancak, KAYA (1971) ve ÖNALAN (1981) tarafından Orta ve Üst Devoniyen olarak yaşlandırılmıştır.

Birim ayrıca, inceleme alanı dışında Kireçburnu - Emirgan - Boyacıköy - Baltalimanı - Fenerbahçe - Bostancı - Büyükada - Tuzla ve Gebze dolaylarında da yayılım göstermektedir (ÖNALAN 1981), (AKYÜZ 1987).

3.2.3 Baltalimanı Formasyonu (K_b) : Alt Karbonifer (K_1)

3.2.3.1 Fosfat Yumrulu Çört (k_1)

PENCK (1919) tarafından “Kieselschiefer Horizont” olarak adlandırılan çörtler, “Thrazische Serie” nin silisleşmiş taban kısımlarıdır. Birim, kuzeye doğru “Karasal Trakya Serisi” ile yanal geçişlidir şeklinde yorumlanmıştır. PAECKELMANN (1938) tarafından Orta Devoniyene ait “Kieselschiefer - Nierenkalk Serie” içinde incelenen birimin; Trakya serisi ile uyumlu olduğu ve bu birim ile kuzeyde kamalandığı belirtilmektedir.

ALTINLI (1951) nın “İntermediter Fasiyes”, ABDÜSSELAMOĞLU (1963) nun “Çörtler”, HAAS (1968) ın “Yelkentepe Schichten” olarak isimlendirdiği birim KAYA (1971) ve ÖNALAN (1981) tarafından “Baltalimanı Formasyonu” olarak isimlendirilmiştir.

İnceleme alanının güneydoğusunda İTÜ lojmanlarının bulunduğu kesimden başlayarak güneye ve doğuya doğru yayılım gösteren birim, makroskopik olarak başlıca çört, radiolaryalı çört ve fosfat yumrularından oluşmaktadır.

Siyahımsı, koyu gri ince lamine kirli sarı boz şeyl ara seviyeli çörtler, ince ve çok ince tabakalıdır.

Kampüs sahası güneyinde Yumrulu kireçtaşları ile tektonik bir dokanak ilişkisi sunan birim, batısında ve kuzeyinde yer alan Trakya formasyonun silttaşları ve kumtaşları ile de tektonik bir dokanak sunmaktadır.

Birim, çökel ve litolojik özelliklerinden dolayı mikro ve makro ölçekte bolca kıvrımlıdır. Birimde silis tabakalarının gevrek kırılma özellikleri nedeniyle, küçük ölçekli antiklinoryum ve senklinoryum şeklindeki kıvrımlanma sırasında oluşmuş budinaj yapılarına da rastlanmaktadır.

Birim içerisinde gelişen kırılanmalar ise taşlaşma evresi sonrası, ortamdaki mevcut tektonik kuvvetler neticesinde oluşmuştur. Bu durum, arazide tabakalanmaya paralel olarak uzanan ve uzun eksenleri 2 - 3 cm. olan elipsoidal şekilli fosfat yumruların varlığı ile belirgindir. Bu yumruların kısa eksenleri ise 1 - 2 cm kadardır.

Birimi oluşturan çörtler ve radiolaryalı çörtler genellikle mikrokristalen kuvarstan oluşmuş ince taneli bir matriks ile yeniden kristallenmiş bazı radiolaryalar kapsamakta olup bol miktarda koyu renkli maddeli, bir miktar killi ve çoğun çizgisel yönelimlidir (ÖNALAN 1981).

Birim, derin deniz ortamında karbonat duraylılık sınırı altında muhtemelen 4000 m. ve daha derinde çökelmiştir. Çökelmenin zaman zaman duraklaması sonucu, havza tabanında fosfatlaşmanın da geliştiği çörtler arasındaki fosfat yumrularından anlaşılmaktadır.

OKAY (1947), birimin içerisinde bulunduğu radiolaryalara dayanarak PAECKELMANN (1938) gibi birimin yaşını Orta Devoniyen olarak kabul etmiştir.

ABDÜSSELAMOĞLU (1963), İçerenköy'deki çörtlerde rastlamış olduğu Albaillella cf. paradoxi, Lapidopiscum piveteavi, Palaeoscenidium sp., Ceratoikiscum sp. gibi radiolaryalar nedeniyle birimi Alt Vizeen (Alt Karbonifer) olarak adlandırmıştır.

KAYA (1971), yapmış olduğu çalışmada birimin Büyükada formasyonunun Ayine Burnu Üyesine ait kireçtaşları ile Küçükalyalı üyesinin grovak kanal dolgusu üzerine

uyumlu geldiğini, Trakya formasyonu ile olan üst sınırının ise, karışık kontak ve arakatkılı kontak olduğunu belirtmektedir. Yazar ayrıca birimin Ordovisiyen temel üzerinde transgresif konumlu olduğundan da bahseder.

ÖNALAN (1981), yazar birimin içerisindeki radiolarya oranının %10'u geçmediğini

belirtmek, birimin içersinde seyrek ve düzensiz dağılmış silt boyutlu kuvars kırıntılarının varlığından bahseder.

Ayrıca; yapılan çalışmada, inceleme alanında rastlanmadığı halde birimin yayılım sunduğu kesimlerde, yer yer çörtler ile ardalanmalı silis bantlı şeyllerin bulunduğu belirtilmektedir.

Çeşitli araştırmacılarca Baltalimanı formasyonu ile Trakya formasyonunun yanal giriftlilik (kamalanma) sunduğu belirtilmektedir. Birim inceleme alanı içersinde, yer yer yüzeyinde 1 - 3 cm. kalınlıkta tabakalı ve yanal devamlılığı çok az olan Trakya formasyonuna ait kumtaşı ve silttaşı çökelimine sahiptir ve bu tedrici bir geçişi göstermektedir.

Çalışma sahamızın çok az bir kısmında yüzeyleyen Baltalimanı formasyonu İstanbul Boğazının batısında Bebek, Baltalimanı, Emirgan, Tarabya çevreleri ile Acıbadem, İçerenköy, Küçükyalı ve Gebze Denizli köyünde yüzeylenmektedir (ÖNALAN 1981).

Yer yer andezit ve diyabaz daykları ile kesilmiş olan birimin kalınlığı yaklaşık 50m. kadardır.

3.2.4 Trakya Formasyonu (K_t) : Alt Karbonifer (K_2)

3.2.4.1 Grovak - Şeyl Ardışımı (k_2)

İlk kez PENCK (1919) tarafından “Thrazische Serie” olarak adlandırılan ve başlıca grovak, şeyl ardışımından oluşan birim için, KAYA (1971) Trakya Formasyonu adlamasını kullanmıştır.

İstanbul Paleozoyiği'nin üst birimini oluşturan ve çoğunlukla İstanbul Boğazının batı yakasında (Trakya'da) yüzeyleyen birim fosfat yumruları içeren çört tabakalarıyla başlamakta, bunun üzerine ardalanmalı olarak şeyl, kiltası, kumtaşı,

grovak, türbiditik kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı gibi klastik bir istif gelmekte ve bu da Cebeciköy kireçtaşı birimine yanal yönde dereceli olarak geçmektedir. Birim, yayılım sunduğu alanlarda çok sık aralıklarla andezit, diyabaz dayk ve silleri ile kesilmekte ve bol kırıklı bir yapı sunmaktadır (Foto 3.1).

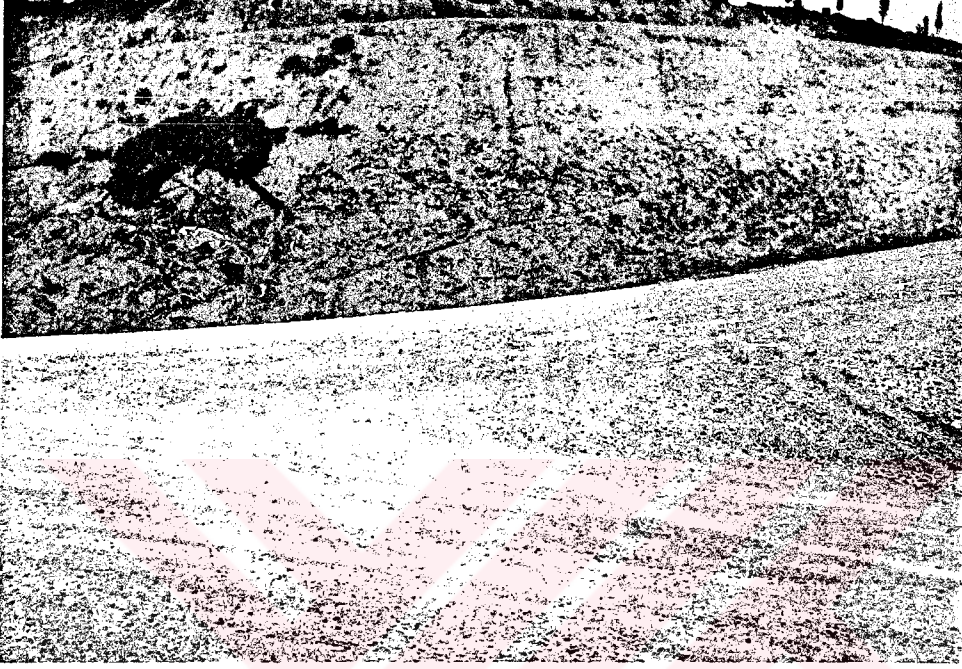


Foto 3.1 : Trakya formasyonu içerisinde gelişmiş yersel faylanmalar ile andezit dayk ve sil sokulumları.

Türbiditik çökel niteliği taşıyan istifin bu tür yapıları ise, inceleme alanının çeşitli yerlerinde gözlenmektedir (Foto 3.2).

Genellikle taze yüzeyleri açık gri yeşilimsi, kahverenkli boz ve kurşuni olan birimin, atmosferik koşullarla temas eden yüzeyleri açık kahve kirli sarımsıdır. Birimin tabaka kalınlıkları genel olarak 5 - 50 cm. arasında değişmekte, bu kalınlık kumtaşlarında ve silttaşlarında yer yer 50 - 100 cm. yi bulmaktadır (Foto 3.3).

Paleozoyik temeli etkileyen, yanal tektonik kuvvetler sonucunda oluşan deformasyonların belirgin izleri, çeşitli yönlerde gelişmiş kıvrım ve faylalardan anlaşılmaktadır (Foto 3.4).



Foto 3.2 : Trakya formasyonu içersinde tabakaların değişik seviyelerinde sık olarak gözlemlenen türbiditik yapılar



Foto 3.3 : Trakya formasyonunun silttaşı ve çamurtaşı seviyelerinde yaygın olarak gözlemlenen tabakalanma

Trakya formasyonunu oluşturan çökel istifin karakteristik özelliği, havzaya gelen malzemenin kaba ya da ince taneli olmasına göre değişmektedir. İnceleme alanında



Foto 3.4 : Trakya formasyonunda yanal tektonik kuvvetler nedeniyle oluşan deformasyonlara bağlı gelişen küçük ölçekli faylanmalar

aflormanları gözlenen kumtaşı ve şeyl seviyeleri, hakim litoloji olarak haritaya işlenmiştir. Haritalama çalışmaları sırasında hakim litoloji esas alınarak şeyllerin yoğun olduğu yerlerde ince kumtaşı seviyeleri, kumtaşlarının yoğun olduğu yerlerde ise şeyl düzeyleri dikkate alınmamıştır.

Trakya formasyonu ile ilgili olarak ilk kez TCHIHATCHEFF (1864) fosilsiz şeyl ve kumtaşı ayırtlamasını kullanmış ve birimin Devoniyen yaşında olduğunu belirtmiştir.

PENCK (1919), “Thrazische Serie” olarak adlandırdığı birimin, Pendik ve Boğaziçi’nde görülen fosilli seviyelerin (Fossilserie) karasal karşılığı olduğunu belirterek Devoniyen yaşlı olduğundan bahsetmiştir.

PAECKELMANN (1938), birimin denizel kökenli ve Karadeniz kıyısındaki “Nierenkalk - Kieselschiefer Serie” nin karşılığı olduğunu vurguluyarak birimin Alt - Orta Devoniyen ile başladığını ve Üst Devoniyene ait seviyelere geçtiğini belirtmektedir.

ALTINLI (1951), sözü edilen çökelleri “Mutavassıt Fasiyes” adı altında Alt Devoni yenin en üst seviyelerine dahil etmiştir.

YALÇINLAR (1951), Cebeciköy kireçtaşlarının Vizeen yaşında olduğunu belirterek Trakya serisinin Karbonifer yaşında olabileceğini önermiş ve daha sonraki çalışmasında birimin karasal birikme sonucu olduğunu öne sürmüştür.

BAYKAL - KAYA (1963) ve ABDÜSSELAMOĞLU (1963), yapmış oldukları çalışmada birimin Vizeen - Karbonifer yaşında olduğunu belirtmişlerdir.

KAYA (1971), Trakya formasyonunu Acıbadem Üyesi, Heybeliada Kireçtaşı, Küçükköy Üyesi, Çamurluhan Üyesi, Cebeciköy Kireçtaşı birimlerine ayırtlayan yazar kendi bulduğu *Lepidostropus brownii* Schimper., *Eleutherophyllum mirabile* Stur., *Lepidodendron losseni* Weiss., *Suplepidodendron fasciatum* Jong., *Stigmaria* cf. *abnormis* gibi fosiller, *Dictyodora* gibi fosil izleri ve de MAMET (1971) tarafından bulunan fosillere de dayanarak birimin Vizeen yaşında olduğunu belirtmiştir.

ÖNALAN (1981), yapmış olduğu çalışmada kendisinden önceki araştırmacıların bulguları ışığında birimin Alt Karbonifer (Vizeen) yaşında olduğunu ispatlandığını belirtmiştir.

İnceleme alanında türbiditik bir karakter özelliği sunan birimde yüzeyleyen kumtaşı - şeyl ardışımının alt üst ilişkisi araştırılmıştır. Genel izlenim olarak silttaşlarının altında kumtaşları gözlemlenmişse de arazinin bazı kesimlerinde kumtaşları silttaşlarının üzerinde bulunabilmektedir. Bu oluşumun sebebi; formasyonun çökelişi sırasında gelişen yersel merceklenmeler ile paleozoyik temeli etkileyen faylanmalardır.

Birim İTÜ göletine giden stabilize yolun sol kesiminden gölet eksenine kadar uzanan alan içersinde Bouma istifinin kumtaşı - şeyl - çamurtaşı ilişkisini sunmaktadır.

Fliş niteliğindeki Trakya formasyonu önce Hersiniyen orojenez döneminde ve daha sonra Alpin dönemde şiddetli deformasyona uğramış, kıvrılmış, kırılmış, farklı doğrultularda çatlak sistemleri ve kayma düzlemleri ile parçalanmıştır (KETİN 1989, MJKM Bülteni)

3.2.4.2 Silttaşı - Kiltası (Şeyl)

Trakya formasyonunun kiltası ve silttaşı düzeyleri inceleme alanının batı ve doğu kesimlerinde mostra vermektedir. İnce silt ve kil boyutunda malzemeden oluşan bu fasiyesler, bol serizit içermektedir.

Çoğunlukla ince, çok ince tabakalı yer yer laminalı olan şeyllerde tabaka kalınlıkları 1cm. ile 25 cm. arasında değişmekte nadiren 30 cm. yi aşmaktadır. Birimin ayrışmamış olan kısımları, genellikle koyu, yer yer toprağımsı açık kahverengidir. Birim, özellikle Kanlıkavak vadisi boyunca gözlenen her iki yamaçta çok az ayrışmıştır.

İnceleme alanındaki silttaşları, türbiditik istifin bir özelliği olarak seyrek ara seviyeli çamurtaşı ve kumtaşı tabakaları içermektedir.

Trakya formasyonunda gelişen çatlakların açıklığı çoğunlukla 1 mm. den daha az olup genellikle kil ve demiroksit dolguludur. Düzlemsel ve geniş ondülasyonlu olan süreksizlik sistemlerinin açıklığı, nadiren 1 cm. yi aşmaktadır. Çatlak yüzeylerinde gözlenen kaba daneli dolgu malzemesi, kumtaşlarının yerinde ayrışması ile oluşmuş kuvars ve feldispatik elemanlardan oluşmuştur.

İnceleme alanında İnşaat Fakültesi çevresinde yüzeylenen mostralarda mağmatik sokulumlara bağlı hidrotermal evrede süreksizlik dolgusu olarak yerleşmiş, kalınlıkları 10 cm.yi aşan kuvars damarlarınada rastlanmaktadır.

Birim, tektonik kuvvetlerin etkisi ile ileri derecede deforme olmuş mineral yönlenmelerine bağlı yapraklanma sonucu birim kaya elemanları ignimbritik çubuk

şekilli bir görünüm kazanmışlardır. Bu durum özellikle arazide yüzeylenen tabakaların atmosferik koşullara bağlı ayrışması ve malzemenin dağılması sonucu oluşan birim kaya elemanlarının geometrilerinde açıkça görülmektedir.

3.2.4.3 Kumtaşı (Grovak)

İnceleme alanının orta kesimlerinde; güney ve doğusunda yüzeylenmekte olan kumtaşları orta - ince taneli kötü boylanmalı kum danelerinden oluşmakta yer yer çeşitli litolojilere ait kayaç parçalarını da içermektedir. Özellikle iri daneli kumtaşı tabakalarında yabancı kayaç parçaları daha bariz bir şekilde görülmektedir.

Sık çatlaklı orta ve ince tabakalı olan kumtaşlarının ayrışmamış olan türleri yeşilimsi gri, ayrışmış olanları ise kirli sarı ve pas rengindedir.

İri daneli kumtaşları içerisinde bol miktarda mika pulcukları mevcuttur. Bu kumtaşları ayrışmaya bağlı olarak dayanımlarını önemli derecede yitirmişlerdir. Kayacın bünyesindeki killeşmiş feldispatların yıkanması nedeniyle porozitesinde önemli artışlar meydana gelmiştir.

Ayrışmamış sağlam olan kumtaşı mostraları, grovakların en yüksek dayanımlı seviyelerini oluşturmaktadır.

Farklı yönlerde gelişmiş çatlak sistemleri yarı prizmatik birim kaya elemanlarını oluşturmuştur. Birim kaya elemanlarının boyutları tabaka kalınlığı ve süreksizlik yoğunluğuna bağlı değişmektedir. Grovakların bu seviyesine ait süreksizliklerden boyuna çatlaklar 3 - 30 cm., enine ve verevine çatlaklar 10 - 60 cm. aralıklarla gelişmiştir. Çatlak açıklığı genel olarak 1 - 2 mm. olup araları kil ile doldurulmuştur.

Kampüs sınırları içerisinde yüzeylenen kumtaşlarında gelişen çatlakların çok azı dolgunsuz olup, çatlak açıklığı ender olarak 1 cm. yi aşmaktadır. Birim içerisinde yer yer ince kalsit ve kuvars damarları da gözlenmektedir (Foto 3.5)

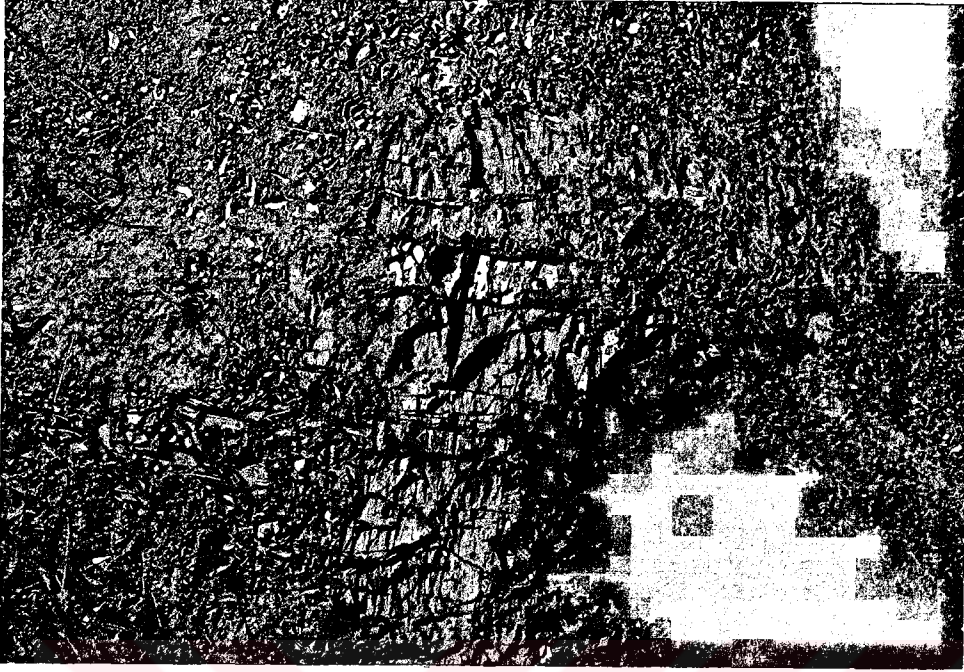


Foto 3.5 : Trakya formasyonu içerisinde (Kumtaşı seviyesi) Gözlemlenen kuvars damarı

Bölgede, KOSGEB ile Meteorolojik gözlem istasyonunun bulunduğu alan arasında kalan kesimde yüzeylenen kumtaşları aşırı derecede ayrışmaya uğramışlardır. Ayrışma nedeniyle belirsiz tabakalanmalı, kötü boylanmalı danelerden oluşan homojen bir zemin görünümü kazanmıştır. Çok düşük dayanımlı ve elle kolaylıkla ufalanabilen birimin içerisinde yer yer yanal devamlılığı olmayan yapraklanmalı ve ayrışmış silttaşı tabakalarıda bulunmaktadır.

Yüzeyde gözlenen ve hidrotermal alterasyona maruz kalmış olan kumtaşları, magmatik daykların da etkisiyle, siyahımsı bir görünüm kazanmışlardır. Alterasyona bağlı artan kırıklanma ve ufalanmalar sonucunda çatlak yüzeylerinde oluşmuş dolgu malzemesi, iri kum boyutlu ve yer yer prizmatik şekilli silis taneleri içermekte ve gevşek çimentolu, elle kolayca ufalanabilecek kadar düşük dayanımlı olmaktadır.

3.2.4.4 Çamurtaşı

İnceleme alanında İTÜ gölet yeri sağ sahilinde yüzeylenen çamurtaşları koyu renkli, siyahımsı mavidir.

İnce kil ve silt boyutunda malzemeden oluşan birim, lamine olup pekişmiş tabaka kalınlıkları, yer yer 30 - 80 cm.yi bulmaktadır. Grovakların bu seviyelerinde mineralojik bileşimleri gereği, plastik özellikte olup 1 - 2 m. aralıklarla değişen kıvrımlanmalar gözlenmektedir. Çamurtaşı ve kilitaşı tabakaları arasında bulunan kumtaşı düzeyleri sert ve rijit özellikleri nedeniyle kıvrımlanma sırasında aşırı kırılanmış, hatta yer yer budinaj yapısı kazanmıştır.

İTÜ göletinin mansap tarafında gövdenin hemen altında çamurtaşları ile kumtaşlarının faylanma ile yan yana geldikleri saptanmıştır.

Pelitik çimentolu, kuvarslı, feldispatik ve kloritli, çok miktarda litik malzeme içeren kumtaşlarının elemanları çoğunlukla köşelidir. Çimentosunda bulunan klorit kayaca yeşilimsi bir renk verir. Grovaklar genel olarak fliş karakterinde olup Jeosenklinal havza ürünleridir.

Aşağıda Tablo 1 de kumtaşlarının genel sınıflaması verilmiş olup Trakya formasyonunu oluşturan grovaklar % 75 ve daha fazla kuvars içeren kayaç parçalı litik grovak, grovak ve feldispatik grovak olarak isimlendirilebilir.

İnceleme alanında Trakya formasyonuna ait kumtaşlarının ince kesitlerinde, yaklaşık %70 - 80 oranında kırıntılı malzeme, %20 - 30 oranında matriks bileşimine sahip oldukları görülmüştür. Kırıntılı malzeme farklı boyutlarda olup küt köşeli yuvarlağımsıdır. Bu malzemenin dağılım oranı ;

%25 - 30 kuvars (çoğun metamorfik)

%10 - 15 mika (muskovit, biyotit)

% 8 - 10 sedimanter kayaç parçası (çamurtaşı)

%10 - 15 metamorfik kayaç parçası (mikafilit ve şişt)

%30 - 45 feldspat

ve yaklaşık %5 oranında FeO içermektedir. Bazı ince kesitlerde ise kayaç parçası oranı %50 ye yaklaşmıştır (İMER 1984).

Tablo 3. 1 : F. J. Pettijohn (1954) Sınıflaması

HAMUR ÇİMENTO		KLASTİK HAMUR		KLASTİK HAMUR YOK VEYA < % 15		
KUM VEYA KLASTİKLER	Feldispat Kayaç Parçası	GROVAK	Feldispatik Grovak	Arkozik Kumtaşları		Çört < % 0.5
				Arkoz	Subarkoz Feldisp. Kuvarsit	
	Kayaç Parçası Feldispat	GROVAK	Litik Grovak	Litik Kumtaşları		Çört > % 0.5
				Subgrovak	Protokuvarsit	
	Kuars Miktarı	Genellikle Değişik % 75		< % 75	> % 75 < % 90	> % 95

Şeyller ince kesitlerde bol miktarda kil ile %25 - 30 civarında küt köşeli, silt boyutlu kuvars kırıntıları ve %1 - 2 civarında gelişigüzel dağılmış ince kum boyutlu kuvars daneleri içermektedir.

3.2.5 Belgrat Formasyonu (N_b) : Pliyosen (Plq)

Birim; CHAPUT (1936), KAYA (1971), ÖNALAN (1981) tarafından Belgrat formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Formasyon inceleme alanında Rektörlük binası ve Fen Fakültesi karşısındaki İstinye yolu üzerindeki yarma ile İTÜ öğrenci yurdunun bulunduğu kesimde yüzeylenmektedir (Foto 3.6).



Foto 3.6 : İ.T.Ü. Rektörlük binası temel çukurunda gözlemlenen pliyosen çökelişi

İnceleme alanında gözlemlenen birim küt köşeli kötü boylanmış çakıl, kum ve kilden oluşmuş açık sarımsı boz, yer yer beyazımsı, kırmızımsı renkli gevşek çimentoludur. Birim içerisinde yer yer kile raslamak mümkündür.

Birimin kalınlığı çoğunlukla 1 - 30 metreler arasında değişmekle birlikte Şile çevresinde 50 - 60 m. kalınlığında mostralara da sahiptir (ÖNALAN 1981)

PAMİR - SAYAR (1933), Küçükçekmece gölü kenarında çakıllı birim içinde buldukları Hipparion dişi sayesinde birime Üst Sarmasiyen yaşını vermişlerdir.

Birim Küçükçekmece, Yakacık, Şile arasında geniş bir yayılım sunmakta olup Neojen yaşlıdır (ÖNALAN 1981), (AKYÜZ 1987).

3.2.6 Mağmatik Oluşum

İnceleme alanında Paleozoyik temeli keserek yükselmiş çeşitli boyut ve kalınlıkta çoğunlukla faylara bağlı olarak gelişmiş, andezit, diyabaz dayk ve silleri bulunmaktadır.

Çalışma alanındaki daykların kalınlıkları 10 cm. ile 2 m. arasında değişmekle birlikte Boğaz çevresinde ve İstanbul metro güzergahında 120 m. yi aşan kalınlıklarda dayklara rastlanmıştır. Arazide W_1 ile W_4 dereceleri arasında ayrılmaya uğramış olan andezitlerin Kanlıkavak deresi boyunca ayrışmamış, iri plajioklas kristalli açık gri - beyaz, krem beyaz renkli masif görünümlü ve geniş aralıklı çatlaklı oldukları saptanmıştır. Arazinin diğer kesimlerinde gözlemlenen andezitler ise çoğun ileri derecede ayrışmış açık sarımsı - kahve, koyu sarımsı ve kirli beyazımsı renklidir.

Mikrokristalin kuvars ve feldspat hamuru içinde, iri fenokristaller şeklinde büyümüş plajioklaslardan oluşan (AKYÜZ 1987) andezitler Alt karbonifer yaşlı Trakya formasyonunu kesmektedir.

3.2.7 Kuvaterner (Q_{al})

İnceleme alanının güneydoğusu ve doğusunda yeralan birim çakıl, kum, silt, kil boyutlu malzemeleri içermekte, kaynağını inceleme alanındaki litolojik birimler oluşturmaktadır.

Sera vadisi dere yatağında oluşan alüvyon ise İTÜ göletinin göl alanı sınırları içersinde kalacağından dolayı hafriyat ile kaldırılmıştır. Birim bu kesimde 5 - 25 m. genişliğinde bir şerit şeklinde uzanmaktadır. Vadi içersinde yapılmış olan SK2 sondajında 3,2 m. kalınlıkta kesilmiştir. Birimin; kampüsün su ihtiyacını temin amacıyla açılmış olan adi kuyularda ölçülen kalınlığı 1 - 12 m. arasında değişmektedir.

3.2.8 Güncel

İnceleme alanında özellikle İTÜ Kampüs binalarının yapımı sırasında ortaya çıkan ve geniş bir alana yayılan, temel atıklarından oluşan dolgular bulunmaktadır. Bu dolgular blok, çakıl, kum, silt ve kil ile karışmış molozlardan oluşmaktadır.

Zaman içinde kendi ağırlığı ile konsolidasyona uğramış olan malzeme 1 - 15 m. arasında değişen bir kalınlığa sahiptir.,

3.3 Yapısal Jeoloji

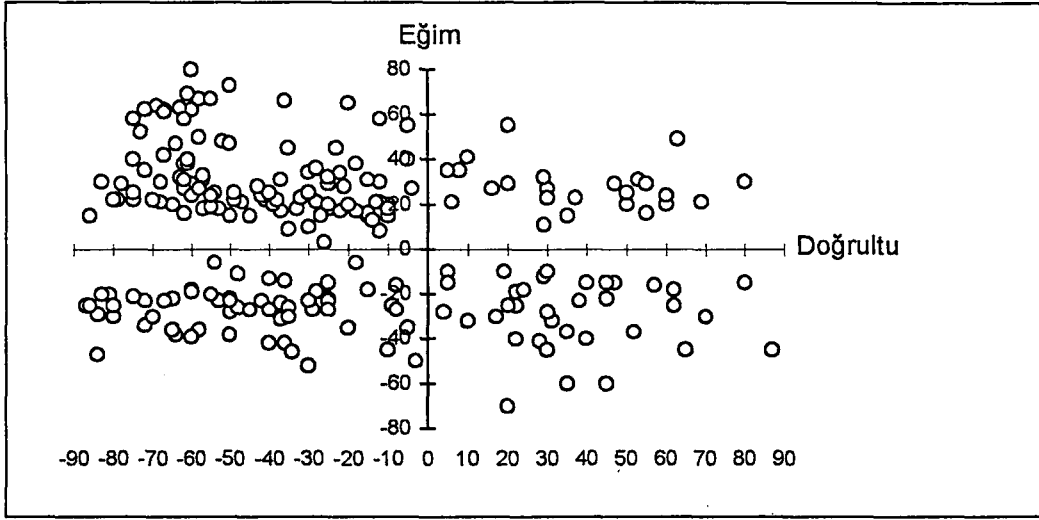
İnceleme alanında yüzeyleyen Paleozoik temele ait sedimenter kayalar belirgin tabakalı olup, etkisi altında kaldıkları gerilmeler karşısında farklı doğrultularda kıvrımlanmış ve kırılanmıştır. Sık izlenen fay ve ezilme zonları ile kıvrımlanmalar, bölgedeki tektonik aktivitenin şiddetini açıkça göstermektedir.

Daha sert ve gevrek kırılmalı olan kumtaşı birimleri bol kırık ve çatlaklı bir yapı kazanırken plastik özellikteki killi ve siltli şeyl - çamurtaşı tabakaları ondülasyonlu, kıvrımlı, bir görünüm kazanmışlardır. Her iki karakterdeki çökellerde gözlenen ortak özellik, 2 hakim yönde gelişmiş sistematik çatlak sistemlerinin varlığıdır.

3.3.1 Tabakalar

Yüzeyde gözlemlenen litolojik birimler farklı tabaka kalınlıklarında bol kırıklı ve çatlaklı olup coğrafik yönlerin hepsi ile uzanımları mevcuttur. Hakim doğrultusu K52 - 62B olan tabakaların eğimi 30KD ve 32GB dır. Ancak arazi çalışmaları sırasında özellikle sık kıvrımların görüldüğü kesimlerde tabaka eğimleri sık sık değiştiğinden istatistik değerlendirmelerde bu değişimler dikkate alınmamıştır Şekil 2.5' de 282 adet tabaka düzlemine ait nokta ve kontur diyagramı ile ana daireleri gösterilmiştir. Aşağıda Şekil 3.4' de inceleme alanındaki genel tabaka doğrultu ve eğimleri görülmektedir.

Burada ölçülmüş olan 282 adet tabaka ölçümleri kutupsal koordinat sistemi ile değerlendirilmiş ve coğrafik yönlere göre Kuzey ile doğu ve güney eksenini pozitif, kuzey ile batı ve güney eksenini ise negatif olarak kabul edilmiştir. Bu kabulme ile çizilen aşağıdaki grafikte anlaşılağı gibi inceleme alanındaki tabakaların hakim doğrultusu KB yönelimli olup eğim yönleri ise KD ve GB dır. Eğim dereceleri 20 - 35 ° ler arasında değişmektedir



Şekil 3.4 : İnceleme alanında yüzeylenen tabakalara ait doğrultu ve eğim değerlerinin kutupsal koordinatta gösterilmesi

3.3.2 Çatlaklar

İnceleme alanında ölçülen 268 adet çatlak yüzeyine ait Schmidt nokta diyagramında çatlak sistemlerinin her doğrultuda geliştiği görülmektedir. Ancak hazırlanan kontur diyagramında süreksizlikler iki yönde yoğunlaşmışlardır. (Şekil 2.6). Bunlardan biri, K24 - 64B doğrultulu 82 - 84GD eğimli, diğeri ise, K82 - 86B doğrultulu ve 86 - 88KD eğimlidir. Bu gidişler, bölgede ölçülen 34 adet fay düzlemlerinin genel gidişleri ile de uyumludurlar. Tabaka doğrultularına paralel gelişmiş süreksizlikler boyuna çatlaklar şeklinde görülmektedir. Aynı şekilde KB yönelimli çatlaklar, KD doğrultulu tabakaların enine çatlakları, KD yönelimli çatlaklar ise KB doğrultulu tabakaların enine çatlaklarıdır. Çatlak sıklığı (k) 15 - 20 adet / m., nadiren 2 - 5 adet / m. arasında değişmektedir.

3.3.3 Faylar

İnceleme alanında gözlenen fay ve ezilme zonlarının bazıları, tektonizma sırasında gelişmiş ekaylı yapılar olup kayma ve ötelenmelerin, tabaka düzlemlerine paralel

geliştiğini göstermektedir. Arazinin büyük bir bölümünün örtülü olması nedeniyle fay ve ezik zonların çoğunu izleme olanağı olmamıştır. Ancak İTÜ göletinin temel ve savaklama yapılarının kazı çalışmaları sırasında ortaya çıkan ve kalınlıkları 0.1 - 18 m arasında değişen fay ve ezik zonlar saptanmıştır. Burada sık olarak izlenen fay sistemlerinin varlığı, benzer fayların arazinin hemen hemen her yerinde bulunabileceğine işaretir.

İTÜ göletinin yer aldığı kesimin sağ sahilinde gölet gövdesinin kret kotunda ölçülen ve gövdenin altından geçerek dolusavağa uzanan K 72 B doğrultulu ve 55 GB eğimli ters fay ile, sol sahilde K 70 B doğrultusunda Sera vadisinin üst kotlarında vadiye paralel uzanan ve dolusavak başlangıcından K 45 B yöneliminde sol sahilten başlayıp sağ sahile uzanan 2 adet normal fay ile birlikte 3 büyük fay düzlemi mevcuttur. Dolusavak başında sol sahilde ölçülen normal fayın, Maden Fakültesi altından geçerek Fen - Edebiyat Fakültesi'ne doğru uzandığı tahmin edilmektedir.

Baltalimanı vadisinin batısında yer alan kireçtaşları ile grovakların dokanağı da tektoniktir. Bu tektonik hat, K - G ve D - B doğrultusunda uzanmaktadır. Kireçtaşları birbirine yaklaşık dik olarak gelişen 3 tane normal fay ile yüzeye çıkmış olmalıdır. İnceleme alanının güneydoğu ucunda yer alan çörtlerin Trakya formasyonu ile olan kuzey sınırı da tektonik olarak gelişmiştir.

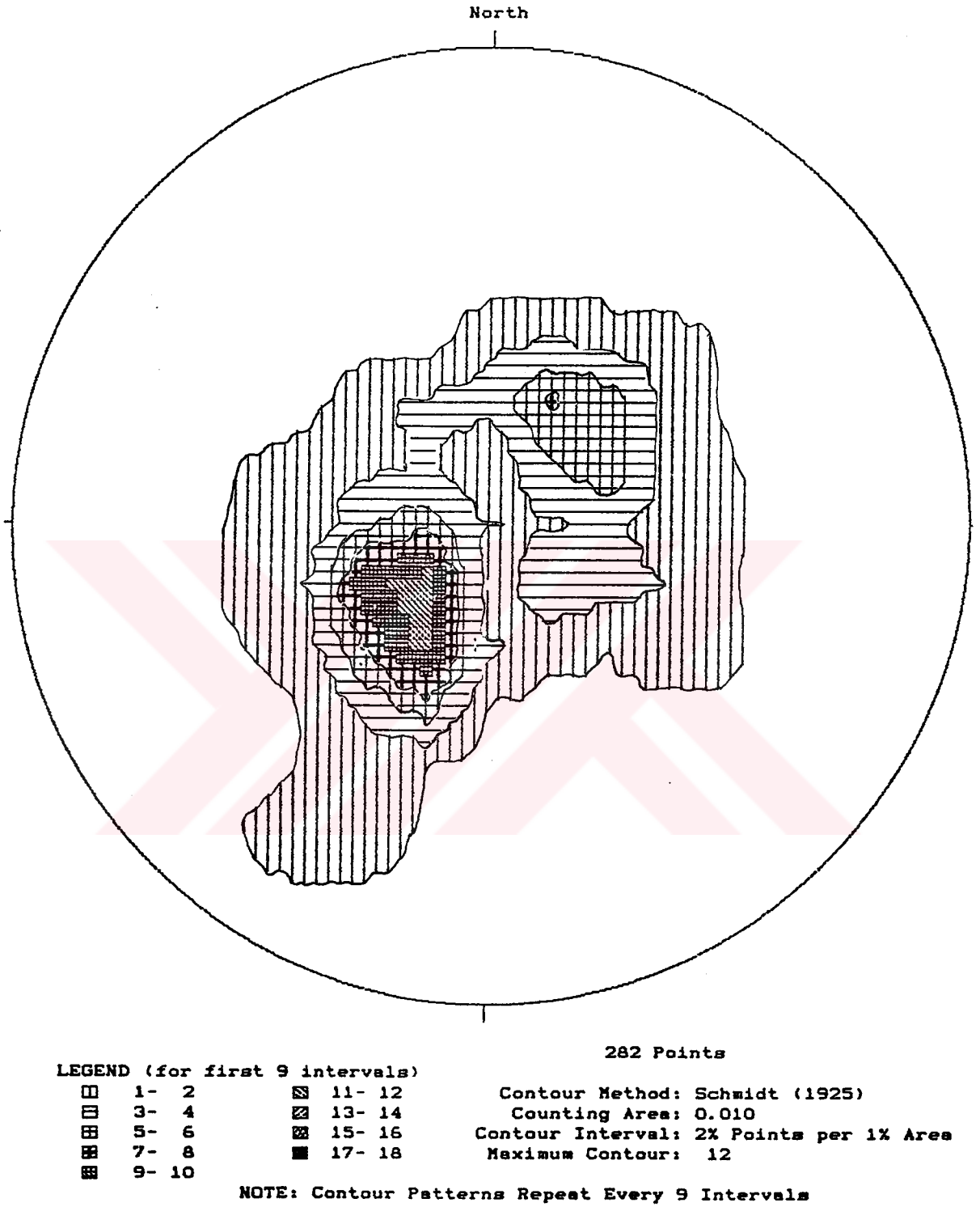
Trakya formasyonunda ölçülmüş önemli faylardan birisi de İTÜ erkek öğrenci yurt binalarının temel kazılarında ortaya çıkmıştır. K 70 D doğrultulu ve 72 GD dalımlı bu fay zonunun kalınlığı 30 m yi aşmaktadır.

34 adet ana kırık hattına ait kontur diyagramı ile bunların ana gidişleri Şekil 2.7 de görülmektedir. KD - GB ve KB - GD doğrultusunda uzanan fayların eğimleri 32^0 ile 82^0 arasında değişmektedir. Yüksek açılı fayların bazılarının doğrultu atımlı fay olması düşünülmektedir. Bu fayların bir kısmı ise normal fay niteliğindedir.

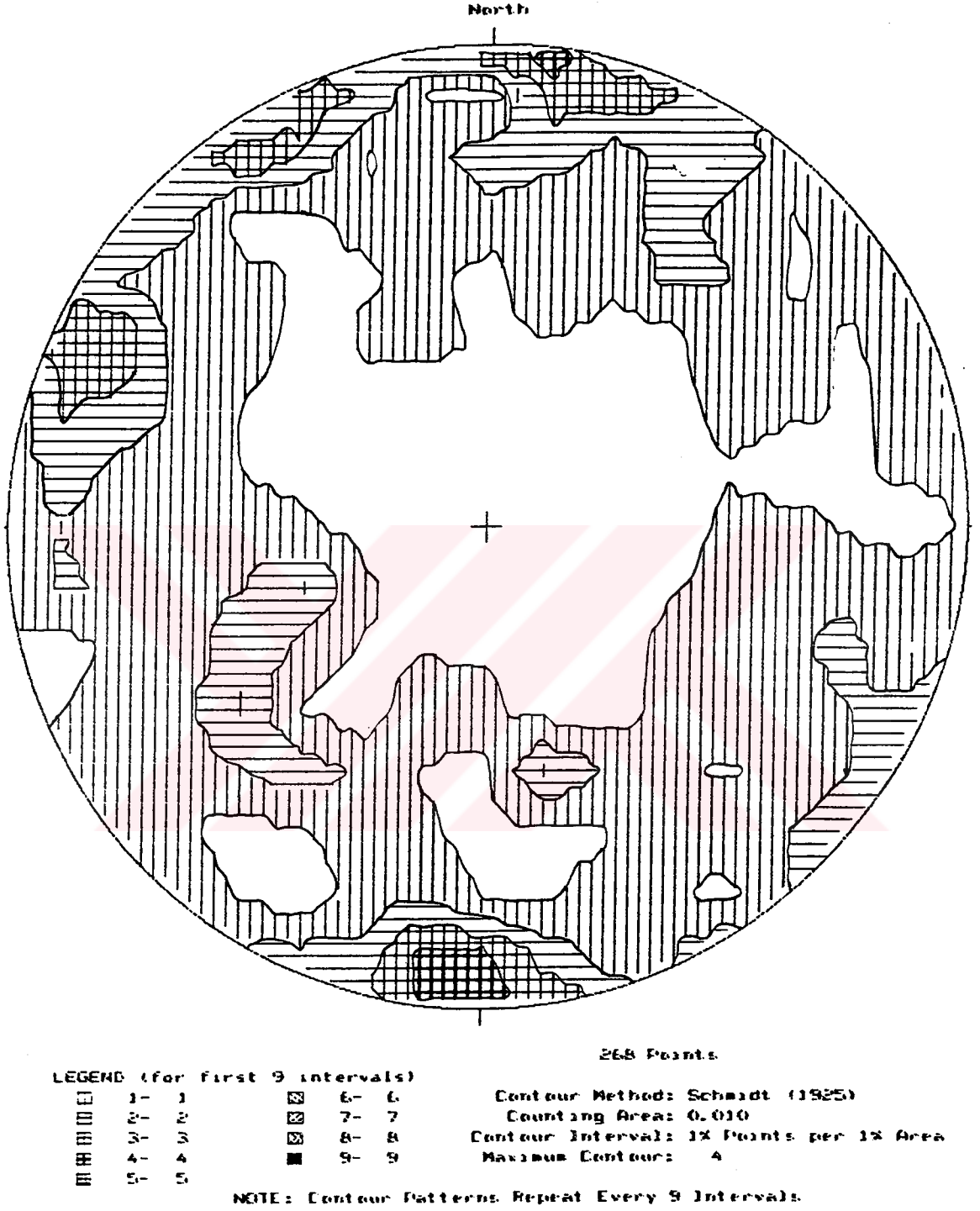
İnceleme alanında gözlemlenen tüm yapısal unsurlar, bölgenin kuzey - güney

yönelimli bir sıkışma etkisinde kaldığına işarettir. Kanlıkavak vadisinde gözlemlenen ve inceleme alanı sınırlarının hemen bitiminde yer alan doğrultu atımlı ters bir fayın varlığı sıkışma rejiminin kuzey - güney yönelimi dışında doğu - batı yönelimli de geliştiğini göstermektedir. Bu fayın etkisi ile Trakya formasyonunun inceleme alanının güney kesiminde yer alan bloğu yükselmiş ve zaman içinde gelişen erozyon nedeniyle istifin üst kesimlerini oluşturan silttaşları aşınmıştır.

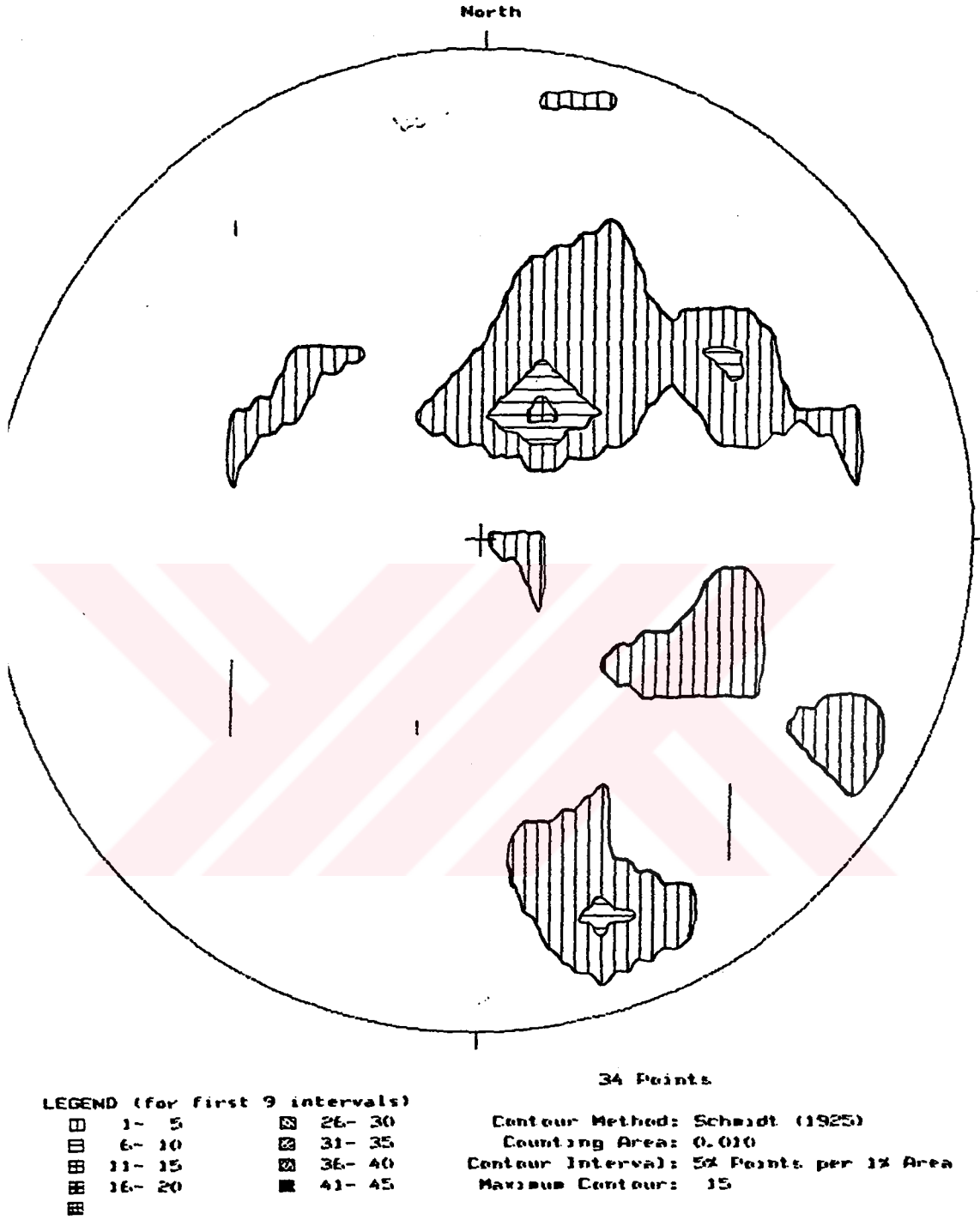




Şekil 3.5 : Tabakalara ait kontur diyagramı



Şekil 3.6 : Çatlaklara ait kontur diyagramı



Şekil 3.7 : Faylara ait kontur diyagramı

BÖLÜM 4. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

4.1 Giriş

İTÜ Ayazağa kampüs alanı sınırları içerisinde sürdürülen arazi çalışmaları ile yüzeyde gözlemlenen kayaçların türlerini, dağılımlarını, dokanak ilişkilerini, yapısal özelliklerini ve ayrışma durumunu belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. İnceleme alanında yüzeyleyen Trakya formasyonuna ait kayaçların fiziksel - mekanik özellikleri ile İTÜ göleti eksen yeri araştırma sondajlarında gerçekleştirilen deney sonuçları kullanılarak kaya ortamının nitelikleri belirlenmiş ve nicelikleri sayısal olarak ifade edilmiştir.

Kayaçların yapısal özelliklerinden biri olan süreksizliğe ait yüzey pürüzlülüğü mekanik parametreler üzerinde de önemli derecede etkilidir. Bu çalışmanın ana konusunu içeren yüzey pürüzlülüğü; arazide ISRM' nin önerdiği yöntem ile ölçülmüş ve Bölüm 5 de yüzey pürüzlülüğünün ölçümü için yeni bir yöntem denenmiştir.

Kampüs sahasında büyük bir kesimini oluşturan ve İTÜ göletinin'de üzerine inşa edildiği çamurtaşı - silttaşı, kumtaşı ar dalanması şeklinde gözlemlenen türbiditik karakterdeki Trakya formasyonu, çökelme havzasının tabanında oluşan akıntıların şiddetine bağlı olarak süspansiyon halinde taşıdıkları kum - silt boyutlu materyali sürüklemeleri ve binlerce km² lik alana farklı konum ve kalınlıklarda yaymaları ile oluşurlar. İstif, bu tür bir çökelme sonucu bazı lokasyonlarda yüzlerce metre, hatta kilometrelerce kalınlıkta olabilmektedir.

Formasyonu oluşturan tabakalar, dane boyutuna göre farklı mekanik ve fiziksel özellikler göstermektedirler. Bu nedenle iri daneli kumtaşları daha kırılgan, bol kırıklı ve çatlaklı, ince daneli, killi şeyl ve çamurtaşları ise daha plastik ve sünümlü bir davranışa sahiptirler. Bu tabakaların farklı mekanik özellikleri doğal ortamdaki

davranışlarına yansımakta, erozyona ve ayrışmaya olan yatkınlıkları da değişmektedir.

Bu bölümde inceleme alanında yüzeylenen kayaçların litolojiye ve ayrışma derecelerine göre Mühendislik özellikleri belirlenmiş, mühendislik jeolojisi amaçlı kaya ve süreksizlik sınıflamalarına göre grovak ve şeyllerin bu sınıflamalardaki yeri tanımlanmıştır.

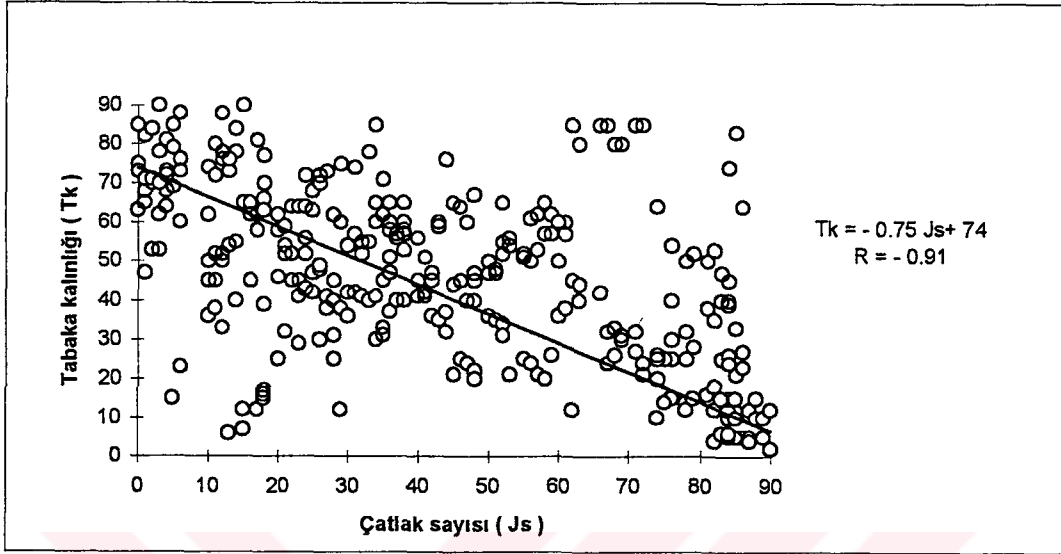
4.2 Kayaçların Yapısal Özelliklerine Göre Sınıflandırılmaları

Kayaçların tektonik etkilere bağlı kazanmış oldukları yapısal özellikleri mühendislik amaçlı kayaç sınıflandırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sınıflamalarda birincil (primer) ve ikincil (sekonder) süreksizliklere ait; tabaka kalınlığı, çatlak ara uzaklığı, çatlak açıklığı, çatlak pürüzlülüğü gibi geometrik ve morfolojik unsurlar dikkate alınmaktadır.

4.2.1 Kayaçların Tabaka Kalınlığına Göre Sınıflandırılması

Kayaçların tabaka kalınlığı; değişik amaçlı yer mühendislik tasarımlarında kaya ortamının kalitesini doğrudan etkilemektedir. Tabaka kalınlığına bağlı süreksizlik sıklığı azaldığından yeraltı ve yerüstü kazılarında daha güvenli, daha duraylı ve daha az destekleme - sağlamlaştırma işlemi gerektiren kaya ortamları ile karşılaşmaktadır (ERİŞ 1995). Şekil 3.1 de tabaka kalınlığına bağlı çatlak sıklığı ilişkisi verilmiştir. Tabaka kalınlığına bağlı süreksizliklerin sıklığı arasında % 91'e varan korelasyonun bulunduğu saptanmıştır. Süreksizlik sıklığının ve konumlarının önemli bir parametre olarak kullanıldığı RMR, Q, RSR gibi kaya sınıflamalarında kalın tabakalı kaya ortamlarının daha iyi kaya kalitelerine sahip olacağı görülmektedir. Aynı şekilde sedimanter kaya ortamlarının malzeme ve/veya blok taş (mermer) olarak kullanılması halinde kalın tabakalı kaya ortamlarının bu tür değerlendirmeler bakımından daha elverişli olacağı sonucuna varılabilir. Aynı materyalden çökelmiş ince veya kalın tabakalı (masif) kaya ortamlarının dayanım ve deformasyon modülleri de farklı olabilmektedir. Masif kaya ortamları davranış

yönünden daha izotrop bir özelliğe sahip olurken, ince tabakalı olarak çökelmiş aynı ortamın anizotropisi artmaktadır (WITTKE 1993).



Şekil 4.1 : Tabaka kalınlığı - çatlak sıklığı ilişkisi (ERİŞ 1995) .

Günümüzde yaygın olarak kullanılan DEERE (1963) ve Londra Mühendislik Jeolojisi Grubunun yapmış oldukları tabaka kalınlıklarına bağlı sınıflandırmalar Tablo 4.1 de verilmiştir.

Tablo 4.1: Tabaka kalınlığına göre kayaçların sınıflandırılması (DEERE 1963)

Kayaç Tanımı	Tabaka Kalınlığı cm.	
	DEERE (1963)	Londra Müh. Jeo. Grb.
Çok kalın tabakalı	> 300	> 200
Kalın tabakalı	300 - 100	200 - 60
Orta tabakalı	100 - 30	60 - 20
İnce tabakalı	30 - 5	20 - 6
Çok ince tabakalı	< 5	6 - 2
Laminalı (tortul)	-	2 - 0,6
İnce Laminalı (tortul)	-	< 0,6

İnceleme alanında yüzeylenen kayaçlar litolojik ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak çeşitli tabaka kalınlıklarına sahiptirler. Silttaşları ve çamurtaşları genelde laminalıdır. Ancak yaygın olarak ince ve çok ince tabakalı kesimleri de bulunmaktadır. Çamurtaşı - şeyl tabakalarının kalınlıkları 1 - 25 cm. arasında

yoğunlaşmaktadır. DEERE 1963 sınıflamasına göre Trakya formasyonunun bu seviyeleri ince ve çok ince tabakalı gruba girmektedir.

Aynı formasyonunun kumtaşı tabakalarının kalınlıklarının 20 - 90 cm. arasında değişmekte ve birim bu özelliğiyle DEERE 1963 sınıflamasına göre orta ve ince tabakalı bir istif olarak değerlendirilmektedir.

4.2.2 Çatlak Sıklığına Göre Kaya Ortamın Sınıflandırılması

Aynı süreksizlik takımına ait çatlaklar arasındaki dik uzaklık süreksizlik aralığı yada çatlak sıklığı olarak tanımlanmaktadır ve d_i olarak gösterilir. Örneğin birinci çatlak takımına ait (Ç_{11}) olan paralel yüzeyler arasındaki mesafe 20 - 30 cm. arasında değişiyorsa, bu :

$d_i = 20 - 30$ veya $d_i \begin{smallmatrix} 30 \\ 20 \end{smallmatrix}$ şeklinde yazılır.

Ortamda 3 çatlak takımı var ise ; 3 çatlak takımı için :

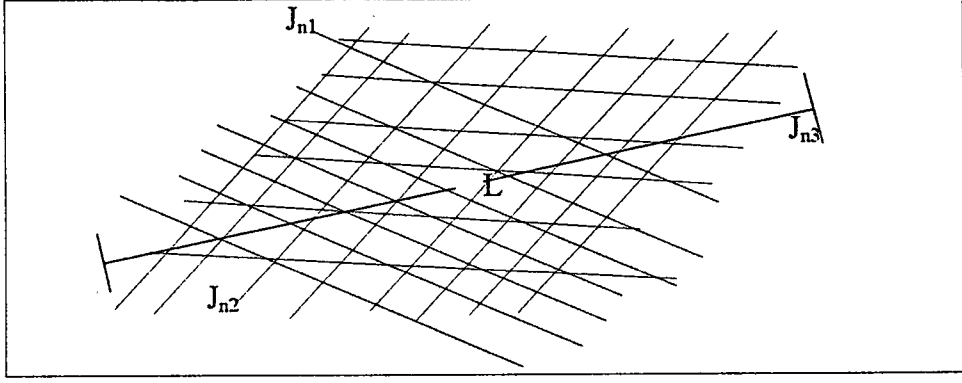
$$d_1 \begin{smallmatrix} \max \\ \min \end{smallmatrix} \times d_2 \begin{smallmatrix} \max \\ \min \end{smallmatrix} \times d_3 \begin{smallmatrix} \max \\ \min \end{smallmatrix}$$

şeklindeki yazım birim kaya elemanlarının en büyük ve en küçük boyutlarını belirtmektedir. Buna göre :

$$(d_1 = 20 - 30 ; d_2 = 35 - 45 ; d_3 = 50 - 70) = d_1 \begin{smallmatrix} 30 \\ 20 \end{smallmatrix} \times d_2 \begin{smallmatrix} 45 \\ 35 \end{smallmatrix} \times d_3 \begin{smallmatrix} 70 \\ 50 \end{smallmatrix}$$

şeklindeki çatlak aralığı değerleriyle belirtilen birim kaya elemanlarının en büyük hacimleri $30 \times 45 \times 70 \text{ cm}^3$, en küçük hacimleri ise $20 \times 35 \times 50 \text{ cm}^3$ olacaktır.

Çatlak sıklığı da çatlak aralığı gibi süreksizlik düzlemlerine dik doğrultuda alınan ölçümlere dayanmaktadır. Birim uzunluğa düşen aynı çatlak takımına ait çatlak izi sayısına ‘ çatlaklılık ’ veya ‘ çatlak sıklığı ’ denir. ve ‘ k_i ’ ile gösterilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 : Çatlaklı kaya ortamında k_{stini} nin saptanması.

$$k_i = \frac{J_{ni}}{L} \text{ dir.}$$

Çatlak sıklığı ile çatlak aralığı arasında ;

$$k_i \times d_i = 100 \text{ yada } k_i = \frac{100}{d_i} \text{ ilişkisi vardır.}$$

Çatlak aralıkları, çatlak sıklığı ve çatlak uzunlukları çatlakların ait oldukları takımın uzanımına dik durumdaki bir düzlem içinde ölçülmesi gereken büyüklüklerdir. Bu ölçüm düzlemlerine $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_i$ denilirse ;

$$\pi_1 \perp J_{n1}$$

$$\pi_2 \perp J_{n2}$$

.

.

.

$$\pi_i \perp J_{ni} \text{ olması gerekir.}$$

Ancak kayanın ortalama çatlaklılığını belirlemek amacıyla; daha genel bir çatlaklılık tanımı için (k_{stini}) değeri kullanılmaktadır. Burada geçilen herhangi bir doğrultu boyunca karşılaşılan değişik çatlak takımlarına ait (J_{ni}) izleri sayılmakta ve bu değer birim uzunluk için (1 m.) ifade edilmektedir.

$$k_{stini} = \frac{J_{n1} + J_{n2} + \dots + J_{ni}}{L} \text{ dir.}$$

Süreksizliklere ait bu tür sayısal değerler blok taş işletmeciliğinde çıkarılabilecek en büyük ve en küçük blok boyutlarının belirlenmesinde ve yer altında aşırı sökülme miktarlarının tahmininde olduğu kadar, kaya yapısının taşıma direncinin saptanabilmesi için de kullanılmaktadır.

Süreksizliklerin ölçüm yüzeyi üzerindeki arakesitine süreksizlik izi (çatlak izi) adı verilir. Çatlaklı kaya ortamlarında çoğunlukla süreksizliklerin devamlılığı kesintiye uğrar. Bu durumda aynı doğrultuda boydan boya uzanan çatlak izleri görülemez. İzlerin gözlenemediği aralıklarda ya kaya malzemesinin kendisi yada süreksizliği dolduran dolgu maddesi bulunmaktadır. Bu şekilde kaya kırıklı fakat tek cisim ortamı şeklinde değerlendirilmelidir. Bu materyaller kayanın gerilmeler karşısındaki davranışını ve bünyesindeki sıvıların hareketini yakından denetlemektedir. Kayanın kesme direncini malzeme köprülerinin kesme direnci ile süreksizlik yüzeylerinin kayma direnci belirlemektedir.

Kayanın doku direncine doğrudan etkiyen bu kırıklanma özelliği (çizgisel, düzlemsel ve hacimsel) ayrılma derecesi ile 3 boyutta sayısal olarak tanımlanmaya çalışılmaktadır. Buna göre çizgisel ayrılma derecesi (κ) bir süreksizlik izinin doğrultusu boyunca açık çatlak izi uzunlukları toplamının ölçüm mesafesine oranı şeklinde tanımlanmaktadır.

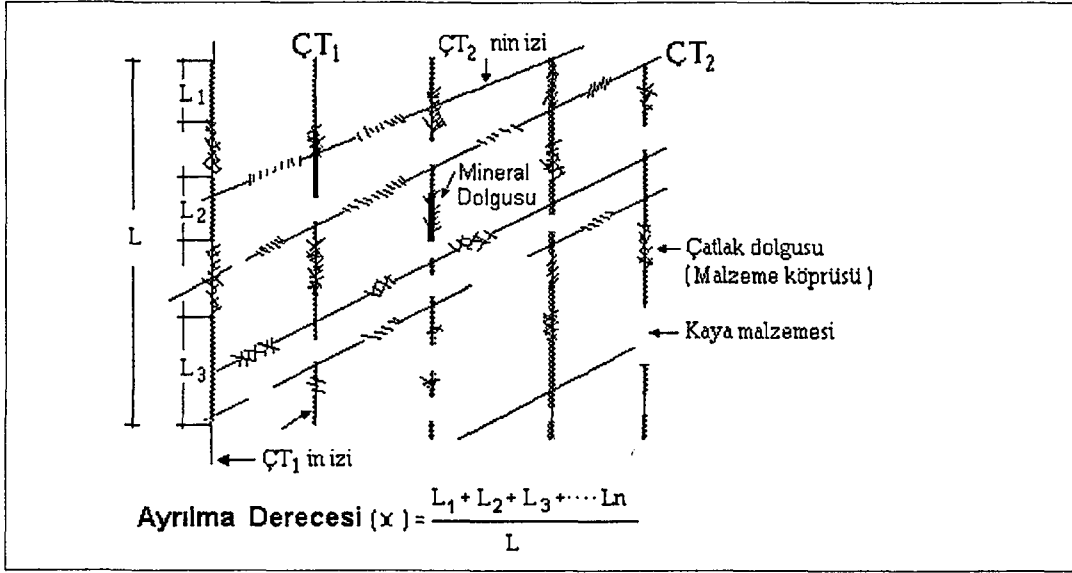
$$\kappa = \frac{\sum J_i}{L}$$

J_i : Çatlak izi uzunluğu

L : Ölçülen toplam uzunluk tur.

Ortalama ayrılma derecesi (κ_{ort}) değişik süreksizlik takımları içeren bir kayanın süreksizliklerini ait ayrılma dereceleri toplamının ortalamasıdır. κ_{ort} kayanın genel anlamdaki ayrılma derecesini ifade eder (Şekil 4.3).

$$\kappa_{ort} = \frac{\kappa_1 + \kappa_2 + \dots + \kappa_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i}{n} \text{ dir.}$$



Şekil 4.3 : Çatlaklı kaya ortamında çizgisel ayrılma derecesi ve süreksizlik dolgusunun tanımı.

Tablo 4.2 de ise çatlak ara uzaklıklarına göre DEERE (1963) ve Londra Mühendislik Jeolojisi Grubu tarafından yapılmış olan sınıflandırmalar verilmiştir.

Tablo 4.2: Çatlak ara uzaklığına göre kayaçların sınıflandırılması

Kayaç Tanımı	Çatlak Aralığı (cm.)	Uzaklığı (cm.)
	DEERE (1963)	Londra Müh. Jeo. Grb
Çok seyrek çatlaklı (katı)	> 300	> 200
Seyrek çatlaklı (masif)	300 - 100	200 - 60
Orta çatlaklı (bloklı)	100 - 30	60 - 20
Sık çatlaklı (çatlaklı)	30 - 5	20 - 6
Çok sık çatlaklı (kırılmış ve ezilmiş)	<5	6 - 2
Aşırı sık çatlaklı	-	< 2

İnceleme alanındaki temel kaya mostralarında ölçülen farklı litolojilere sahip çatlak sıklıkları (1 metredeki süreksizlik sayısı) homojen bir dağılım sunmamaktadırlar. Bu durum başlıca iki nedenden kaynaklanmaktadır.

Tektonik aktiviteye bağlı kırılma; inceleme alanında yüzeylenen kaya ortamın oluşumundan günümüze dek geçirmiş olduğu tektonik etkilere bağlı üç farklı yönde

kırılanmış olması nedeniyle, litolojiye bağımlı lokal süreksizlik yoğunlaşmaları gözlenmektedir.

Tabaka kalınlıklarının değişimine bağlı kırılma; bölüm 4.2.1 de belirtilen ve Şekil 4.1 de tabaka kalınlığı - çatlak sıklığı ilişkisi tanımlanan Trakya formasyonuna ait tabaka kalınlıklarının değişimi, çatlak sıklığını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenlerle 3 yönde çatlak takımı içeren formasyonda çoğunlukla farklı yoğunluklarda 3 - 90 cm. aralıklarla gelişmiş çatlak sistemleri mevcuttur. İstanbul metrosu güzergahı boyunca Trakya formasyonunun çeşitli seviyelerine ait tabaka yüzeylerinde ölçülen 9606 adet çatlak aralığının istatistik degerlendirmesi sonucu formasyonda ortalama olarak 15 cm. aralıklı çatlaklanmaların olduğu sonucuna varılmıştır.

Silttaşlarında 3 - 40 cm. aralıklarla gelişmiş çatlak sistemleri fay zonları çevresinde birer cm. aralıkla dahi görülebilmektedir. Trakya formasyonunun bu seviyeleri için tanımlanan boyuna çatlak aralıkları 3 - 40 cm.; enine çatlak aralıkları 4 - 10 cm.; verev çatlak aralıkları 4 - 12 cm. arasında yoğunlaşmaktadır. Bu çatlak sistemlerine bağlı oluşan birim kaya elemanlarının maksimum boyutları 40x10x12 cm., minimum boyutları ise 3x4x4 cm., şekilleri ise prizmatiktir. Bu özellikleri ile kaya ortamı sık çatlaklı kayaç sınıfına girmektedir.

Çalışma sahasında yüzeylenen kuvars çimentolu kumtaşlarında, genel olarak 10 - 90 cm. aralıklarla 3 farklı yönde gelişmiş çatlak sistemleri gözlenmektedir. Formasyonun bu seviyelerinde boyuna çatlaklar 10 - 90 cm.; enine ve verevine çatlak aralıkları da 10 - 20 cm. arasında değişmektedir. Bu aralıklar ile Trakya formasyonunun kumtaşları sık - orta çatlaklı kayaç sınıfına girmektedir. Kumtaşları, ana fay zonlarına yakın kesimlerde aşırı derecede kırılarak breş dokusu kazanmaktadırlar. Bu durum İTÜ göleti gövde topuğunun sağ yamacındaki mostralarda barizdir. Burada tabaka düzlemleri ile sistematik çatlakları belirlemek hemen hemen imkansız olmaktadır.

İleri derecede ayrışmaya uğramış kumtaşı mostralarının çatlak yoğunluğunda artışlar görülmektedir. Bu ise; çatlaklanmanın kayaçların ayrışmasında etkili

olduğu yada ayrışma sonucu yeni çatlakların geliştiği şeklinde değerlendirilmelidir.

4.2.3 Çatlak Açıklığına Göre Sınıflandırma

Aynı çatlağın iki duvarı arasındaki dik uzaklık olan çatlak açıklığı; dolgulu, dolgusuz yada yarı dolgulu olabilir.

Dolgulu çatlaklarda dolgu malzemesi kalsit, kuvars, kil, kayaç kırıntısı vs. olabilir. Kayaçların kesme dayanımı ve hidrolik konduktivitesi üzerinde etkili olan çatlak açıklıkları arasına yerleşen dolgu kalınlıkları ölçülerek de çatlak açıklıkları saptanabilir. Çeşitli araştırmacıların çatlak açıklığına göre oluşturdukları sınıflamalar Tablo 4.3 de sunulmuştur.

Tablo 4.3: Çatlak açıklığına göre kayaçların sınıflandırılması

Kayaç Tanımı	Çatlak Açıklığı (mm.)
Çatlaksız kayaç	0
Çok ince çatlaklı kayaç	0 - 0,1
İnce çatlaklı kayaç	0,1 - 1
Orta çatlaklı kayaç	1 - 5
Açık çatlaklı kayaç	> 5

Çoğunlukla mostra yüzeylerinin altındaki kayaç kütlelerinde gelişen çatlak açıklıkları dar olup yarım mm. yi pek geçmezse de gerek yüzeyde gerekse yeraltında süreksizliklerin yayılımına bağlı olarak farklı genişliklerde olabilirler. Bu değişimi ölçmek pratikte hemen hemen imkansızdır.

Trakya formasyonunu oluşturan çökel istifin çatlakları arasında çoğunlukla kayacın yerinde ayrışması ile oluşan kil, sekonder yerleşmiş FeO, hidrotermel kuvars ve seyrek olarak kalsit bulunmaktadır. Ortamdaki kumtaşı tabakalarının dayanımı, danelerin sıkışması ve bunların arasına ikincil olarak sert minerallerin yerleşmesi ile artmaktadır. Taşlaşma (diyajenez) olarak ifade edilen bu oluşum, daneler arası teması arttırdığından, malzemenin kohezyonu ve içsel sürtünme açısı değerlerinde artışlar gerçekleşmektedir. İkincil mineral yerleşmeleri diyajenez sonrası gerçekleşmekte, çatlak ve daneler arası boşluklarda dolaşan kimyasal solüsyonun bıraktığı sert mineraller dayanımı artırmaktadır.

En dayanıklı ve duraylı çimento malzemesi olan kuvars, kayacın dayanımında etkili olmaktadır. Bu nedenle silisçe zengin kumtaşlarının dayanımı, silis yüzdesi düşük olan kumtaşlarına oranla daha yüksektir. Duraylı bir başka çimento malzemesi ise demiroksit (FeO). Kalsit ise yaygın bir bağlayıcı (çimento) malzeme olup, dolomit ve jips çimentolu kumtaşlarına daha az oranda rastlanmaktadır.

Bazı klastik (kırıntılı) kayalar arazide yoğun ve taşlaşmış olarak gözlemlenseler bile aslında hemen hemen çimentosuzdurlar. Bu tür kayalar kuru olduklarında kaba danelerini bir arada tutmaya yetecek kadar yeterli kil içeriğine çoğun sahiptirler fakat kayalar zarar gördüğünde yapısal ögesi olan sedimentlerini kaybetmekte, atmosferik etkiler nedeniyle hızla bozulmaktadır.

İnceleme alanında silttaşlarında gözlemlenen süreksizliklerin çoğu 0,1 - 1 mm. arasında değişen açıklıklar ile çok ince - ince çatlaklı kayalar tanımlanmasına uymaktadırlar (Tablo 4.3). Büyük bir kısmı dolgusuz olan çatlakların bir kısmında orta - iri kum danecikleri ile küçük silis çakıllı bir dolgu malzemesi mevcuttur.

Kampüs sınırları içerisinde yüzeyleyen kumtaşları silis içeriğine bağlı farklı sertlikleri nedeniyle silttaşlarında olduğu gibi homojen bir çatlak açıklığı dağılımına sahip değildir. Kumtaşlarında gelişen çatlak sistemleri çoğunlukla 2 - 6 mm. arasında değişen açıklıklarda olup genelde dolgusuzdurlar.

Ayrışmanın ileri derecelere vardığı kumtaşlarında çatlak açıklıkları artarak 25 mm. ye kadar çıkmaktadır. Çatlakların çoğu kendi materyali ve seyrek olarak sekonder kuvars daneleri içeren malzeme ile dolgulu olup hidrotermal alterasyondan etkilenmiştir.

4.2.4 Çatlak Yüzü Pürüzlülüğüne Göre Sınıflandırma

Çatlaklı kayalarda süreksizlik yüzeylerinin morfolojisini tanımlamak amacıyla kullanılan dalgalılık ve pürüzlülük kavramları birim kaya elemanlarının dokanak ilişkilerini ortaya koymaktadır.

Pürüzlülük; süreksizlik yüzeyinin küçük ve büyük ölçekte düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsüdür. Başka bir ifadeyle süreksizlik yüzeylerinin bir peryot aralığındaki dalgalanma (ondülasyon) derecesi için kullanılmaktadır.

Çatlakların pürüzlülüğü nitel ve nicel olarak tanımlanmakta, belirlenmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler Bölüm 5 de belirtilmiş olup burada arazi gözlem ve ölçümlerine dayanılarak yapılan pürüzlülük sınıflamalarına yer verilmiştir.

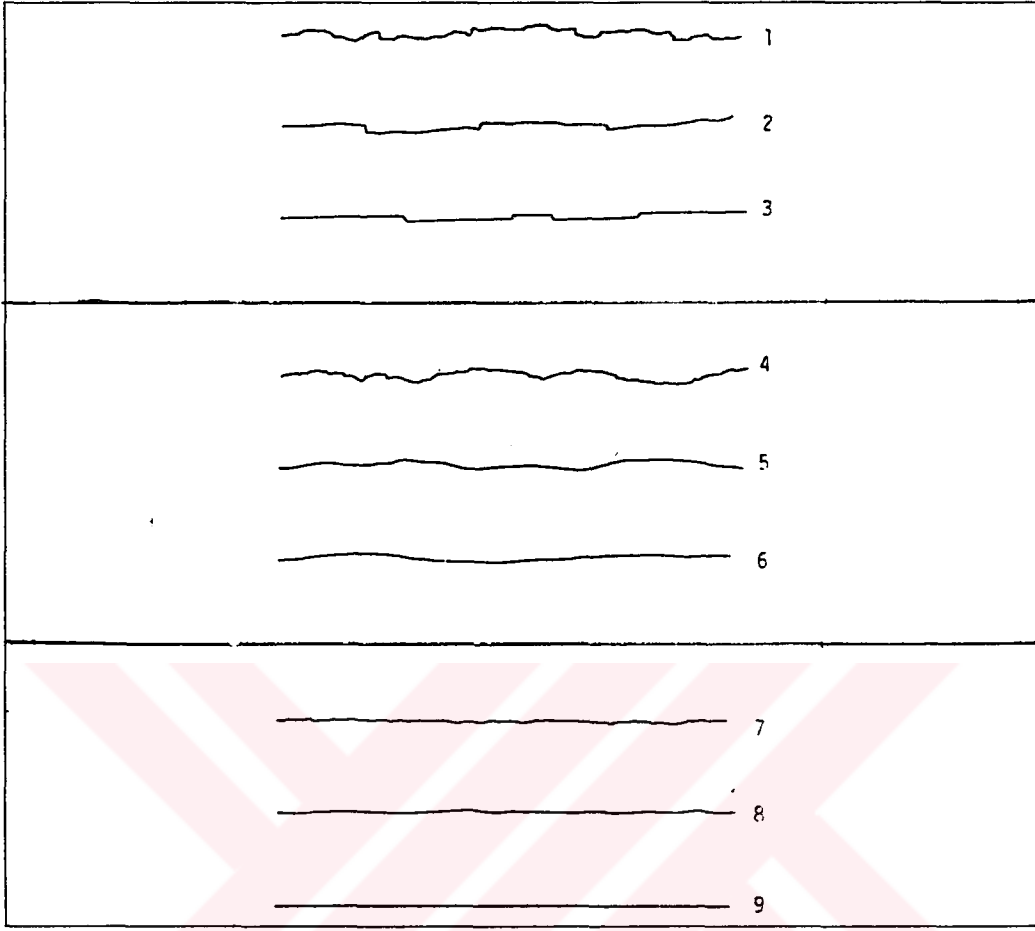
Piteau (1970) saha gözlemlerine dayanarak pürüzlülüğü beş kategoriye ayırmıştır (Tablo 4.4)

Tablo 4.4: Süreksizlik yüzeylerinin saha gözlemlerine göre pürüzlülük açısından sınıflandırılması

Yüzey Pürüzlülüğü	Yüzeyi Sahada Tanıma Kriterleri
Düz	Dokunulduğunda pürüzsüzdür kayma izi bulunabilir.
Hafif pürüzlü	Yüzeyde girinti ve çıkıntılar açıkça görülür ve hissedilir.
Orta pürüzlü	Yüzeyde açıkça gözlenen pürüzler aşındırıcı görünümlüdür.
Pürüzlü	İri pürüzler görülebilir.Çıkıntılar ve dik basamaklar belirgindir.
Çok pürüzlü	Dik basamaklı (yüksek açılı) ve çıkıntılıdır.

Aşağıda Şekil 4.4 de ise saha gözlemlerine dayalı daha kapsamlı bir sınıflama verilmiştir. Arazi çalışmalarımızda bu sınıflama göz önüne alınarak farklı litolojiler için pürüzlülük tanımına gidilmiştir.

Tanımlamaların kullanışlığı; arazide mostralar üzerinde gözlemlenen pürüzlülüklerin ölçülmesi ve elde edilen ölçüm değerlerinin standart profiller ile karşılaştırılması ile mümkündür. Ölçümler çoğu araştırmacı tarafından ISRM nin önerdiği arazide pürüzlülük ölçümünün ne şekilde yapılacağı ile ilgili tanımlamar göz önüne alınarak yapılmaktadır (Bkz : Böl : 4). Burada katlanır bir cetvel ile kaya yüzeyi üzerindeki pürüzlülük ölçülmektedir. Arazi çalışmalarında da bu yöntem kullanılmış ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4.4 : Tipik süreksizlik profilleri sınıflaması : 1) Pürüzlü, basamaklı 2) Düz, basamaklı 3) Kayma yüzeyli, basamaklı 4) Pürüzlü, dalgalı 5) Düz, dalgalı 6) Kayma yüzeyli, dalgalı 7) Pürüzlü, düzlemsel 8) Düz, düzlemsel 9) Kayma yüzeyli, düzlemsel. ISRM (1978)

İnceleme alanında yüzeylenen çamurtaşları pürüzlü ve düzensiz - dalgalı (4) ile düzlemsel - dalgalıdır (5). Şeyller kayma yüzeyli - dalgalı (6), sağlam çimentolu kumtaşları kayma yüzeyli basamaklı (3) ve düzlemsel basamaklı (2), gevşek çimentolu kumtaşları ise çoğun pürüzlü veya düzensiz - düzlemseldirler (7).

4.3 Kayaçların Ayırışma Derecelerine Göre Sınıflandırılması

Kayaçların erozyon, su, buzul, rüzgar, dalga vs. gibi etkenlerle orijinal durumlarının bozulması olan ayırışma hem kaya yüzeyinde hemde kaya yüzeyinin altında gelişmektedir. Kaya yüzeyinde gelişen ayırışma gözlenip kontrol altına alınabilirse kaya yüzeyi altında gelişip ilerliyen ayırışmanın farkedilip zamanında

önlem alınması zordur.

Kayaçlardaki ayrışma, etkenlerin, etkime şiddetine ve süresine bağlı olarak değişik derecelerde gelişebilir. Aynı kayaçta görülen farklı derecelerdeki ayrışma kayacın mühendislik özelliklerinde de farklılıklar oluşturur. Derine doğru gelişerek ilerleyen ayrışma çeşitli şartlarda gelişebilir.

Kayaçların, kırılıp, ezilip, ufalanarak zemine dönüşmesi olayına fiziksel, mineral yapılarının bozulması olayına ise kimyasal ayrışma denilir. Gerek mekanik (fiziksel) gerekse kimyasal ayrışma sonucunda kayaçlar büyük ölçüde değişikliğe uğramakta, taneler arasındaki bağ zayıflamakta veya tamamen yok olmaktadır. Diğer bir deyişle tanelerin kohezyonu azalmaktadır.

Kayaçlardaki fiziksel ayrışmayı buzullar, bitki kökleri, yağış, donma - çözünme, düzensiz sıcaklık değişimleri, kristal büyümesi, erozyon ve erozyonal ek yükler gibi etkenler oluşturur. Böylelikle mevcut kırıklardan bağımsız yeni kırıklar gelişebileceği gibi mevcut kırıklar da genişleyip yeni branşlar oluşturarak yayılımlarını artırır. Oluşan yeni Birim Kaya Elemanlarının yüzey altında birbirleriyle kesişen düzlemleri oksidasyon, hidrasyon, yağmur sularındaki çözülmüş atmosferik karbondioksit, zemindeki bitki köklerinin oluşturduğu organik asit ve karbondioksit gibi yeni kimyasal bozulma öğelerinin etkisi altında kalırlar. Oksidasyon mineral bünyesine katıldığında demirli kayaçların rengini değiştiren bir işlemdir. Hidratasyon olayına örnek olarak, anhidritlerin jipse dönüşmesi verilebilir.

Sulandırılmış karbonik ve organik asitler klastik kayaçların çimento malzemesi olan ve eriyebilen karakterdeki kalsit, dolomit ve jipsi eritirler. Bunlar aynı zamanda kireçtaşlarının dolomit ve kalsit kristallerini çözerek uzun mesafelere taşıyabilir, kayaçta yeni dolaşım ağları oluşturarak buralarda erimez mineral çökelişi, çoğun kil bırakırlar.

Kayaçların ayrışma derecesi ile ilgili çalışmalar, 1950'li yıllardan bu yana önem kazanmış ve bir çok araştırmacı kayaçların elastik dalga hızını iletmesi, su emme

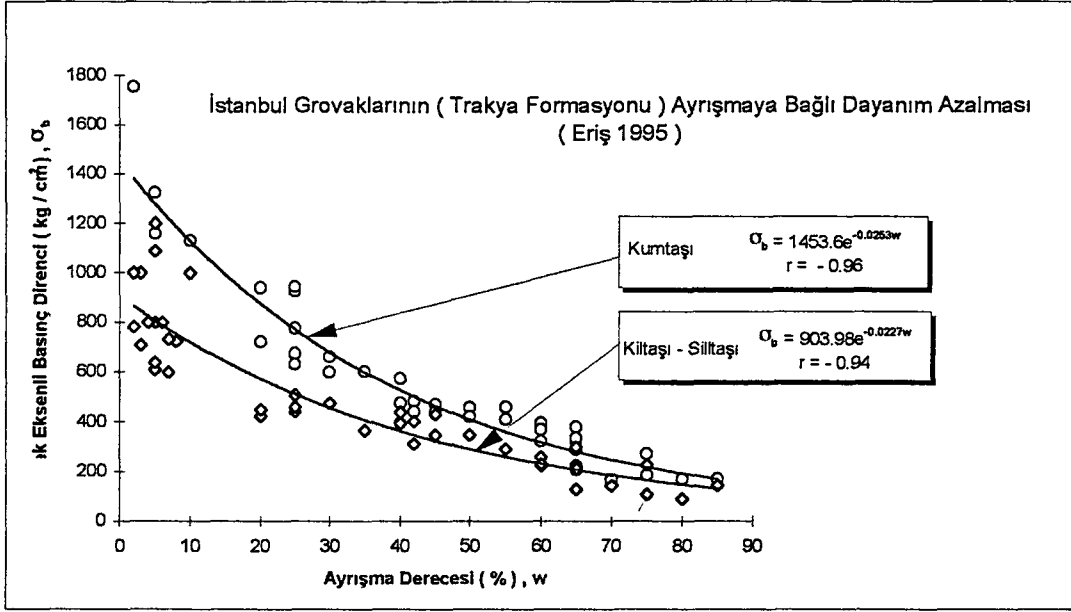
derecesi, fissür açıklıkları, doku, yapı ve renk değişiklikleri özelliklerinden yararlanarak çeşitli sınıflandırmalar önermişlerdir.

Arazi çalışmalarında kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerindeki farklılıkların anlaşılabilmesi ve yüzey pürüzlülüğünün alansal olarak görüntü analiz yöntemi ile sayısallaştırılması işlemleri için ayrışmaya dayalı zonlama bölgelerinin saptanmasında kayaların fiziksel ayrışması üzerinde durulmuş ve kayaç kütlelerinin bozunması; bozunmaya uğramış malzemenin kütledeki dağılımına, bozunmanın süreksizlik üzerindeki etkisine ve kayaçtaki renk değişimine göre değerlendirilerek 5 farklı kategoride incelenmiş (Tablo 4.5) ve bu sınıflandırmaya göre kampüs alanının ayrışma haritası yapılmıştır. Buna göre bölgede kayaçların yüzeysel ayrışma dereceleri (W1 ile W4) arasında değişmektedir (Şekil 4.6)

Tablo 4.5 : Kayaçlarda bozunma derecelerinin tanımlanması (EINSELE 1985)

Tanımlama Ölçütü	Tanım	Simge
Ana kayaçta renk değişimi yok, dayanımında bir azalma veya diğer bozunma etkileri söz konusu değil.	Taze (bozunmamış)	W ₁
Kayacın süreksizliklere yakın olan kesiminde çok az renk değişimi var, süreksizlik yüzeyleri açık ve renkleri çok az değişmiş. Kayaç taze (bozunmamış) kayaca oranla farkedilir bir zayıflık göstermiyor.	Az bozunmuş	W ₂
Kayacın rengi değişmiş, süreksizlikler açık olabilir ve renkleri değişmiş, bozunma kayacın içine nüfuz etmeye başlamış. Kayaç farkedilebilir ölçüde zayıflamış ("ana kayaç/bozunmamış kayaç" oranının tahmini mümkündür).	Orta derecede bozunmuş	W ₃
Kayacın rengi değişmiş, süreksizlikler açık olabilir ve yüzeylerinin rengi değişmiş, süreksizliklere yakın kesimlerde orijinal doku değişmiş, bozunma kayacın iç kesimlerini daha fazla etkilemiş, ancak ana kayaç halen mevcut ("ana kayaç/bozunmamış kayaç" oranının tahmini mümkündür).	Çok bozunmuş	W ₄
Kayacın rengi değişmiş ve kayaç toprak zemine dönüşmüş, fakat orijinal dokusu genel olarak korunmuş. Seyrek olarak küçük ana kayaç parçaları bulunabilir. Bozunma türü zeminin özellikleri kısmen ana kayacın özelliklerini yansıtır.	Tamamen bozunmuş	W ₅

İstanbul grovaklarının (Trakya formasyonu) yüzde ayrışma derecelerine göre dayanım azalmaları Şekil 4.5 de verilmiştir. Buna göre kumtaşlarının ayrışmaya bağlı dayanım (tek eksenli basınç direnci) azalmaları silttaşı, kiltası dayanımlarına göre benzer davranışı göstermektedir. Ancak, aynı ayrışma derecelerine sahip kumtaşlarının daha yüksek dayanımlı oldukları, % 70 ayrışma değerlerinden sonra her iki kayaç grubunun aynı dayanıma sahip oldukları görülmektedir.



Şekil 4.6 : Kumtaşı ve silitaşlarının ayrışmaya bağlı dayanım azalması

4.4 Kayaçların Karot Yüzdesi ve Kayaç Kalitesine Göre Sınıflandırılması

Kayaçlar Jeolojik özellikleri ile birlikte mekanik özellikleri de göz önünde bulundurularak sınıflandırılır. Bu tür sınıflandırmalara “Jeomekanik Sınıflandırma” denilmektedir.

Kayaçların düşey ve yatay konumdaki değişikliklerinin saptanabilmesi için karotlu sondajlardan yararlanılmaktadır. Karotlardan; kayaçların türü, süreksizlikleri, düşey ve yatay değişimleri, süreksizliklerin ara uzaklıkları, yüzeyleri ve dolgu durumları hakkında bilgiler elde edilmektedir.

Açılan bir sondajdan alınan tüm tam çaplı karot uzunlukları toplamının sondaj derinliğine oranının yüzde cinsinden ifadesi katı karot yüzdesi (SCR, Solid Core Recovery) olarak tanımlanmıştır.

$$SCR = \frac{\text{Tam çaplı karotların uzunluğu}}{\text{Karotların alındığı sondaj derinliği}} \times 100 \quad (4.1)$$

Karot yüzdesi dikkate alınarak kayaçların kalitesi, çatlak sıklığı gibi özellikler hakkında sayısal değerler verilememektedir. Sadece iyi, sağlam, kötü, çok çatlaklı, kırıklı gibi nitelik belirleyici değerlendirmeler yapılabilmektedir.

Sondajlardan alınan karotların uzunlukları toplamının sondaj derinliğine oranının yüzde cinsinden ifadesi toplam karot yüzdesi (TCR, Total Core Recovery) olarak tanımlanır.

$$TCR = \frac{\text{Alınan karotların toplamı}}{\text{Karotların alındığı sondaj derinliği}} \times 100 \quad (4.2)$$

Karot yüzdesi ve tam çaplı karot yüzdesinin hesaplanmasında insan faktörü, kullanılan karotiyer tipi, derinlik ve ortam koşulları rol oynamaktadır. Gerek karot gerekse tam çaplı karot yüzdelere göre kayaçlar sayısal verilerle sınıflandırılıp kalitatif olarak değerlendirilmektedir.

DEERE ve arkadaşları (1968) temel kayaçların kalitesini saptarken sondajlardan alınan karotların incelenmesiyle, süreksizliklerin türü, sayısı ve kayanın ayrışma derecesinden yararlanmışlardır. Sondaj karotlarında 30 cm. yi (1 ft.) birim uzunluk olarak almış ve 30 cm. deki çatlak sayısına göre temel kayaçlarını kalite açısından sınıflandırmıştır. Birim uzunlukta seçilen karotta 1 çatlak olması halinde temel kayaçları iyi, 5 - 6 çatlak olması halinde ise kötü kaliteli kayaç olarak değerlendirilmiştir.

DEERE karot boylarından yararlanarak temel kayaçlarının kalitesini sayısal verilerle ifade etmiş ve RQD (Rock Quality Designation) deyimini kullanmıştır. RQD karot yüzdesinin değiştirilmiş şeklidir ve sondajdan elde edilen karotlardan boyları 10 cm. (4 inch) ve daha fazla olanlarının toplamının, sondaj derinliğine oranının yüzde cinsinden ifadesidir.

$$RQD = \frac{10 \text{ cm. ve daha büyük karotların toplamı}}{\text{Karotların alındığı sondaj derinliği}} \times 100 \quad (4.3)$$

RQD verilerine göre kayaçların kalite açısından sınıflandırılması Tablo 4.6 da

verilmiştir.

Tablo 4.6 : RQD değerlerine göre kaya kalitesinin tanımı

RQD %	Kaya Kütle Kalitesi
0 - 25	Çok zayıf
25 - 50	Zayıf
50 - 75	Orta
75 - 90	İyi
90 - 100	Çok iyi (mükemmel)

Kayaçların RQD değerleri, kayaçların yatay ve düşey yönde değişimleri, geçirgenlik durumları, yerüstü yada yeraltı kazılarında kazı duvar ve tavanlarının destek türü ve de kazı makinalarının seçiminde yararlı olmaktadır.

İstanbul Paleozoik temelini üst kesimini oluşturan Trakya formasyonunda yapılan çeşitli sondajlardan (Güney Haliç Kollektörleri; Eyüp - Balat - Unkapanı - Kumkapı güzergahı, Kuzey Haliç Kollektörleri; Hasköy - Kasımpaşa - Tophane - Fındıklı - Dolmabahçe) elde edilen verilere göre Formasyonda ilk 20 - 25 metreler arasında kesilen kayaçlarda yüksek TCR değerlerine rağmen çoğu zaman düşük RQD değerleri elde edilmiştir. RQD 0 - 25 değerleri aralığında gelişmede genelde 50 değerinin altında seyrek olarak 75 - 90 aralığında gerçekleşmiştir.

İTÜ göleti eksen yerinde gerçekleştirilen SK sondajlarında da benzer durum gözlenmektedir. Yapılan 6 adet sondajdan saptanan RQD değerleri %66.6 oranı ile 0 - 25, %16.6 oranı ile 25 - 50, %13.8 oranı ile 50 - 75 ve %2.77 oranı ile de 75 - 90 değerleri arasında kalmaktadır.

RQD aralığının 0 - 25 aralığında çıkan değerlerin çoğun formasyonun ayrışma derecesi ile ilgili olmakla birlikte sondaj sırasında yapılan mekanik ve insan faktörlü hatalardan da kaynaklanmaktadır.

4.5 Kayaçların Fiziksel Özelliklere Göre Sınıflandırılması

Kayaçların fiziksel özellikleri (birim hacim ağırlık, porozite, özgül ağırlık, su emme,

geçirimlilik, sertlik vb.) kayaçların mekanik ve elastik özelliklerini önemli ölçüde etkilerler.

Kayaçların fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılmasında daha çok kayaçlara ait porozite su emme, geçirimlilik, sertlik özelliklerinden yararlanılmaktadır. İnceleme alanındaki kayaçlar fiziksel özellikleri bakımından gözeneklilik (porozite) ve geçirgenlikleri dikkate alınarak sınıflandırılmışlardır.

4.5.1 Kayaçların Poroziteye Göre Sınıflandırılması

Kayaçların geçirgenliğinin (permeabilite) saptanmasından, kayalardaki sızma problemlerinde, kaya ve zemin temellerdeki oturmaların hesaplanmasında ve su hareketlerinin ortaya konulmasında önemli rol oynayan porozite; kayaların mekanik özellikleri üzerinde de etkili olmaktadır. Poroziteyi oluşturan boşluklar arttıkça kayanın dayanımı azalmakta ve kaya içinde farklı gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Moos - Quervain; poroziteyi göz önüne alarak kayaçları Tablo 4.7 deki gibi sınıflamışlardır.

Tablo 4.7: Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılması

Porozite (% Olarak)	Kaya Sınıfı
<1	Çok kompakt
1 - 2,5	Az boşluklu
2,5 - 5	Orta boşluklu
5 - 10	Oldukca boşluklu
10 - 20	Çok boşluklu
>20	Çok fazla boşluklu

İnceleme alanına ait kayaçların fiziksel özelliklerine ait birim hacim ağırlığı, su emme (ağırlıkça, hacimce) ve porozite deney sonuçları Tablo 4.8 de sunulmuştur (ERDOĞAN - TEZGÖREN 1973).

Bu sonuçlara göre ayrışmamış kumtaşları çok kompakt, ayrışmış kumtaşları ve şeyller ise az boşlukludurlar. Ancak çatlaklı kaya ortamlarında kaya malzemesinin porozitesi ortamın geçirimliliğinde fazla etkili olmamakta, süreksizliklere bağlı

Tablo 4.8 : Grovak ve şeylerde Birim Hacim Ağırlık, Su Emme ve Porozite deney sonuçları.

		Ayrılmamış Grovak	Ayrılmış Grovak	Şeyl
Birim Hacim Ağırlığı (gr / cm ³)	max.	2,69	2,69	2,67
	min.	2,67	2,65	2,65
	ort.	2,68	2,66	2,65
Su Emme Ağırlıkça (%)	max.	0,44	1,67	1,22
	min.	0,14	1,13	0,49
	ort.	0,25	1,27	0,86
Hacımca (%)	max.	1,20	3,35	3,25
	min.	0,39	1,47	1,30
	ort.	0,67	2,90	2,27
Efektif Porozite (%)	max.	0,76	1,88	1,60
	min.	0,26	1,41	0,60
	ort.	0,44	1,64	1,06

ikincil permeabilite büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle İstanbul grovakları yer yer yarı geçirimli ortam niteliği taşımaktadır.

4.5.2 Kayaların Geçirgenliğe Göre Sınıflandırılması

Kaya yada zeminlerin suyu geçirme özelliğine geçirgenlik (permeabilite) denir. Kaya ve zeminlerin geçirgenliği, laboratuvarında doğadan alınan örnekler üzerinde ve doğada yapılan deneyler ile saptanır.

Kayalar sahada yapılan deneyler göz önüne alınarak Lugeon birimine yada geçirgenlik değerlerine göre sınıflandırılır.

Bir Lugeon birimi; 1 metrelik bir zonda, 1 dakikada, 10 atmosfer basınç altında 1 litrelik su emilmesi olarak tariflenir ve :

$$L_u = \frac{Q \times P}{10 \times l \times t} \quad (lt / dk / m.) \quad (4.4)$$

eşitliği ile verilir.

Burada;

L_u = Lugeon değeri

Q = Sondaj deliğine verilen su miktarı (lt.)

P = Manometredeki basınç (bar)

l = Deney zonu boyu (m.)

t = Deney süresi (dk.)

ni belirtmektedir.

Kayaçların Lugeon değerine göre sınıflandırılması Tablo 4.9 da verilmiştir.

Tablo 4.9 : Kayaçların Lugeon birimine göre sınıflandırılması

Lugeon Birimi (lt / dk / m)	Kaya Sınıfı
< 1	Geçirimsiz
1 - 5	Az geçirimli
5 - 25	Geçirimli
> 25	Çok geçirimli

Geçirgenlik katsayısını göz önüne alarak US Bureau of Reclamation'un yaptığı sınıflama Tablo 4.10 da sunulmuştur. Bu sınıflamada geçirgenlik; birim yük kaybı altında, birim uzunluk ve birim kesitteki prizmadan, birim zamanda geçen su miktarı olarak tariflenmiştir.

İTÜ kampüs sahası içerisinde yapılan SK1 - SK6 sondajlarında gerçekleştirilen Lugeon deney sonuçları neticesinde yapılan hesaplamada Trakya formasyonuna ait permeabilite değeri 10^{-5} - 10^{-7} olarak hesaplanmıştır (ERİŞ 1993)

Tablo 4.10 : Kayaçların geçirgenlik katsayısına göre sınıflandırılması

Geçirgenlik Derecesi cm / sn	Kaya Sınıfı
< 10^{-6}	Geçirimsiz
10^{-6} - 10^{-5}	Az geçirimli
10^{-5} - 10^{-4}	Yarı geçirimli
10^{-4} - 10^{-3}	Geçirimli
> 10^{-3}	Çok geçirimli

İnceleme alanında yüzeylenen kayaçlar geçirimsiz ve az geçirimli sınıfa girmektedirler.

4.6 Kayaçların Mekanik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Kayalar üzerlerine gelen yüklerin etkisi ile kırılabilmekte, ezilebilme ve kayabilmektedir. Kayaların gerilme - deformasyon ilişkileri ve davranış biçimi onların litolojik, yapısal ve dokusal özellikleri ile ilişkili olup bu özellikler, sınıflama parametresi olarak kullanılmaktadır.

Sınıflama parametresi olarak kullanılan mekanik özellikler kayaçların direnç ve elastik özellikleri olup bunlar kayaçlara statik yada dinamik kuvvetler uygulanarak bulunurlar

Statik kuvvetlerin uygulanması ile bulunan, basınç, çekme kesme ve burulma dirençlerinden basınç direnci kayaçların sınıflandırılmasında sınıflama parametresi olarak kullanılır.

Çeşitli yıllarda çeşitli araştırmacıların yaptıkları tek eksenli basınç direncine göre kayaçların sınıflandırılmasında [COALES, DEERE ve MILLER, STEPLEDON, BROILI, GEOLOGICAL SOCIETY, BROCH ve FRANKLIN, JENNINGS vd., BIENIAWSKI, ISRM] yaygın olarak kullanılmakta olan Tablo 4.11 de sunulan DEERE ve MILLER'in yapmış olduğu sınıflandırmadır.

Tablo 4.11 : Kayaçların tek eksenli basınç direncine göre sınıflandırılması (Deere ve Miller).

Kayaç Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci (kg / cm ²)
Çok yüksek dirençli	> 2000
Yüksek dirençli	2000 - 1000
Orta dirençli	1000 - 500
Düşük dirençli	500 - 250
Çok düşük dirençli	< 250

İnceleme alanında yüzeylenen kumtaşı, ayrılmış kumtaşı ve şeyllere ait tek eksenli, üç eksenli ve çekme direncine ait veriler Tablo 4.12 de verilmiştir.

Bu verilere göre ayrışmamış kumtaşları yüksek dirençli, ayrışmış kumtaşları ve şeyller düşük dirençlidir.

Tablo 4.12 : Grovak ve şeyllere ait Tek Eksenli ve Üç Eksenli ile Çekme Direnci deney sonuçları

		Tek Eksenli Basınç Direnci σ_B kg/cm ²	Çekme Direnci σ_C kg/cm ²	σ_3 kg/cm ²	σ_1 kg/cm ²	c kg/cm ²	ϕ (- °)
Ayrışmamış Grovak	σ_1 	1415	125	200 400 600	3410 3943 4825	275	41
	σ_1 	1400	95	200 400 600	2950 4110 4800	225	45
	σ_1 	340	40	200 400 600	1545 1930 3090	100	41
	σ_1 	205	35	200 400 600	1515 1965 2865	75	39
Şeyl	σ_1 	385					
	σ_1 	285					

4.7 Duraylılık (Stabilite) Sorunları ve Kütle Hareketleri

Ana nedenini yerçekiminin oluşturduğu doğal ve/veya insan eli ile oluşturulan duraylılık (stabilite) bozulması malzemenin yamaç aşağı her türlü hareketini belirlemek üzere, genel bir kavram olarak “Kütle Hareketleri” deyimi kullanılmaktadır.

Kütle hareketleri terimi ile hareketlerin oluş mekanizmaları birbirinden oldukça farklı gelişen “düşme, akma, kayma, devrilme, karmaşık, çökme ve oturma” türü hareketlerin tümü birden ifade edilmektedir.

Kütle hareketleri, hareketin olduğu malzeme, hareket şekli ve harekete neden olan faktörler gözönüne alınarak çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Özellikle HEIM, HOWE, ALMAGRA, LAAD, SHARPE, TERZAGHI, BAKER, ECKEL, ZARUBA - MENCL, MEMCOK - PACER - RYBAR, VARNES gibi

araştırmacılar kütle hareketlerinin sınıflandırılmasında büyük katkılar sağlamışlardır.

Kütle hareketlerinin sınıflandırılmasında kullanılan en önemli parametreler şu şekilde sıralanabilirler;

- Hareketin türü, miktarı ve hızı
- Hareket eden malzemenin türü, dizilişi, yaşı
- Hareket eden kütlenin şekli
- Hareket eden malzeme (kütle) ile alttaki temel arasındaki ilişki
- Hareketin nedenleri
- Kayma yüzeyinin kohezyonu (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri
- Su durumudur.

Kütle hareketleri; oluş hızlarına yada kayma yüzeyi biçimine göre de sınıflandırılmaktadır. Tablo 4.13 de kütle hareketlerinin bu amaçlı genel bir sınıflaması verilmiştir.

Tablo 4.13 : Kütle hareketlerinin genel sınıflandırılması

Hareketin Türü		Kayma Yüzeyi	KÜTLE TÜRÜ		
			Kayaçlar	Zeminler	
				İri taneli	İnce taneli
DÜŞME		Yok	Kaya düşmesi	Moloz düşmesi	Toprak düşmesi
AKMA	Yavaş	Yok	Kaya kripi	Moloz kripi	Toprak kripi
	Hızlı		Çok parçalı kayaç akması	Moloz akması	Toprak akması
KAYMA	Düzensel	Var	Kaya , kaya kaması kayması	Yanal genişliyerek (yayılma) kayma	
	Dairesel		Sık çatlaklı kayada heyelan	Değişik türde zemin heyelanları	
DEVİRİLME		Yok	Kaya devrilmesi	Zayıf çimentolu zeminlerde devrilme	
KARMAŞIK		Yok / Var	Hareket türü ve malzeme karışık		
ÇÖKME - OTURMA		Yok	Kaya çökmesi	Zemin oturma ve çökmeleri	

Bu sınıflandırmada hareket eden malzeme, yapmış olduğu hareketin türüne göre 6 ana başlık altında incelenmektedir. Doğada gerçekleşen bu hareket türlerinin, kayma yüzeylerine sahip olup olmadıklarından bahsedilmekte ve oluşan her bir hareketin kaya ve zemin ortamlarda ne şekilde gerçekleşeceği belirtilmektedir.

İnceleme alanında saptanan kütle hareketleri zemin heyelanı, kaya kaması kayması ve akma (moloz - kaya kripi) şeklinde gelişmiştir.

4.7.1 Heyelan Alanları

İnceleme alanında Kanlıkavak deresi boyunca İTÜ göletine doğru DB uzanımlı olan hafriyat döküm sahasında hafriyat malzemesi içerisinde tipik, eğrisel yüzeyli gelişmiş kayma hareketi mevcuttur. Heyelanın başlangıcı (Taç Bölgesi) Kampüs alanının güney sınırı boyunca DB uzanımlı olarak gölete giden yolun sağ kesimidir. Burada gelişen gerilme çatlakları çoğunlukla 5 - 15 cm. açıklıklı olup yer yer 1 m. derinliklidirler (Foto 4.1).

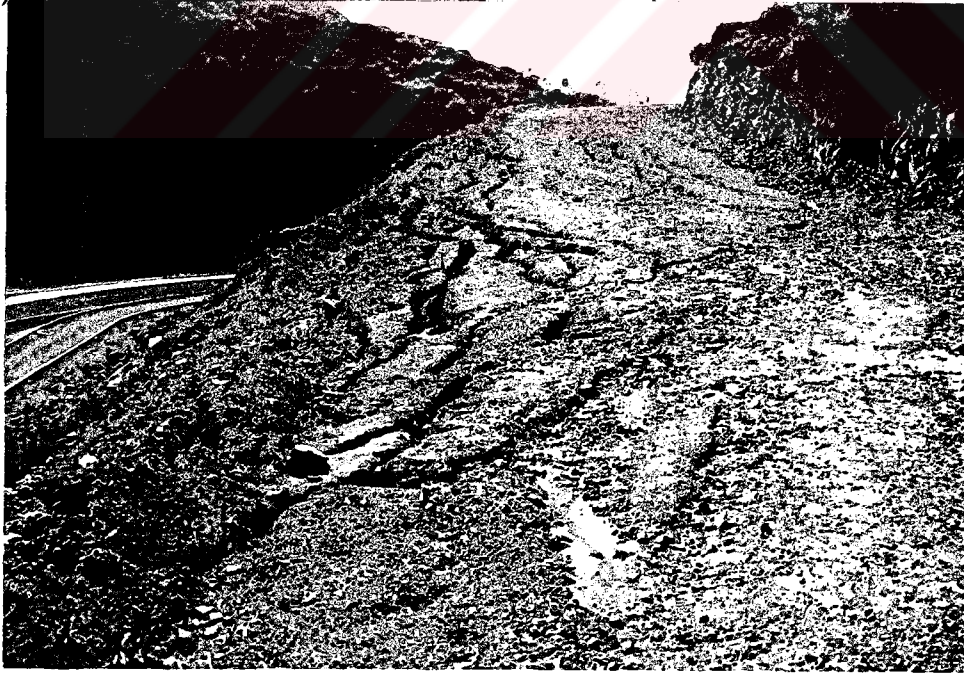


Foto 4.1 : Heyelan içerisinde gelişen (kabarma bölgesi) gerilme çatlakları

Heyelan malzemesinin üzerine dolgu dökümü devam ettiğinden taş bölgesinde yapılan ek yüklemelerle yeni heyelanlar ve kayma yüzeyleri oluşmaktadır. Arazide

Kanlıkavak deresi boyunca gelişmiş olan heyelana ait kabarma bölgesi ve enine çatlaklar bariz bir şekilde gözlenmektedir.

Heyelan bölgelerinin alt kesimlerinde gelişen bu çatlaklar 3 - 7 cm. açıklıklı ve çoğunlukla 45 - 60 cm. olmak üzere 90 cm. ye kadar değişen derinliklerde ölçülmüşlerdir. Aynı heyelanın İTÜ göletinin mansap topuğuna doğru olan kesiminde gelişen enine çatlaklar yer yer 1 m. yi de aşan derinliklerdedir. Heyelanın DB uzanımlı topografik şeritin orta kesiminde, su birikintileri ve küçük debili bir kaynak, sularını Kanlıkavak deresine akıtmaktadır.

Yukarıda, sözü edilen heyelanın taç bölgesine hafriyat dökümünün devam etmesi halinde, bu kütlelerin oluşturacağı yeni ek yüklerin zamana bağlı deformasyonları sonucunda, heyelan aynası geriye doğru ilerleyebilecek ve gölet ile ulaşımı sağlayan yolun zarar görmesine neden olabilecektir.

Gölete ulaşımı sağlayan bu yolun sol kesiminde dolgu malzemesi içinde küçük bir alanda kaşık şekilli zemin heyelanının gelişmiş olması, yukarıda belirtilen problemin önemli belirteçlerinden biridir.

Göletin dolusavak kazısında ortaya çıkan aşırı derecede ayrılmış andezitik kesimlerde vede Sera vadisinin sağ yamacında gölete doğru inen yol boyunca yağmur suları ve yamaç aşağı akan sular nedeniyle yer yer aşırı derecede ayrılmış malzemenin içsel parametrelerinin aşılması nedeniyle büyük boyutlu olmayan, ancak siltasyon açısından üzerinde durulması gereken küçük ölçekli yersel heyelanlar gelişmiştir.

Halen açıkta bulunan dolusavak kazısı hendeğinin şevlerinde ana süreksizliklere ve fay zonlarının konumlarına bağlı kaya düşmesi vede blok kayması şeklinde gelişen hareketlerin önlenmesine yönelik şevlerin kaplanması gerekmektedir.

4.7.2 Krip (Akma - Sürüklenme) Hareketleri

İTÜ göletine ulaşımı sağlayan yolun sol kesiminde yapılmakta olan yüzme havuzu

tesisi ile göletin sağ yamacı arasında kalan alanda kalınlığı 12 - 15 m. olan dolgu malzemesi, mevcut yolun açılması nedeniyle oluşan şev açısı ($\sim 36^\circ$) ve yüksekliği karşısında duraylılığını sağlayamamış ve akma şeklinde hareket türü gelişmiştir. Kil - silt - kum boyutlu materyal ile parçalanmış, dağılmış kumtaşı ve silttaşı kayaların çakıl ve bloklarından oluşan dolgu malzemesi çimentosuz gevşek yapılı olduğundan yağışlar sonucu bünyelerine aldıkları su ile daneleri şişerek kabarmakta, bu suyu kaybettiklerinde ise büzülerek küçülmekte, duraysız olan kütleyi dahada örseliyerek yerçekimi etkisi ile yamaç aşağı hareketine neden olmaktadır.

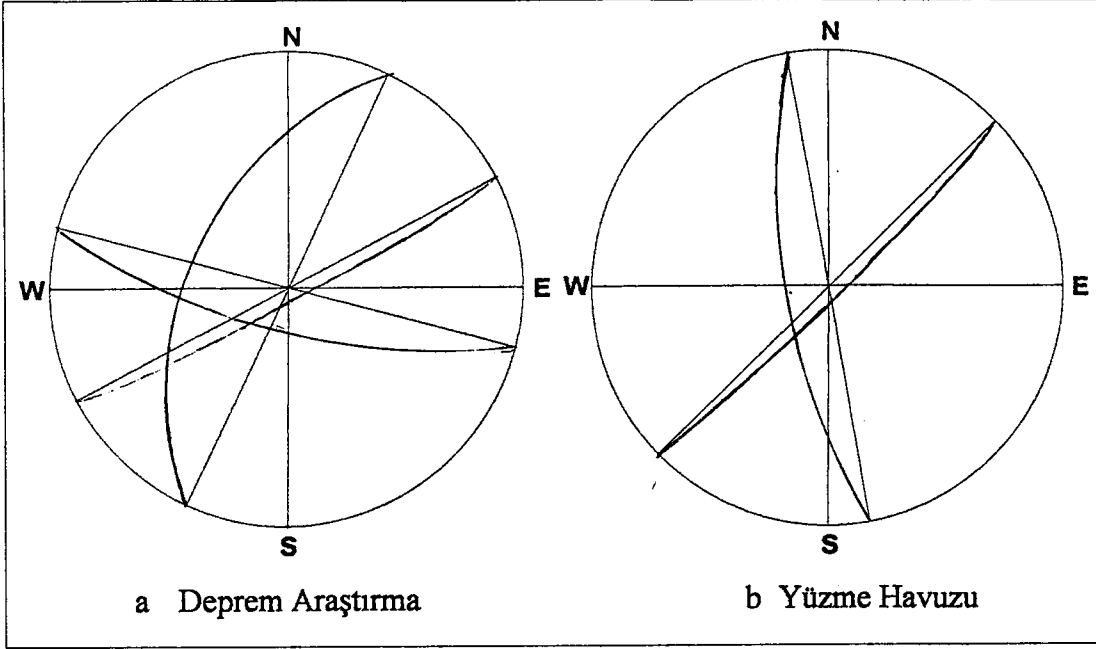
Oldukça geniş bir alanı kaplayan hareket için gerekli önlemler alınmadığı takdirde, hareket eden kütlenin miktarı artarak geriye doğru gelişen heyelana dönüşebilir

Gölet gövdesinin sağ ve sol yamaçlarında yamaç dışına doğru eğimli tabakalar ve ikincil süreksizliklere bağlı oluşan bloklar, şev dışına eğimli arakesitleri boyunca aşağı doğru yavaşça hareket etmektedirler. Harekete; iklim koşullarına bağlı olarak süreksizliklerdeki suyun donma ve erimesi, genleşme ve büzülmesi ile tabaka düzlemlerindeki kil boyutlu danelerin varlığı neden olmaktadır.

4.7.3 Kaya Kaması Kayması

İnceleme alanında gözlemlenen Trakya formasyonu, 3 yönde sıkça gelişmiş eklem sistemlerine sahiptir. Bu tür ortamlarda, eklemlerin geometrisine ve yapılacak teknik girişimin boyutlarına bağlı çeşitli türden kütle hareketleri gelişebilmektedir.

Yapılan arazi çalışmasında inceleme alanında yüzeylenen temel kayaların duraylı olduğu gözlemlenmiştir. Ancak deprem araştırma ve yüzme havuzu inşaatlarının hafriyat sahalarında oluşturulan kaya şevlerinin açısına bağlı olarak K62D 85 GD, K25D 39KB ve K75B 36GB yönelimleri ile K10B 74GB, K45D 86 GD yönelimlerinde kaya kaması kayması şeklinde kütle hareketi gelişmiştir.



Şekil 4.7 : Süreksizlikere bağlı kazı şevlerinin duraylılığı
a (Deprem Araştırma)
b (Yüzme Havuzu)

4.8 İTÜ Göleti ve Dolayının Mühendislik Jeolojisi

İTÜ Rektörlüğü Yapı İşleri Daire Başkanlığı tarafından ihalesi gerçekleştirilen gölet, sulama amaçlı olup projelendirilmesi Su - Yapı Mühendislik A.Ş. ve yapımı ATA İnşaat A.Ş. tarafından gerçekleştirilmiştir. Kampüsün şu anki sulama suyu ihtiyacı $75000 \text{ m}^3 / \text{yıl}$ olup bu miktar Kanlıkavak kaptajından ve derin kuyulardan sağlanmaya çalışılmaktadır.

Gölet Gövdesi :

Sera vadisinde bulunan göletin gövde yapımında, üniversite kampüs alanında çeşitli tarihlerde grovaplarda yapılmış kazılardan elde edilmiş malzeme kullanılmıştır. Göl çevresindeki rekreasyon alanı çalışmaları daha sonra yapılacaktır. Şekil 4.8 de göletin plan görünümü Şekil 4.9 da ise gölet eksen yerinde gerçekleştirilen SK sondajlarının yerleri verilmiştir.

Gölete ait teknik özellikler ise şunlardır ;

Tipi : Yarı geçirimli homojen dolgu, geçirimsizliği sağlamak için memba yüzü geomembranla kaplanmıştır.

Toplam Dolgu Hacmi : 121.070 m³.

Normal Su Kotu : 72.20 m.

Maksimum Su Kotu : 74.00 m.

Kret Kotu : 74.70 m.

Kret Genişliği : 8.00 m.

Rezervuar Hacmi : 100.000 m³.

Maksimum Kotta Rezervuar Hacmi : 130.000 m³.

Dolusavak :

Tipi : Kontrolsüz Ogee profili

Kret kotu : 72.20 m.

Deşarj Kanalı : 4.00 m. genişliğinde U kesit

Deşarj Kanalı Uzunluğu : 138.81 m.

Enerji Kırıcı Yapısı : 5.50 m. çaplı sıçratma eşiği

Dipsavak :

Tipi : 500 mm. çapında beton gömlekli çelik boru

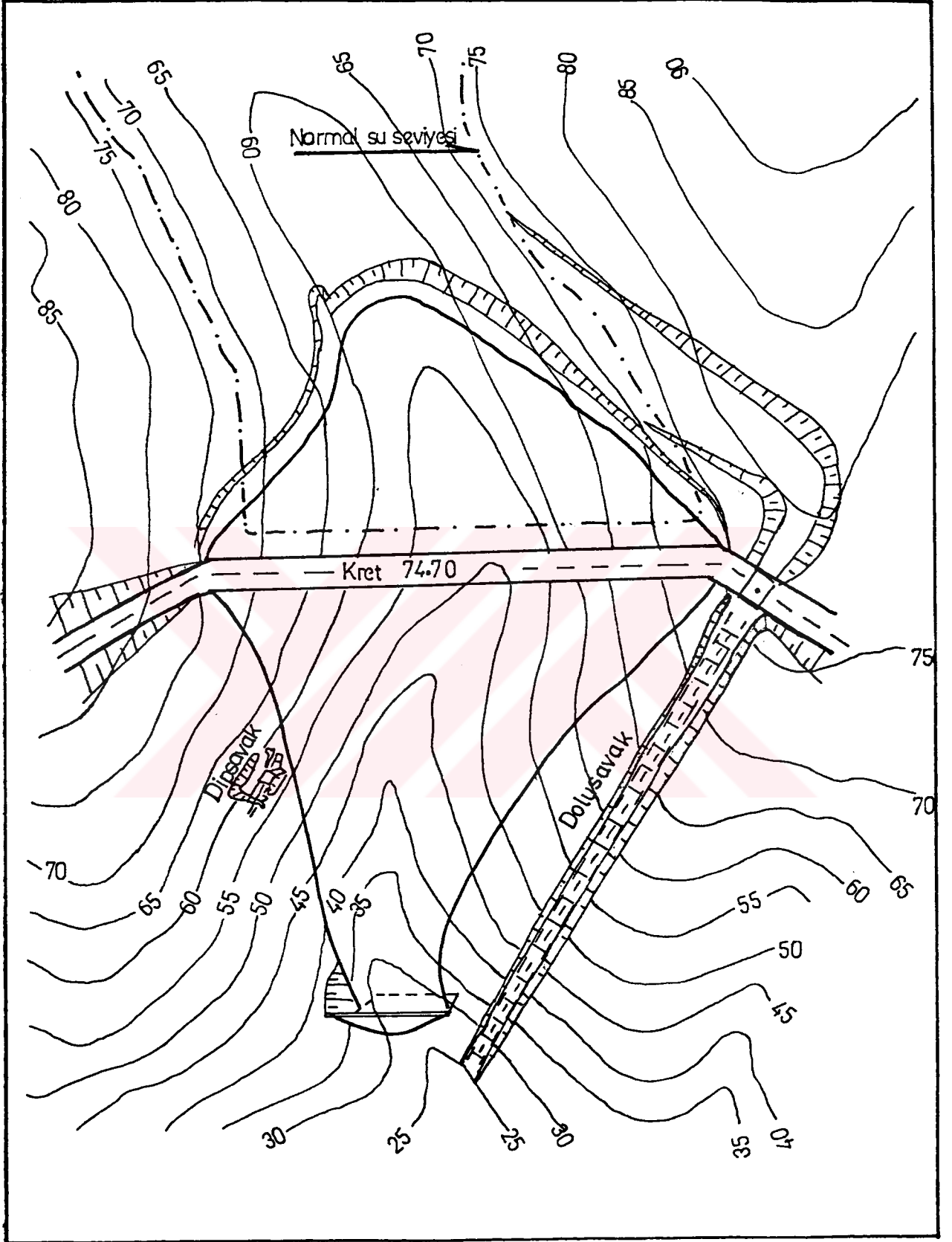
Giriş Yapısı : Çan ağzı

Giriş Yapısı Kotu : 60.00 m.

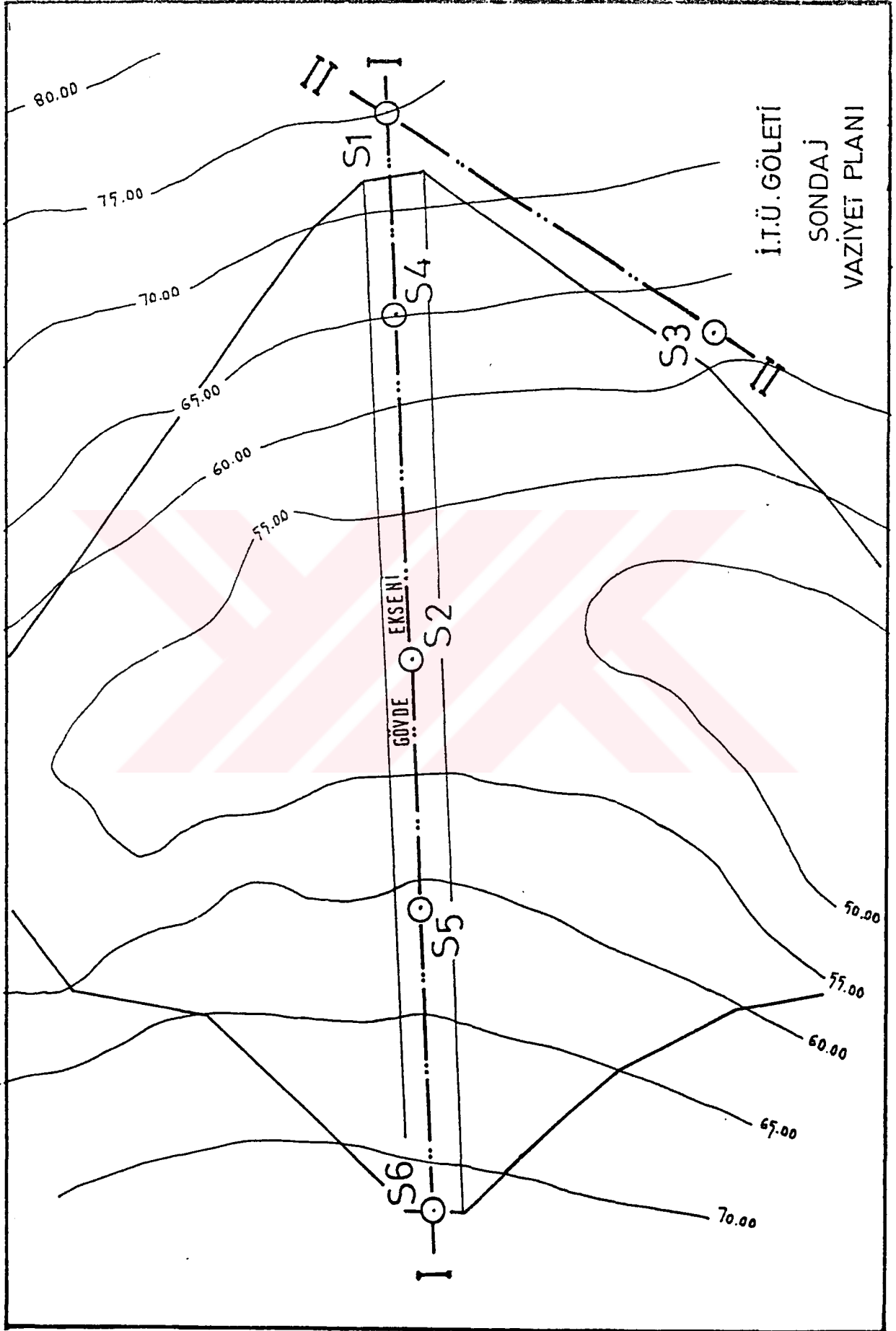
Deşarj Kanalı Uzunluğu : 118.10 m.

Enerji Kırıcı Tipi : Çarpmalı

Arazide temel kaya yüzeylerinde gözlemlenen kırıklı, bol eklemli yapı ile birlikte her 3 yönde gelişmiş çatlak sistemleri bulunmaktadır. Tabaka doğrultularının konumlarına bağlı olarak farklı doğrultularda gelişen sistematik çatlakların yanı sıra düzensiz kırıklara da rastlanmaktadır. Gölet eksen yeri ve yakın çevresinde yapılan ayrıntılı çalışmalarla formasyonun litolojik değişimleri, kırıklanma dereceleri, ayrışma durumları ve dayanım özellikleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu amaçla 1/ 500 ölçekli eksen yeri ve 1 / 100 ölçekli dolusavak yapısı mühendislik jeolojisi kesitleri hazırlanmıştır (Ek II - III).



Şekil 4.8 : İTÜ Göletinin planda görünüşü



Şekil 4.9 : İTÜ Gölleti sondaj vaziyet planı

4.8.1 İTÜ Göleti Yüzey Çalışmaları

İnceleme alanının güney doğusunda yer alan İTÜ göleti ve yakın çevresinde yüzeylenen temel kaya mostralarında litolojik tanımlamalarla birlikte, gölet eksen kesiminde yapılmış olan SK 1 - 6 sondajlarında (Şekil 4.9) gerçekleştirilen Lugeon deneyine ait veriler değerlendirilerek birimin permeabilitesi saptanmıştır.

İTÜ göleti göl alanında yüzeylenen yaygın birim, Trakya formasyonuna ait kumtaşı seviyeleridir. Bu seviyeler içersinde yer yer siltli, killi birimler bulunmakla beraber yüzeyde gözlemlenen ana birim kumtaşlarıdır. Arazide kumtaşlarını kesen ve fay zonları ile birlikte yüzeye çıkan andezit daykları da bulunmaktadır (Foto 4.2 - 4.3). Topografik üst kotlardan itibaren yamaçlara kadar inen yamaç molozu çeşitli kalınlıklarda sağ ve sol sahillerde mevcut olup, yayılım sunduğu kesimler 1 / 500 ve 1 / 100 ölçekli detay eksen yeri mühendislik jeolojisi kesitlerinde gösterilmiştir. Göl alanı içersinde kalan ve SK sondajlarında kesilen alüvyon örtü; göl alanı içersinde kalacağı için hafriyatla alınmıştır. Gölet ekseninin bulunduğu kesimde kumtaşları hakim litolojiyi oluşturmakta fakat göletin sağ yamacından başlayarak gövde boyunca aşağı kotlara inen çamurtaşı ile silttaşı dolusavağın bulunduğu sol sahile yayımlıdır. Sağ kesimde daha yaygın olan çamurtaşları sol kesimde, dolusavak kazısında yüzeylenen mostralarında silttaşının altında taban seviyeleri olarak gözlenmektedir. Bu birimler gölet gövdesinin alt kesiminde yer alan ve KB uzanımlı olan ters bir fay ile yüzeye çıkmışlardır.

Farklı deformasyon özelliklerine sahip olan bu birimlerde tabaka kalınlıkları da farklılıklar sunmakta ve 3 - 100 cm. arasında değişmektedir. Tabakalanma sık dalgalanmalı antiklinoryum ve senklinoryumlar şeklinde gelişmiş olup kumtaşı seviyeleri kalın, silttaşı seviyeleri çoğun ince olmak üzere yer yer orta ve kalın tabakalar şeklindedir ve çamurtaşı seviyeleri laminealidir.

Plastik davranışa daha yatkın olan silttaşları ve çamurtaşlarında tabaka düzlemleri belirgin olarak seçilebilirken, kumtaşları kırılğan özellikleri nedeniyle bol eklemli bir görünüm sunmaktadırlar. İTÜ göleti ve civarındaki mevcut tabaka düzlemleri; Şekil 3.4 ile sunulan ve inceleme alanında yayılım sunan kayaç mostralarından alınan ölçüler ile uyum sunmaktadır (Şekil 4.10). Gölet civarındaki tabakaların



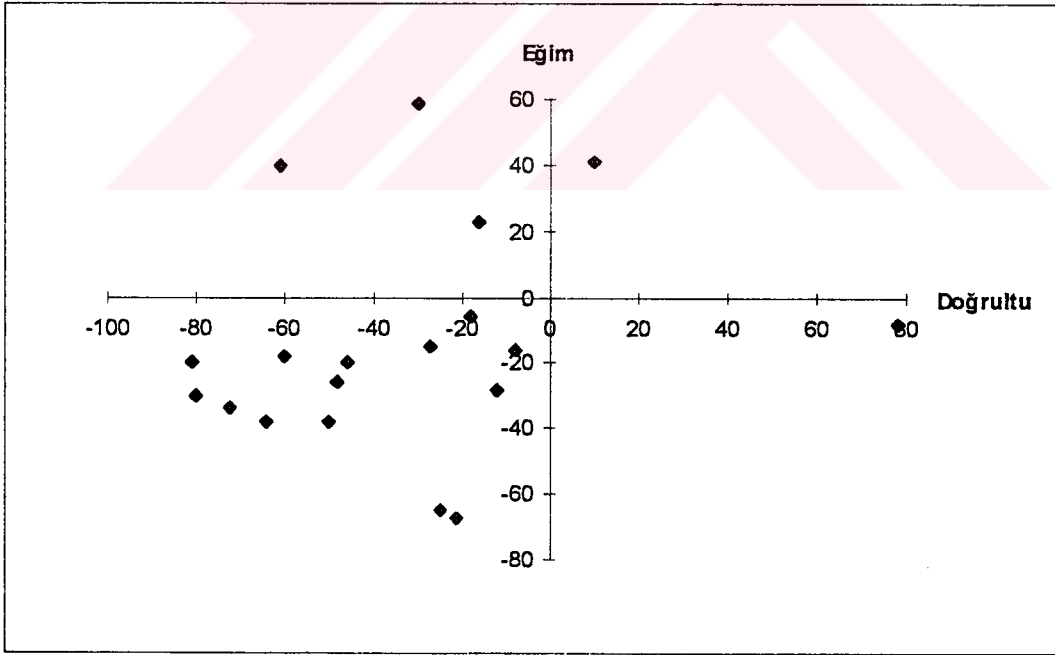
Foto 4.2 : İTÜ göleti dolusavak kazısında kesilen kumtaşı ve silttaşı birimleri



Foto 4.3 : İTÜ göleti sağ sahilinde yüzeylenmiş olan andezit dayk ve silleri ile bunların arasında yer alan yersel faylar.

hakim doğrultusu, inceleme alanında yüzeylenen tüm kayaçların hakim doğrultusu gibi KB doğrultusunda uzanım sundukları ve eğim dereceleri de GB'ya doğru çoğunlukla $30^{\circ} - 35^{\circ}$ ' yi aşmadığından (Şekil 4.10), gerçekleştirilen dolusavak

kazısında vadi içine eğimli olarak bulundukları sağ kesimde herhangi bir stabilite sorunu beklenmemektedir. Sol kesimde ise şevin yüksek açılı yüzeyi dışına eğimli olan birimlerde, içerdikleri sistematik çatlaklar nedeniyle kaya heyelanı, kaya düşmesi ve devrilmesi türünden hareketler gelişmiştir (Foto 4.4 - 4.5). Özellikle kumtaşı birimlerinin yüksek poroziteleri, fay düzlemlerinin milonitik zonları ve çamurtaşı - şeyl kayaçlarının genişleme ve kaymaya olan yatkınlıkları nedeniyle bu birimlerin su ile temasında, sol kesimde mevcut kütle hareketlerinin ilerliyerek artması ve şu an stabil olarak gözlemlenen kesimlerde de gelişmesi mümkündür. Foto 4.6 da dolusavak kazısının 1995 yılındaki, Foto 4.7 de ise aynı yerin 1996 yılındaki durumu görülmektedir. Birimin içerdği yeraltı suyu mevcut çatlaklar ve fay zonları boyunca hareket etmektedir. Göl alanının dolması sonucu su ile temas eden kaya yüzeylerinde oluşacak ayrışmanın içeriye doğru ilerleyerek artması da birimdeki mevcut yeraltı suyunun hareketini ve stabilite üzerindeki etkisini artırabilecektir. Dolayısıyla dolusavak yapısının zarar görmeden uzun süre işlevini sürdürebilmesi için yüzey kaplamasının yapılması gerekli olmaktadır.



Şekil 4.10 : İTÜ göleti ve dolayında yüzeylenen tabakalara ait doğrultu ve eğim değerlerinin kutupsal koordinatta gösterilmesi

Gölet çevresinde mostra veren kaya yüzeylerinde gelişen boyuna çatlaklanma düzlemleri K 20 - 78 B, 50 - 88 GB ve enine çatlaklanma düzlemleri K 53 - 85 D, 40 - 45 GD yönelimli olmakla beraber, bu düzlemler dışında doğrultusu KB eğim

yönü KD ve doğrultusu KB eğim yönü KD - GB olan ve $24 - 87^\circ$ ' ler arasında değişen eğim değerleri sunan boyuna ve enine çatlak sistemleride mevcuttur. İnceleme alanında verevine gelişmiş olan çatlak sistemleri de çoğunlukla $60^\circ - 90^\circ$ arasında değişen eğim derecelerine sahiptirler.

Çatlak ara uzaklıkları değişken olan birimin çatlak açıklıkları çoğunlukla aynı olup 0,1 - 1 mm. arasında değişmekte ve metrede 2 - 9 arasında değişen çatlak sıklığı sunmaktadırlar. Yüzeyleri çoğunlukla düzlemsel olan bu çatlaklar genelde dolgu malzemesi içermemekle beraber yer yer gözlemlenen çatlak dolguları ise killi ve demiroksit sıvalıdır.

Gölet göl alanı içersinde gerçekleştirilen 6 adet SK sondajlarının değişik seviyelerinde 50 adet basınçlı su deneyi yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen değerlere göre, kaya birimlerinin Lugeon değerleri aşağıda Tablo 4.14 de verilmiştir.

Tablo 4.14 : SK sondajlarında gerçekleştirilen basınçlı su deneyi sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m.)	Lugeon (lt/m/dk)	Tanımı	Litoloji
SK - 1	2.80 - 4.30	0.5	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	4.30 - 5.80	0.8	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı (ayrışmış), altta 30 cm. kumtaşı
	5.80 - 7.30	0.5	Geçirimsiz	Kumtaşı, altta 30 cm. kiltaşı
	7.30 - 8.80	0.4	Geçirimsiz	Kiltaşı, altta 10 cm. kiltaşı, silttaşı
	8.80 - 10.30	0.8	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı
	10.30 - 11.80	0.6	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı
	11.80 - 13.80	0.6	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı
	13.80 - 14.80	0.5	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı
	14.80 - 16.30	0.5	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı
	16.30 - 17.80	0.9	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı
	17.80 - 19.30	0.8	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı
SK - 2	13.30 - 14.80	0.9	Geçirimsiz	Kumtaşı
	14.80 - 16.30	1.0	Yarı geçirimli	Kumtaşı
	16.30 - 17.80	3.4	Yarı geçirimli	Kumtaşı
	17.80 - 19.30	0.6	Geçirimsiz	Kumtaşı

SK - 3	5.80 - 7.30	0.9	Geçirimsiz	Üstte 20 cm. kıltaşı, altta ayrılmış andezit
	8.80 - 10.30	0.9	Geçirimsiz	Andezit (ayrışmış)
	10.30 - 11.80	1.7	Yarı geçirimli	Andezit (ayrışmış)
	11.80 - 13.30	1.4	Yarı geçirimli	Andezit (ayrışmış)
	13.30 - 14.80	1.3	Yarı geçirimli	Andezit (ayrışmış)
	14.80 - 16.30	1.4	Yarı geçirimli	Andezit (ayrışmış)
	16.30 - 17.80	1.3	Yarı geçirimli	Andezit (ayrışmış)
	17.80 - 19.30	0.6	Geçirimsiz	Andezit (ayrışmış)
SK - 4	5.80 - 7.30	0.4	Geçirimsiz	Kıltaşı (ayrışmış)
	7.30 - 8.80	0.5	Geçirimsiz	Kıltaşı, altta 30 cm. ayrılmış silttaşı
	8.80 - 10.30	0.4	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	10.30 - 11.80	0.4	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	11.80 - 13.30	0.9	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	13.30 - 14.80	0.7	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	14.80 - 16.30	0.5	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	16.30 - 17.80	0.6	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
SK - 5	17.80 - 19.30	0.7	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	4.30 - 5.80	0.8	Geçirimsiz	Kıltaşı, kumtaşı (ayrışmış)
	5.80 - 7.30	0.5	Geçirimsiz	Kıltaşı, kumtaşı (ayrışmış)
	7.30 - 8.80	0.4	Geçirimsiz	Kıltaşı, kumtaşı (ayrışmış)
	8.80 - 10.30	0.7	Geçirimsiz	Kıltaşı, kumtaşı (ayrışmış)
	10.30 - 11.80	1.0	Yarı geçirimli	Kıltaşı, kumtaşı altta 10 cm. ayrılmış silttaşı
	11.80 - 13.30	0.5	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	13.30 - 14.80	0.6	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	14.80 - 16.30	0.5	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	16.30 - 17.80	0.4	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	17.80 - 19.30	0.5	Geçirimsiz	Kıltaşı, silttaşı (ayrışmış)

SK - 6	3.30 - 6.30	0.2	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	6.30 - 9.30	0.2	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	9.30 - 12.30	0.6	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı (ayrışmış)
	12.30 - 15.30	0.5	Geçirimsiz	Kiltaşı, silttaşı (ayrışmış), altta az ayrışmış diyabaz
	15.30 - 18.30	0.5	Geçirimsiz	Diyabaz (ayrışmış)
	18.30 - 21.30	0.3	Geçirimsiz	Diyabaz (ayrışmış)
	21.30 - 24.30	0.3	Geçirimsiz	Diyabaz (ayrışmış)

Tablodan da anlaşılacağı gibi gölet eksen yeri ve göl alanında yüzeylenen kayalar geçirimsiz olup, su tutmaya yatkındırlar. Bu kesimdeki kayaların dikkat edilmesi gereken önemli özelliklerinden birisi atmosferik etkiler altında ayrışmaya olan yatkınlıklarıdır. Özellikle kumtaşı seviyelerine ait taze kayaç yüzeyleri 1 - 2 ay içerisinde ayrışıp zemin görünümü kazanabilmektedirler. Ayrışma derinliği yüzeysel olan bu kesimlerde ayrışmanın derine doğru ilerleyebilmesi ise ancak yüzeyde gelişmiş yaygın çatlak sistemleri ile mümkündür. Göl alanında yüzeylenen Trakya formasyonuna ait kayaların bu kesimlerinde, kayaların temel zeminine uygunluğu için yapılan fizikomekanik araştırmalar sonucu elde edilen değerler şunlardır ;

Birim Ağırlık : $2.64 - 3.00 \text{ t / m}^3$

Basınç Mukavemeti : $350 - 800 \text{ kg / cm}^2$

Kayma Mukavemeti Açısı : $\phi = 45^\circ$

RQD = %20 - 80, yer yer 0

Lugeon Değeri : 2 lt/m/dk.

Elastisite Modülü : 220000 kg / cm^2

RMR = 20 - 50 (zayıf - orta kaya)

$Q = 0.6 - 1.7$

$K = 10^{-5} - 10^{-7}$

NORM sınıfı = III. - IV. (belirgin süreksizlikli, her yönde etkin parçalanma ve ezilme zonlu, parçalanmış, kıvrımlanmış, iyi sıkışmış ortam) dır. Yapılan değerlendirmeler sonucu ortam geçirimsiz olarak kabul edilmiş ve kalıcı kazı sevi 1/2 (yatay / düşey) olarak oluşturulmuştur. Foto 4.8 de İ.T.Ü. göletinin kuşbakışı görünümü ve oluşturulan kazı sevi görülmektedir. Foto 4.9 ve 4.10 da ise İ.T.Ü.

göletinin sol ve sağ sahili görülmektedir. Foto 4.11 de ise dolusavak sağ duvarında izlenen mangan damarında gelişen faylanmalar gözükmemektedir.

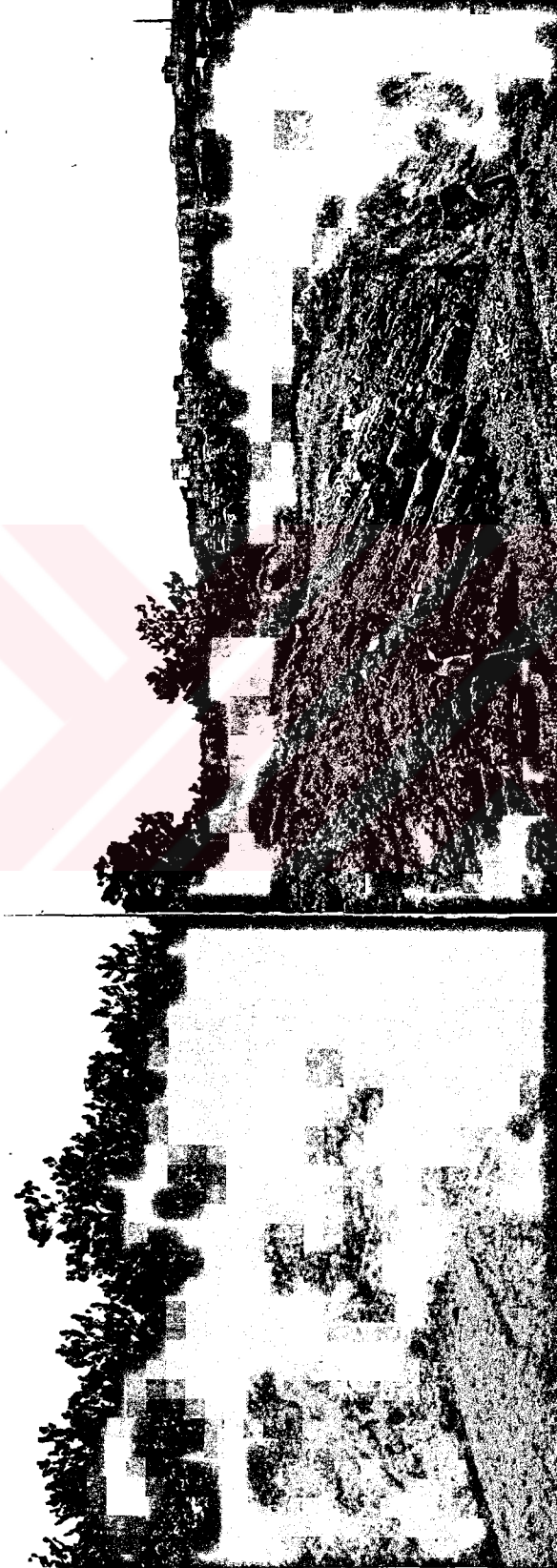


Foto 4.4 : İ.T.Ü. Göleti dolusavak kazısı sol sahilinde gelişen kütle hareketleri

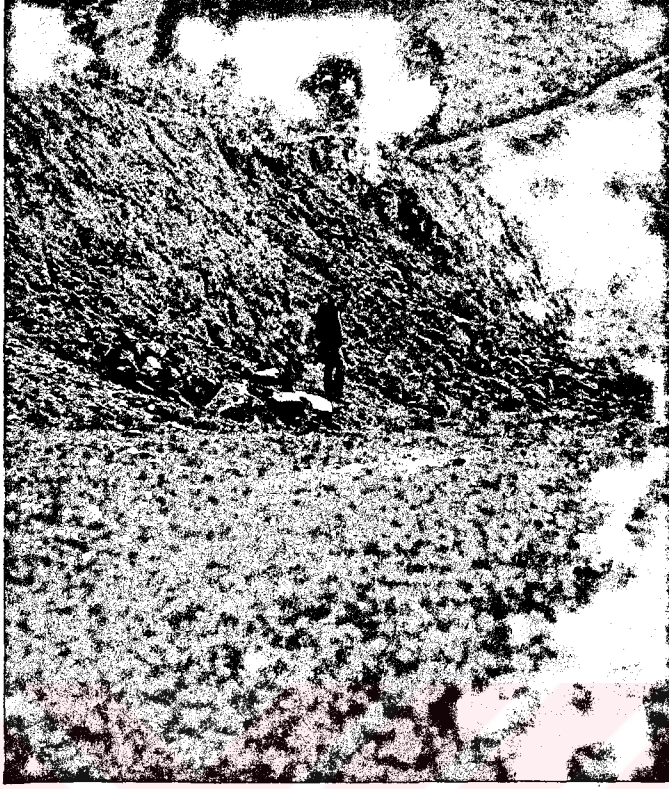


Foto 4.5 : Sol sahilde gelişen kütle hareketinin yakından görünüşü



Foto 4.6 : İ.T.Ü. Göleti dolusavak kazısı (1995 yılı)



Foto 4.7 : İ.T.Ü. Göleti dolusavak kazısı (1996 yılı)



Foto 4.8 : İ.T.Ü. Göletinin kuşbakışı görünümü ve 1/2 oranında oluşturulmuş kazı şevi



Foto 4.9 : İ.T.Ü Gölünün sol sahil kesiminin görünümü

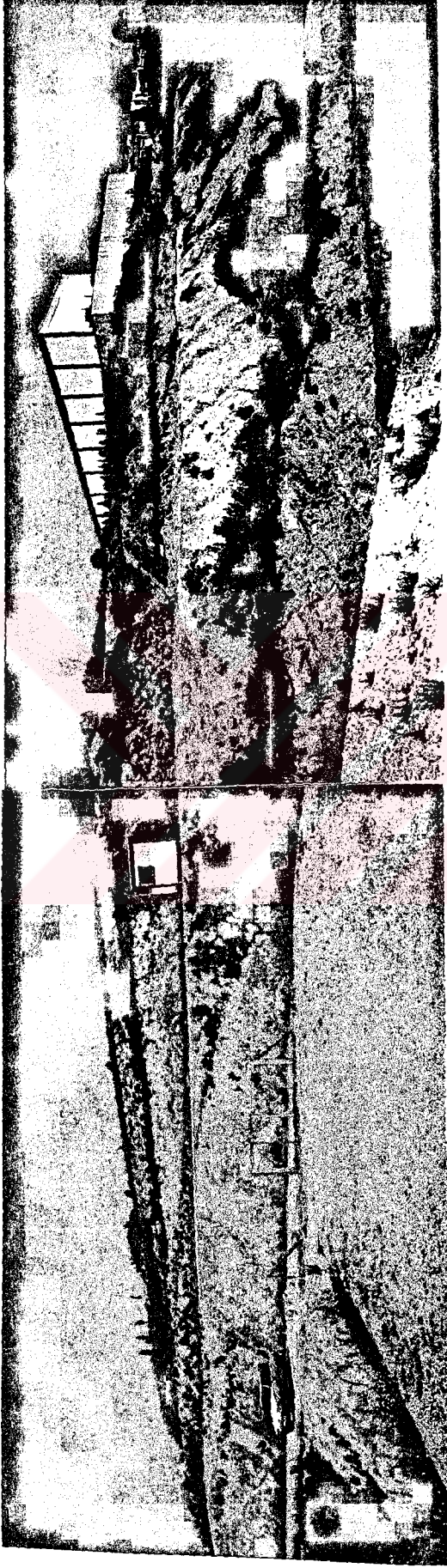


Foto 4.10 : İ.T.Ü Göletinin sağ sahil kesiminin görünümü

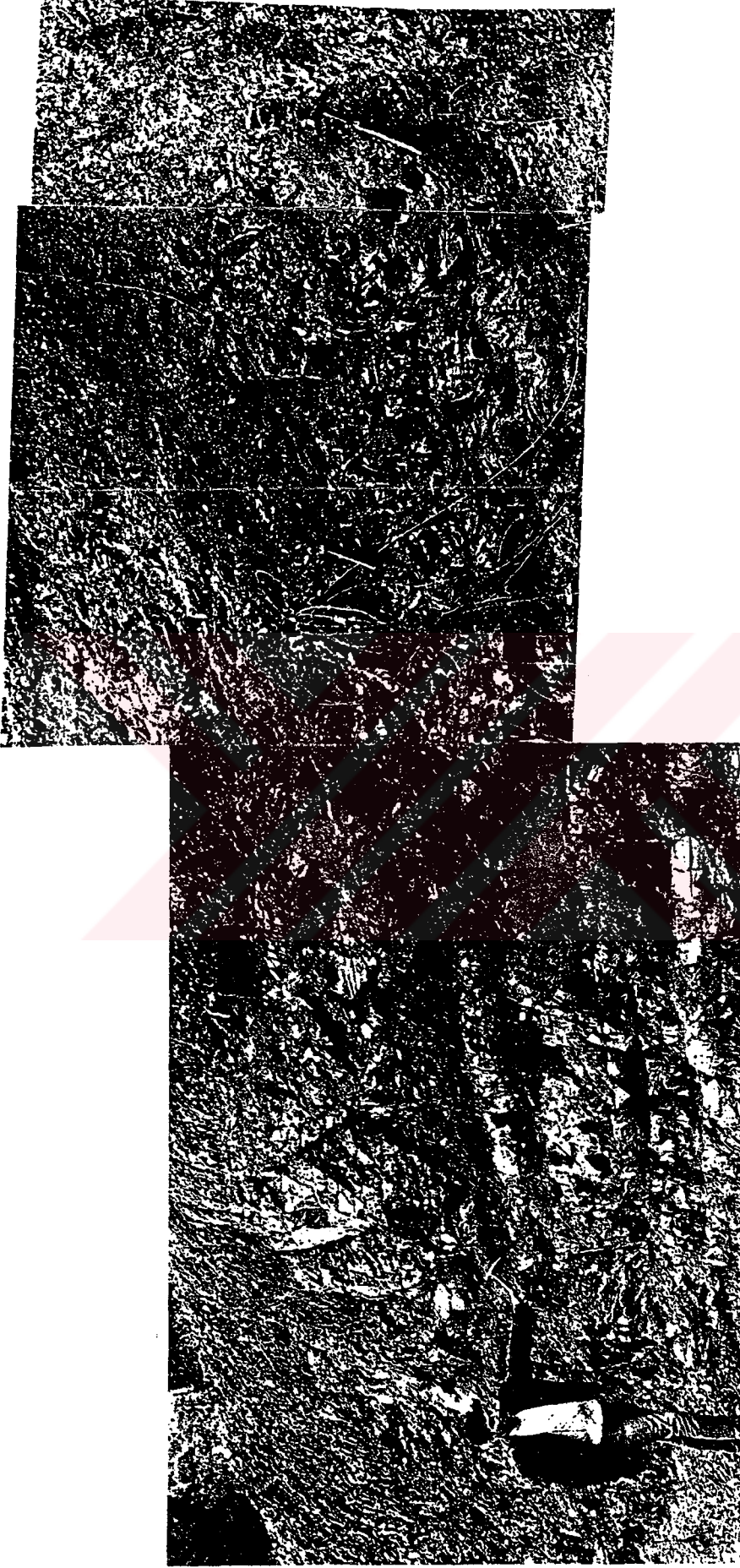


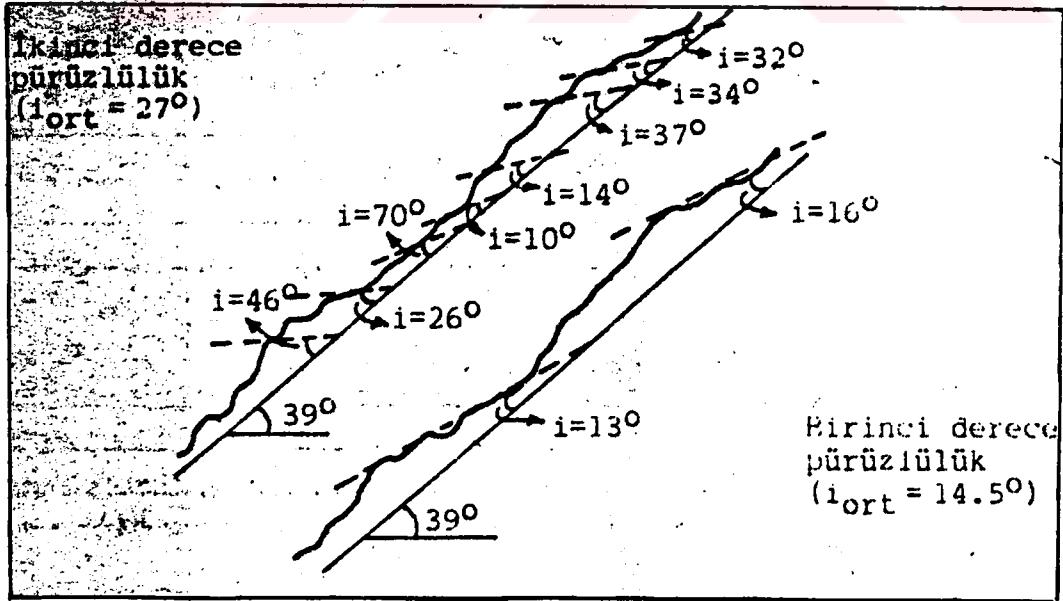
Foto 4.11 : Dolusavak sağ duvarında gözlenen mangan damarı ve gözlenen faylanmalar

BÖLÜM 5. KAYA YÜZEYİ PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

5.1. Giriş

Bütün doğal kaya yüzeyleri çeşitli boyut ve geometride gelişmiş süreksizliklere sahiptirler. Doğada gözlemlenen bu süreksizlikler ise; farklı derecelerde, düzenli ve/veya düzensiz (simetrik ve/veya asimetrik) gelişmiş pürüzler içerirler. Kayaçların ayrılmaz bir ögesi olan süreksizliklerin sıklığı, doğrultu ve eğimleri, açıklıkları kayaçların kesme dayanımını ve duraylılığını etkilediği gibi; basınç direnci, elastik ve fiziksel özellikler üzerinde de etkili olurlar.

Süreksizlik yüzeyi düz, kayma izli, çoğu zaman pürüzlü ve ondüleli, bazende merdivemsi olur. PATTON süreksizlik yüzeylerindeki pürüzlülüğü birinci ve ikinci derece olmak üzere iki grupta toplamıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 : Birinci ve ikinci tip süreksizliklerin görünüşü (PATTON 1966)

Burada süreksizlik yüzeyindeki ana ondülasyon birinci derece, küçük girinti ve çıkıntılar ise, ikinci derece pürüzlülük olarak isimlendirilmiştir.

5.2 Kaya Yüzeyi Pürüzlülüğünün Ölçülmesi İçin Geliştirilmiş Çeşitli Yöntemler

Kaya yüzeylerinde süreksizliklere ait pürüzlülükler nitel veya nicel olarak tanımlanabilmektedirler.

Nitel tanımlamalarda pürüzlülük; küçük veya orta ölçekli gözlemlere dayalı tanımlayıcı terimlerle ifade edilmektedir (Bkz. Bölüm : 4.2.4).

Pürüzlülüğün nicel olarak tanımlanmasında; süreksizlik kesme dayanımı için önceden faydalı bilgilerin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Pürüzlülük; bir çizgi boyunca profil olarak veya bir yüzey üzerinde araştırılır. Profil araştırmalar olası kayma yönü boyunca gerçekleştirilirken, yüzey pürüzlülüğü araştırması olası kayma yönünün belirtilerini tanımlayıcı niteliktedir.

Bir profil boyunca potansiyel (olası) kayma yönünde ölçülecek pürüzlülükte, pürüzlülüğe ait dışların h yükseklikleri eksen boyunca sabit aralıklar ile çeşitli noktalarda ölçülmektedirler. Bu ölçüm için yaklaşık 50 nokta önerilmektedir (WITTKE, 1990).

Doğada pürüzlü yüzeyler, çeşitli yüzey pozisyonlarında; pusula ve klinometre ile çeşitli çaplı diskler kullanılarak, küçük boyutlu pürüzlülüklerin yönelim ve eğimleri tanımlanarak araştırılabilir. Her bir pürüzlülüğe ait eğim yönelimi ölçümleri, süreksizlik düzlemine ait pürüzlülük yöneliminin eğilimini tanımlayabilmek amacıyla eş alan kutuplu projeksiyona işaretlenir.

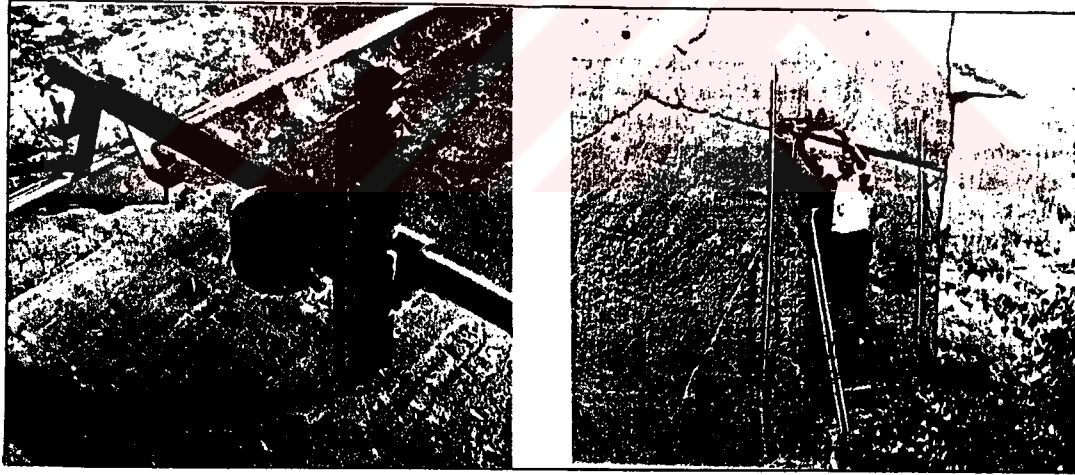
Yüzeye ait pürüzlülüğün haritasını konturlamak ve yüzeydeki çeşitli noktaların koordinatlarını temin edebilmek için fotogrametrik yöntemlerde alternatif olarak uygulanmaktadır.

Mekanik profilometre ile laboratuvar boyutunda pürüzlülük profilleri dijitlenebilmektedir (WEISSBACH, 1978 ; SWAN, 1981). Alternatif olarak daha sofistike teknik gerektiren kapalı alan fotogrametri ve stereo - dijitalyazır kullanılmaktadır (MILLER vd., 1989).

5.2.1. Pürüzlülüğün Profilograf İle Ölçülmesi

Çatlak düzlemlerinin pürüzlülük profillerini 2,5 - 200 cm. uzunluklar boyunca ölçüp kaydedebilen bir ölçüm aleti olan profilograf FECKER ve RENGERS (1971) tarafından geliştirilmiştir.

Küçük boyutlu pürüzlülükler optik olarak stereomikroskop ile ölçülürken, büyük boyutlu pürüzlülükler profilograf kullanılarak mekanik olarak ölçülmektedir (Şekil 5.2).



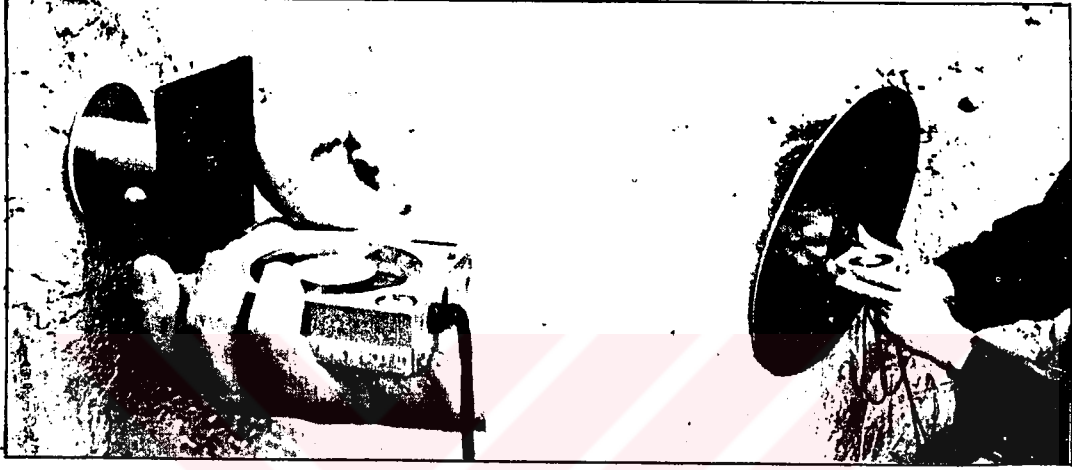
Şekil 5.2 : Profilograf kullanarak süreksizlik ölçümü

Pürüzlülüğün mekanik ölçümüne dayanan profilograf ile ölçüm yapılması hem zaman alması hem de özel ekipman gerektirmesi nedeniyle aynı yazarlar tarafından

CLAR pusulası ile çeşitli çaplarda diskler kullanarak dalgalılık olarak tanımlanabilecek büyük çaptaki pürüzlülükleri ölçme tekniği geliştirilmiştir.

5.2.2 Pürüzlülüğün Pusula İle Ölçülmesi

Pürüzlülük açısının doğru olarak ölçülmesine olanak tanıyan bu sistem; kaya yüzeyi üzerinde kapağına 5,5 - 11 - 21 ve 42 cm. çaplı diskler yerleştirilmiş bir Clar pusulası ile yüzey ondülasyonunun (diskin) yönelimini ölçmekten oluşmaktadır (Şekil 5.3)



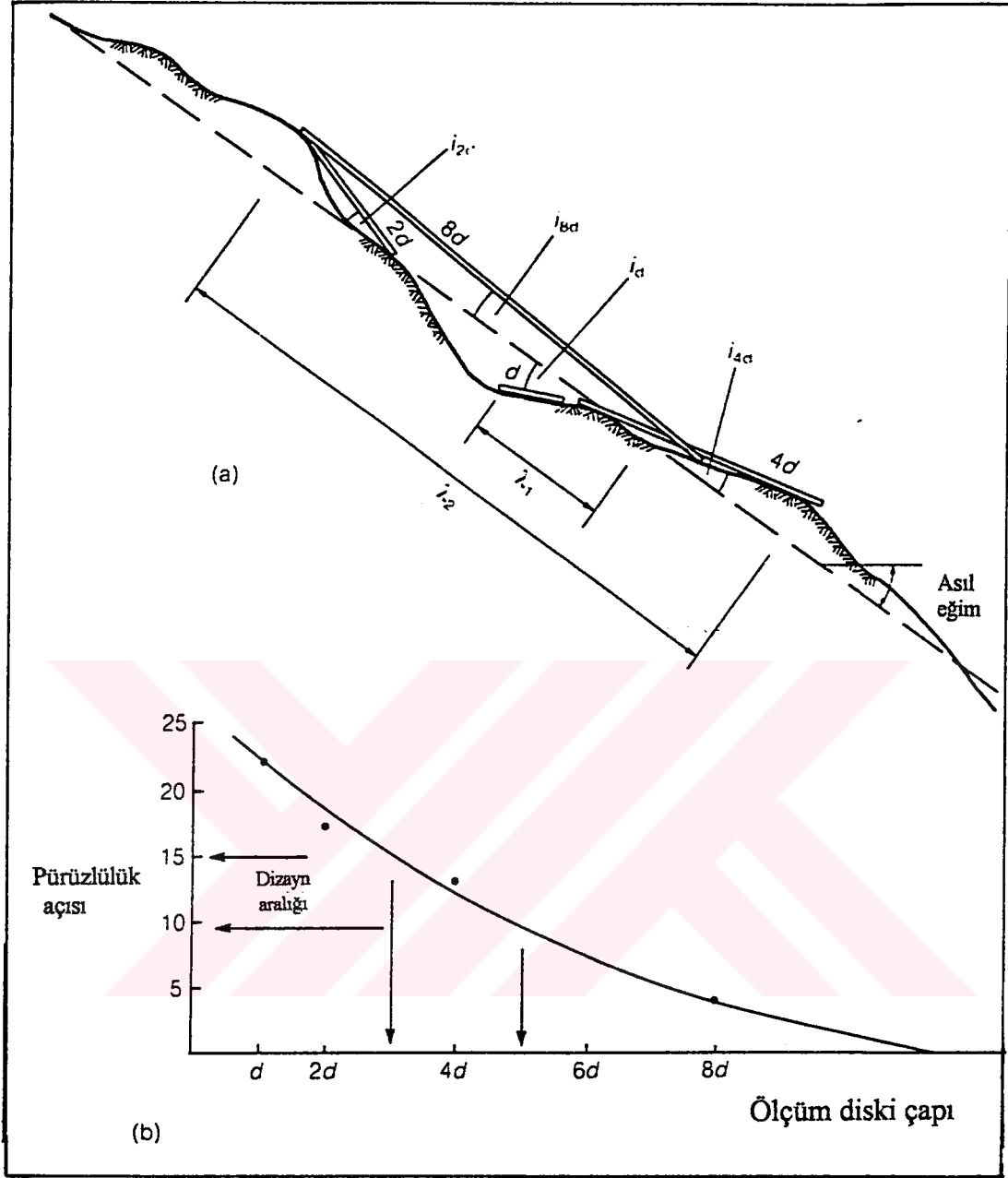
Şekil 5.3 : Pürüzlülüğün Clar pusulası ve farklı çaplı diskler kullanarak ölçülmesi

Ölçüm diskinin çapı değiştirilerek pürüzlülük ve de dalgalılığın tayini mümkün olmaktadır. Eger büyük disk çapı pürüzlü kırığın dalgalanması ile aynı boyutta ise, ölçülen yönelim çatlak yüzeyinin ortalama yönelimine eşit olacaktır.

Bununla beraber; küçük çaplı diskler yüzeye ait küçük dalgalanmalar ile düzensiz uzanımlı olacağından yönelim ölçümünde dağılım göstereceklerdir (Şekil 5.4).

Şekilden de anlaşılacağı gibi; küçük çaplı diskler kullanılarak ölçülecek pürüzlülük açısı büyük değerler olarak okunacak, ölçüm diskinin çapının artırılması ile daha küçük açıda pürüzlülük okunacak ve giderek yüzey ondülasyonuna ulaşılacaktır.

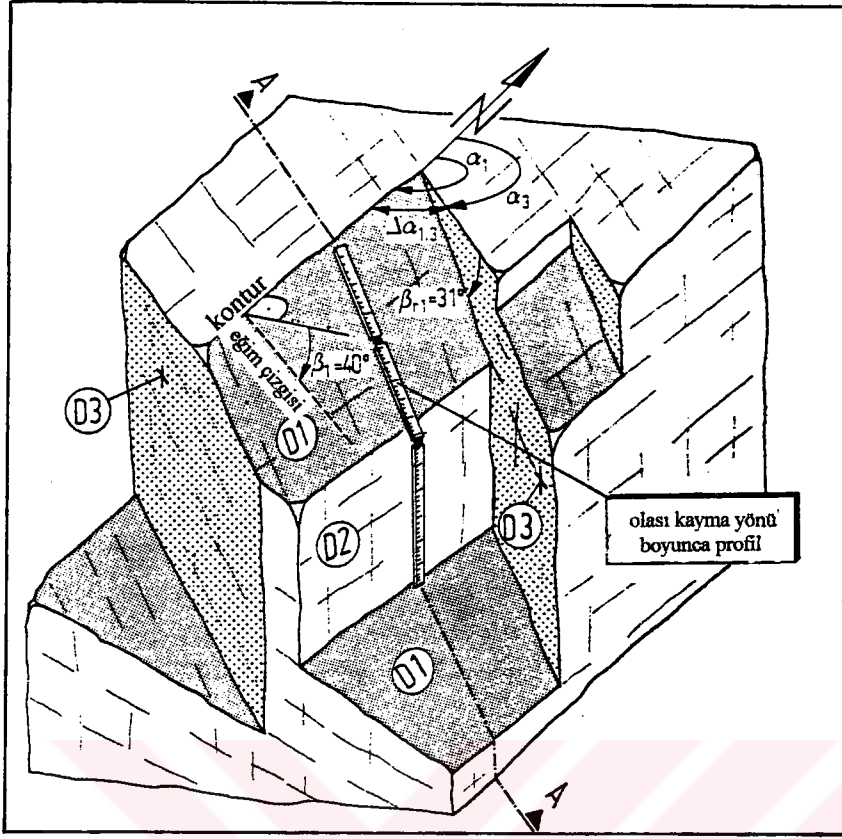
Pürüzlülüğe ait yönelim ölçümleri eşit alanlı stereonet üzerine işaretlenirse kutuplardaki ana yönelime ait dağılımın derecesi pürüzlülüğün ölçüsü olacaktır.



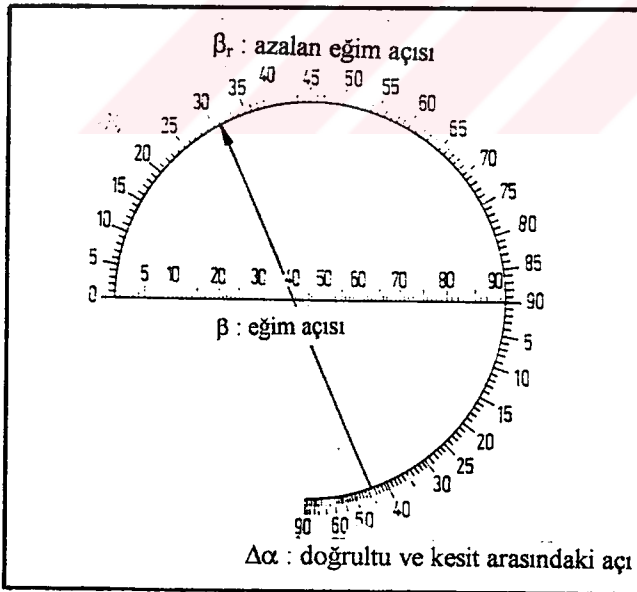
Ş 5.4 : Yüzey pürüzlülüğünün farklı çaplı diskler kullanarak jeolojik pusula ile ölçülmesi a) Farklı çaplı diskler ile eğimin ölçülmesi b) Pürüzlülük ölçümleri ve disk çapları arasındaki ilişki.

5.2.3 Pürüzlülüğün Cetvel İle Ölçülmesi

Kaya yüzeylerine ait mümkün kayma yönündeki dalgalılık ve pürüzlülüğün ölçülmesi için kaymanın olası yönelimindeki uygun yüzey profilleri, süreksizlik üzerine konulan katlanır cetvel yardımı ile ISRM nin önerdiği görüşler



Şekil 5.6 : Olası kayma yönü boyunca lineer yüzey profillerinin pozisyonu (Wittke)



Şekil 5.7 : Azalan eğim açısını tanımlayan nomogram.

arasında kalan açıyı temsil ettiğinde, eğimin azalan açısı β_r Şekil 5.7 deki dairesel nomogram kullanılarak β ve $\Delta\alpha$ 'dan grafiksel olarak tanımlanabilir. Şekil 5.6 da $\beta_1 = 40^\circ$ ve $\Delta\alpha_{1,3} = 45^\circ$ olursa $\beta_{r1} = 31^\circ$ olur.

5.3 Kaya Yüzeyi Pürüzlülüğünün Görüntü Analiz Yöntemi İle Değerlendirilmesi

Günümüze kadar kaya yüzeylerine ait süreksizliklerin pürüzlülüğünün tanımı için çeşitli araştırmacılar değişik çalışmalarda bulunmuşlardır. Fakat yapılan bu çalışmalara rağmen süreksizlik yüzeylerinin matematiksel tanımlaması tam anlamıyla başarmamıştır.

Tanımlamadaki mevcut şüpheler nedeniyle günümüzde araştırmacıların çoğu süreksizlik yüzeylerini arazide ISRM'nin önerdiği terminolojiden (Bkz. Bölüm: 5.2.3) yararlanarak ölçmekte ve bunları standart profiller ile karşılaştırmaktadırlar (Bkz. Bölüm: 4.2.4).

Yapılan çalışmanın bu kısmında; mermerlerin yüzey parlaklığını ölçmek için İTÜ Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalınca geliştirilen görüntü analiz yöntemi kullanılarak süreksizliklere ait bir tanımlamaya gidilip gidilemeyeceği araştırılmıştır.

Görüntü analiz yönteminde görüntüsü işlenecek olan cismin, sistemin bulunduğu ortamda olması gerektiği için, arazide; inceleme alanının özelliklerini temsil edebilecek süreksizlik yüzeylerine sahip bir kaya mostrasının kalıbı alınmıştır. Alınan bu kalıp laboratuvarında süreksizliğin yüzey ondülasyonunu bozmayacak şekilde 8*200 cm. ebatlarında MDF' den hazırlanmış içi alçı dolu bir kalıba yerleştirilmiştir. Alçının katılarak prizini kazanması sonrası kaya yüzeyine ait süreksizliğin görüntü analiz değerlendirilmesi yapılmıştır.

5.3.1 Arazide Kaya Yüzeyinin Kalıbının Alınması

Kaya yüzeyi kalıplarının arazide, başarılı bir şekilde alınarak laboratuvara getirilmesi, çeşitli amaçlı model çalışmalar için vazgeçilmez bir zorunluluktur. Çalışmanın doğruluğu, araziden getirilen kalıbın laboratuvarında alındığı yüzeyi bire bir yansıtabilecek şekilde, yeniden oluşturulmasındaki başarısı ile yakından ilişkilidir. Doğada gözlemlenen kaya yüzeyinin bir kopyasının, laboratuvara bu

şekilde taşınmasından sonra; yapılacak çalışmanın amacına yönelik bir sistem kurularak çalışmalar sürdürülebilir.

Açıkça anlaşıldığı üzere bu tür bir çalışmanın ilk ve vazgeçilmez şartını arazideki kaya yüzeyi kalıbının uygun bir malzeme kullanarak çıkarılması almaktadır. Burada yapılması gereken, istenilen amaca hizmet edebilecek bu malzemenin tespiti.

Çalışmanın bu evresinde; İTÜ Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Kaya Mekaniği - Malzeme Jeolojisi Laboratuvarında pürüzlü yüzeye sahip bir kaya bloğu örneğinin üzerinde alçı, çimento vs. gibi malzemelerden başlayarak çeşitli türden malzemeler denenmiştir. Tatbik edilen bu malzemelerin kaya yüzeyinde katılaştıktan sonra; yüzeyden sorunsuzca sökülüp alınabilmesi, sökülen bu malzemenin kalıbını almış olduğu yüzeyin şeklini tam olarak yansıtıp yansıtmadığı, eğer yüzey kalıbı bire bir alınabilmiş ise kullanılan bu malzemenin doğadaki bir kaya yüzeyi üzerinde istenilen veya hangi boyutlarda uygulanabileceği, arazide alınan bu kalıbın laboratuvara sorunsuzca ve de zarar görmeden nakliyesinin mümkün olup olmadığı, laboratuvara getirilen bu kalıbın üzerinden yeni kalıpların alınıp alınmayacağı, eğer kalıp yüzeyi üzerinden yeni kalıplar alınabiliyorsa bu işlem sadece orjinal kalıp malzemesinden mi, yoksa başka bir malzeme ile mi laboratuvara getirilmiş olan kalıp üzerinden alınabiliyor ? Gibi soruları cevaplıyacak bir araştırmaya girişilmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda piyasadaki genel grup adı olan Lateks ismi ile bilinen ve sanayide, küçük - orta boyutlu işletmelerde çeşitli amaçlar için kalıp alımında da kullanılan süt görünümlü, kimyasal ismi Polibütadien olan polimer bazlı bir çeşit lateks'in, araştırmanın amacını oluşturan sorular karşısında istenilen hedefe uygun olduğu tespit edilmiştir.

Bitki sütü olarakta bilinen lateks; sütleğen, marul, kırlanğış otu vb. bitkilerin "süt borusu" denilen kanallarındaki sütlü sıvıdır. İçinde çok sayıda çekirdek bulunan bu sıvı; nişasta, diyastaz, alkaloit ve hidrokarbonlarca zengin bir protoplazmadır. Latekslerin bileşimi tamamıyla sütlü bileşimine benzemektedir ve

latekslerde süt gibi ancak hafif alkali haldeyken kararlı olabilmektedirler.

Lateksler açık havada bırakıldığı zaman, içindeki yuvarlar bir araya toplanır ve bunun sonucu olarak pıhtılaşır. Kauçuk, gtaperka, laka aslında birer pıhtılaşmış latekstir.

Ticari olarak sıvı şekilde satılan lateksi kullanarak arazide mostra sunan bir kaya yüzeyine ait süreksizliğin kalıbı şu aşamalarla alınmaktadır;

Öncelikle yapılacak çalışmanın amacına uygun bir kaya yüzeyi seçilmelidir. Bu çalışmada İTÜ Maslak kampüs sahasında geniş bir yayılım sunan Trakya formasyonuna ait kayaların süreksizlik özelliklerini temsil edebilecek bir kaya yüzeyinin kalıbı alınmıştır. Seçilen yüzeyin kalıbının sağlıklı alınabilmesi ve kalıbın, kayaç yüzeyinin tüm özelliklerini yansıtabilmesi için, kalıbı alınacak yüzeyin temiz olması gerekir. Bu amaç için yüzeye zarar vermeyecek şekilde yumşak tüylü bir fırça ile yüzeyin tozları alınmalı ve daha sonra yüzey su ile yıkanarak tamamen temizlenmelidir. Bu şekilde temizlenen yüzeyin kuruması beklendikten sonra yüzey tekrar yumşak tüylü fırça ile temizlenmelidir.

Kaya yüzeyinde gerçekleştirilen tüm bu aşamalardan sonra artık tamamen temizlenmiş olan yüzeyin kalıbı alınabilir. Bunun için; temizlenen bu yüzeye biraz lateks dökülerek akan sıvı bir fırça ile istenilen amaca uygun boyutlarda, kaya yüzeyi üzerine sürülür. Fırça ile yüzeye tatbik edilen sıvının kuruması esnasında, fırça tiner bazlı bir çözücüde bırakılır. Bu işlemi yapmaktaki amaç lateks sıvısını kaya yüzeyine sürerken fırçanın tüyleri arasına yerleşen lateksin atmosfer teması sonucunda katılaşarak fırçanın tüylerini birbirine yapıştırıp fırçanın bir daha kullanılamayacak bir şekil almasını önlemektir. Sürüldüğü kayanın yüzeyinde, atmosfer etkisinde kalarak kuruyan lateks üzerine bir veya iki kat lateks daha sürlrek kuruması beklenilir. Kuruyan lateks üzerine ikinci kat lateksi sürerken fırçanın tüylerinin stp veya kuru temiz bir bez ile silinerek tinerden arındırılması gereklidir. Lateksin sürülmesi neticesinde fırça tekrar tiner ile temizlenir. İkinci kat lateksin kuruması sonunda gerekli ise yeni bir kat lateks daha kurumuş olan sıvının üzerine srlrek kuruması beklenilir.

İkinci veya üçüncü kat (gerekli ise) lateksin de kurumasından sonra yeni bir kat lateks daha sürülüp bu kez sıvının katılaşması beklenmeden üzerine, daha önceden alınması düşünülen kalıp boyutlarında hazırlanmış olan telis, kaya yüzeyinin en ince ayrıntısını içerecek şekilde serilir. Kaya yüzeyine serilen telisin süreksizliğe ait pürüzlülüğün tüm detaylarını içermesi için telis yüzey alanı boyunca kaya üzerine elle iyice yedirilir. Bu aşamadan sonra telis üzerine bolca lateks dökülür ve sıvı, telis yüzeyine elle tatbik edilir. Telisin içersine nüfus eden lateksin tamamen kuruması beklenilmeden aynı yüzey üzerine tekrar lateks dökülüp elle yüzeye yedirilir. Yeni sürülen bu sıvı üzerine hiç vakit kaybetmeden ikinci kat telis yerleştirilir. Yerleştirilen bu telisin, kaya yüzeyinin tüm detayını bir önceki kadar başarı ile alması, kaya yüzeyi ile kendi yüzeyi arasında mevcut başka yüzeyler nedeniyle tam olarak mümkün değildir. Serilen bu ikinci kat telis üzerinede lateks dökülerek aynı işlemler tekrarlanır. Dört veya beş kez tekrarlanan bu işlem sonucunda her yeni telis katmanı bir önceki telisin içerdği daha detaydaki ondülasyonları aradaki telis yüzeylerinin varlığı nedeniyle içermeyecektir. Son kat telis yüzeyinin üzerine lateks sıvısı sürülmez ve daha önce sürülmüş olan sıvıların tamamen kuruması beklenilir. Kuruma tamamlandıktan sonra telislerden tutulup, kaya yüzeyine sürülen sıvı çekilerek kaldırılır. Artık istenilen boyutlarda, tatbik edildiği yüzeyi bire bir temsil edebilen bir kalıp elde edilmiştir.

Kalıp alma işlemi sırasında telis kullanılmasının zorunluluğu; kaya yüzeyinin en ince detayına bile kolaylıkla temas edip, katılaştıktan sonra onun şeklini alabilen lateksin, kaya yüzeyinden kaldırılınca yüzeye ait mevcut ondülasyonu koruyamaması nedeniyledir. Yüzey üzerine 2 veya 3 kat tatbik edilen lateks, en ince ayrıntısına kadar kaya yüzeyinin tüm pürüzlülüğünü içermektedir. Bu pürüzlü yüzey üzerine lateks sıvısı ile yapıştırılan birinci kat telis, lateks sıvısının esnekliği nedeniyle koruyamadığı yüzey ondülasyonunun sağlanmasını amaçlamaktadır. Kaya yüzeyinin ondülasyonunu ve daha ince detayda gelişmiş olan pürüzlerinin şeklini alabilen, bu ilk kat telisin üzerine bol miktarda dökülerek, telisin üzerine serildiği lateks ile temas etmesi için elle telise yedirilen lateks sıvısı telisin gözeneklerinde katılaşarak onun almış olduğu kaya yüzeyi ondülasyonunu ve pürüzlülüğünü korumasını sağlamaktadır. İkinci ve serilen diğer telis katları ise koruyucu bir kabuk görevi görmektedirler.

Bu şekilde hazırlanan bir kaya yüzeyine ait kalıp; lateks sıvısının esnekliği sayesinde kıvrılıp, bükülebilmekte ve hatta dairesel olarak sarılabilmekte fakat telislerin mevcudiyeti nedeniyle içerdiği kaya yüzeyin ondülasyonundan birşey kaybetmemektedir.

Büyük bir kolaylıkla nakliyesi de gerçekleştirilebilen bu yüzey kalıbının, laboratuvarında altının beslenmesi ve kaya yüzeyine ait tüm ondülasyonun şekillendirilmesi gereklidir. Bunun için yapılması gereken işlemler ise; ilkin lateks kalıp bir yatay düzlem üzerinde tamamen açılarak yüzeye serilir (Foto 5.1), arazide kaya yüzeyi üzerine lateks sürülürken, istenilen boyutların dışına taşacağı için, amaçlanan hedef boyutlarda kenarları traşlanır. Daha önceden belirlenmiş olan boyutlarda, su ile temas ettiğinde şişmeyen bir malzeme olan MDF'den hazırlanmış tahta kalıp içersine bol su ile hazırlanmış ve henüz katılaşmamış sıvı haldeki alçı süspansiyon dökülür. Süspansiyon tabandan itibaren koyulaşmaya başlayıp krem kıvamını alırken henüz sıvı olarak bulunduğu üst kesime, lateks kalıp, kaya yüzeyinin ondülasyonu korunarak, itina ile tahta kalıbın yan yüzü (eni) sıfır düzlemi olarak yerleştirilir. Bu esnada lateks kalıbın kazanmış olduğu ondülasyona bağlı olarak çukur da kalan kesimlerinde, sıvı haldeki alçı süspansiyonu taşacaktır. Taşan bu fazlalıkların lateks yüzeyinde yer alan kaya yüzeyine ait pürüzlerde katılaşmasına fırsat vermemek için temizlenmesi gerekir. Lateks kalıbının sıfır düzlemine göre içerdiği yükseklikler ise katılaşmaya başlamış olan krem kıvamındaki alçı ile alttan besleneceği için herhangi bir sorun ile karşılaşılmadan desteklenecektir. Tüm bu işlemler sonunda lateks kalıp arazide alınmış olduğu kaya yüzeyinin kalıbını tüm pürüzleri ve ondülasyonu ile koruyacak şekilde, altı doldurularak pekiştirilmiş olur.

Artık araziden alındığı kaya yüzeyini bire bir olarak yatay düzlemde yansıtmakta olan lateks kalıbı ile istenilen amaçlar doğrultusunda her çeşit model deney veya kaya yüzeyi ile ilgili araştırmalar yapmak mümkündür.

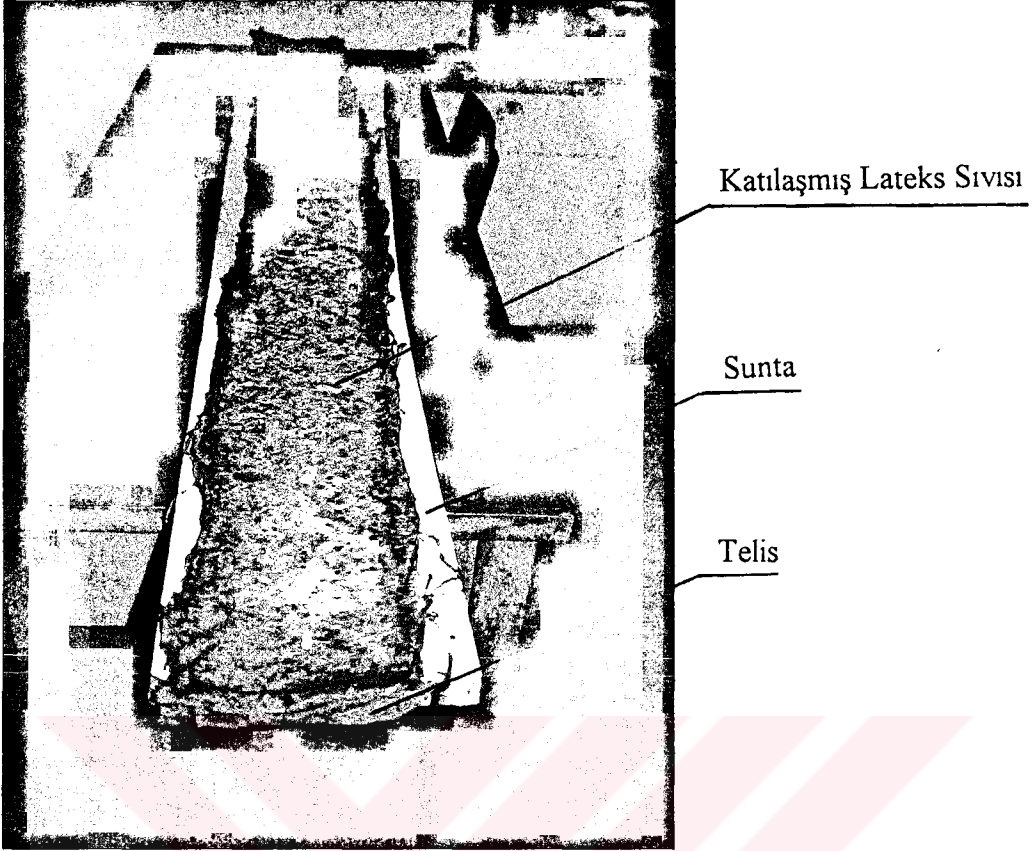


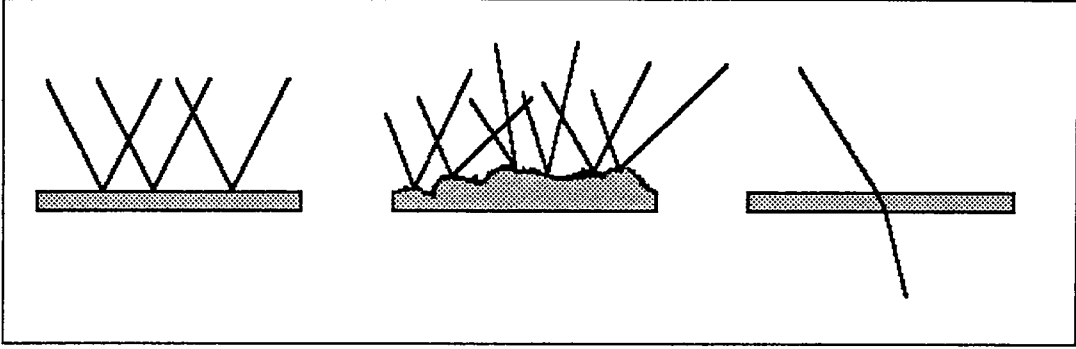
Foto 5.1 : Kaya yüzeyinden alınmış lateks kalıp.

5.3.2 Süreksizlik Kalıbının Görüntü Analiz Yöntemi İle İncelenmesi

Laboratuvarda yatay düzlem üzerine taşınmış olan kaya yüzeyinin, süreksizliğe ait özellikleri; bu kısımda görüntü analiz yöntemi ile araştırılmış ve image process olarak ta bilinen görüntü işleme ile, kaya yüzeyinin alansal pürüzlülüğü tanımlanarak pürüzlülüğü hakkında somut bir sonuca gidilip gidilemeyeceği aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Image process genel anlamıyla görüntü işleme yöntemidir. Bir yüzey ancak üzerine düşen ışık ışınlarını yansıttığı müddetce görülüp, görüntülenebilir. Bir yüzey üzerine düşürülen ışık demeti, yüzey düzlem ise; gelen ışınları aynı açıda geri yansıtır. Pürüzlü yüzeyler üzerlerine gelen ışığı değişik açılarda dağıtırlar. Saydam cisimler ise; ışığı kırarak ışık ışınının, yüzeyde belli bir açı ile eğilip ilerlemesine

(kırılma) neden olurlar (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Işığın değişik yüzeyler üzerinde yansıması ve kırılması.

Aydınlatılmış yada kendiliğinden parlayan nesneler, doğrular halinde her yöne ışık ışınları yayarlar. Bir nesnenin aynı noktasından gelen iki ışık ışını çakıştığında görüntü belirir. Işınlar kırılmadan birbiri ile kesişemeyeceğinden, görüntü kendiliğinden ortaya çıkamaz; ama bir mercekle bu işi yapabilir. Işınlar hangi yönden gelirse gelsin dışbükey mercekten geçerken yakınsallaşırlar, içbükey mercekten geçerken ıraksallaşırlar. Bu yüzden dışbükey mercekler ışınları birleştirerek gerçek görüntüyü oluştururlar. Net bir görüntünün eldesi için ışınların tam olarak kesişmeleri gerekmektedir, buna görüntü odağının tam ayarlı olması denilir. Fotoğraf makinası, video kamera veya projektörle elde edilen bu tür bir görüntü gerçek görüntüdür.

Pürüzlü herhangi bir yüzeyden benzer şekilde alınacak bir görüntü de, sahip olduğu ondülasyona ve yüzeyin pürüzlülüğüne bağlı olarak, üzerine düşen farklı dalga boylarında yansıyacak ışınlar farklı parlaklık değerleri sunacaklardır. Burada karşılaşılabilecek tek problem; aynı noktadan çıkacak olan ışınların yüzey üzerine düştükten sonra, düzensiz yansımaları sonucu oluşacak ışık ışını girişimi ve buna bağlı olarak olması gerekenden farklı parlaklık değerlerinin, incelenmekte olan yüzeye ait görüntü için okunması olacaktır. Bu sorun ancak paralel ışık demeti kullanılarak çözümlenebilir. Bu şekilde ışık ışınlarının girişimi önleneneğinden, ışık kaynağından gelen ışın demetleri çarptıkları pürüzlü yüzeylerin yükseltilerine göre farklı boyutlarda gerçek gölgelenmeleri oluşturacaklardır. Siyahın değişik tonlarında gerçekleşecek olan bu gölgelenmeler bir kamera yardımı ile tespit edilip,

sayısal olarak ifade edilebilirse pürüzlülüğe bağlı görüntü analizi gerçekleştirilmiş olur.

Diğer bir anlatımla; yüzey parlaklığının sayısal ifadesi demek olan bu yöntem, çeşitli malzemeler üzerinde başarı ile uygulanmaktadır.

Fizik ve kimya konuları ile uğraşan araştırmacılar 1936 yıllarından beri, çeşitli metaller, kağıt, plastik, boyalı ve de bir madde ile kaplı yüzeyler üzerinde denemeler yapmışlar ve parlaklığın sayısal hale getirilebilmesi için çeşitli düzenekler geliştirmişlerdir.

Bu çalışmalar 1978 yılında ASTM tarafından derlenerek, “Gonyofotogrometri İle Yüksek Derecede Parlak Yüzeylerin Parlaklığının Ölçülmesi” (ASTM E 430) adıyla, bir deney yöntemi olarak yayınlanmıştır.

Malzeme parlaklığı ile ilgili çalışmaların bir standart altında toplanmasından sonra değişik malzemelerde parlaklık ölçümleriyle ilgili yeni standartlar 1978 - 1982 yılları arasında yayınlanmıştır. Porselen, kağıt, fiber panelleri, boyanmış yüzeyler ve vernikli yüzeyler üzerinde yapılmış bu ölçümlerden kalite kontrol aşamasında yararlanılmaya başlanılmıştır.

1989 yılında yayınlanan “Göreceli Parlaklığın Ölçülmesi İçin Test Metodu” (ASTM D 523) isimli standartta parlaklık ölçümlerinin bir referansa göre yapılmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Standarta göre seramik plakalar, opak, cam gibi üniform ve sert, kağıt gibi homojen yapıdaki yüzeyler; kalibrasyon için standart olabilmektedir. ASTM D 523’de; ölçüm yapılan malzemenin en parlak örneğinin referans olarak alınmasının uygun olacağı belirtilmişse de; kırılma indisi $n = 1,567$ olan, düz siyah camlar ölçüm kalibrasyon referans malzemesi olarak kabul edilmiştir. Tanımlanan bu referans camın, özelliklerini uzun süre koruyamaması sorunundan dolayı aynı standartta, kırılma indisi belli olan herhangi bir camın düzeltme faktörü uygulanarak kullanılabileceği vurgulanmıştır.

ASTM’ye göre; referans camın kırılma indisi ile parlaklık değeri doğru orantılıdır

ve ölçümün geometrisine göre farklılıklar sunacaktır. Örneğin 20^0 lik geliş açısıyla gerçekleştirilen bir ölçümde, referans cama göre; kullanılan camın kırılma indisindeki 0,001'lik bir artış, parlaklıkta 0,27'lik bir artışa karşılık gelir. ASTM D 523'de bir cismin parlaklığının ölçülmesi için; ışığın yüzey üzerine ya doğrudan yada bir başka cisimden yansıtılıp parlaklığı ölçülecek yüzey üzerine dolaylı olarak düşürülerek ölçümün yapılabileceği belirtilmiştir.

Günümüzde ASTM D 523'ün önerdiği standartlar dikkate alınarak geliştirilmiş çeşitli parlaklık ölçüm sistemleri mevcuttur. Bu sistemlerden birisi; cilalanmış mermer yüzeylerinin parlaklık derecelerini ölçmek için İTÜ - MJKM çalışma grubu tarafından Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalınca geliştirilmiştir. Sistem; ışık kaynağı ile aydınlatılan bir yüzeye ait görüntünün, video kamera yardımıyla, direkt olarak görüntü işleme kartı (VBLASTER) bulunan bir bilgisayara aktarılması ve bu görüntülerin tümünden veya istenilen boyutlarda parçalara bölünerek, her bir parçanın siyah - beyaz renk cinsinden, parlaklığının sayısal olarak ifade edilmesinden ibarettir.

C dilinde yazılımı gerçekleştirilen program; bilgisayara kaydedilen her bir görüntü dosyasına 0 - 256 arasında kalan sayısal değerler vermektir. Burada 0 en koyu, 256 ise en parlak kesimi temsil etmektedir. Sistem bu sayısallaştırmayı gerçekleştirirken ışık kaynağından gelen ışığın şiddetinden bağımsız olarak ölçüm yapmaktadır. Daha detay bir anlatımla; yüzey üzerine düşen ışık farklı ışık akılarına olsa bile (zayıf veya kuvvetli) yüzeye ait bir görüntü dosyası için elde edilecek sayısal parlaklık değeri 0 - 256 arasında kalacak ve değerlendirme sonucu programın saptayacağı sayı aynı olacaktır.

Sayısal görüntü işlemede (Sgi) amaç; çeşitli şekilde elde edilmiş görüntülerin bilgisayar yardımıyla işlenmesi ve yorumlanmasıdır. Prensip bir objeye ait olan görüntünün gridlere ayrılıp, her bir alana düşen dataların bilgisayar yardımı ile işlenmesi ve hafızasına kaydedilmesidir. Bu işlemler bittiğinde görüntü işlenmeye hazırdır.

Günlük hayatta resim de diyebileceğimiz görüntü (image), genel anlamıyla iki

boyutlu bir sinyal kayıdır. Fotoğraf veya televizyon ekranında olduğu şekliyle, gözle görülebildiği gibi, manyetik bantta bir kayıt veya bilgisayarın belleğinde duran sayısal değerler biçimindedir. Bir resmin bilgisayara girebilmesi için; belli sayıda konum ve parlaklık değeri ile ifade edilmesi gerekmektedir. Buna sayısallaştırma işlemi denir. Bir cisme ait görüntü, bilgisayar açısından iki boyutlu bir vektör dizisi veya her elemanı bir vektör olan matristir. Görüntüye ait iki bağımsız değişken olan X ve Y, görüntünün boyutunu belirlemektedir. Ham bir görüntüde her matris elemanı karşılık geldiği noktanın veya alanın yansıma değerlerinden oluşmaktadır.

Bir resim, görüntü matrisini oluşturmak için geometrik küçük alanlara bölündüğünde, oluşacak en küçük alan, piksel boyutunda olabilmektedir. Görüntü, genellikle kare boyutlu olan piksellerden daha küçük alanlara bölünmemektedir. Bir piksele düşen alan boyutları ne olursa olsun, o alana düşen görüntünün tek bir değeri vardır ve bu değer o alanın ortalama parlaklık değeridir.

Sayısal bir resim büyütüldüğünde, bloklar şeklindeki görünümleriyle pikseller belirirler (Şekil 5.9 - 5.10). Sayısal görüntüler ise bir resmin sayısallaştırılması ile sağlanır.

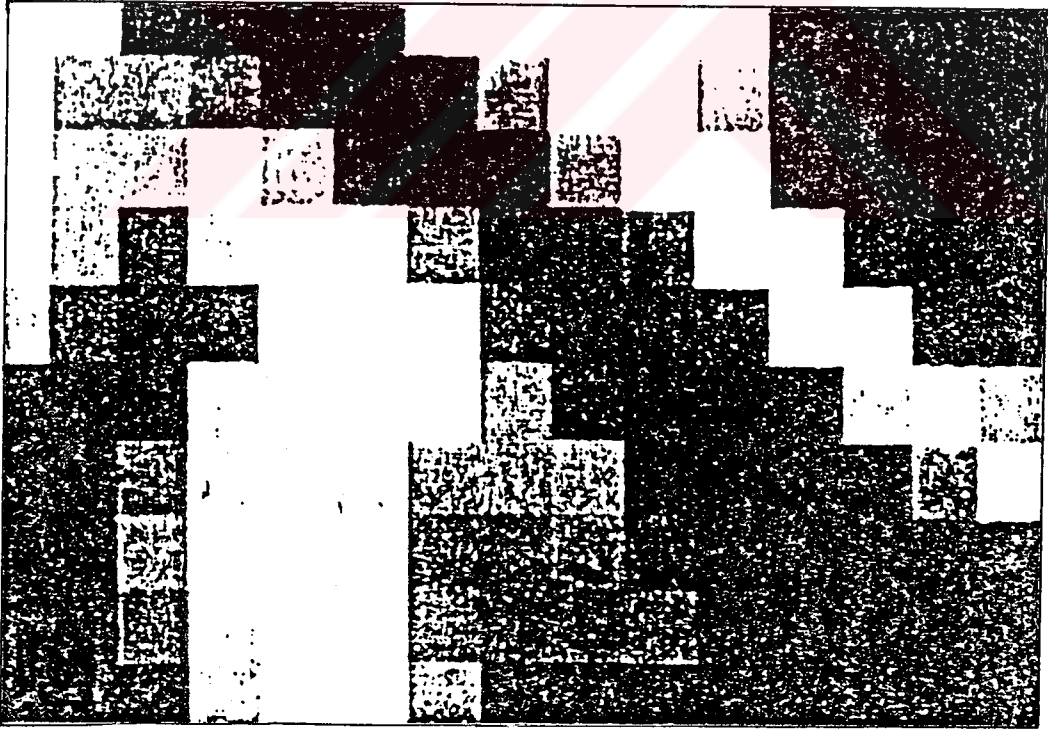
Bilgisayarda sayısal olarak ifade edilen parlaklık değerlerinin 1 bayt ile belirtilmesi uygundur. 1 bayt 8 bit'ten oluştuğu için ayırt edilebilen parlaklık seviyesi sayısı 2^n yani; $2^8 = 256$ olmaktadır. 0 en karanlık, 256 ise en aydınlık (parlak) seviyeyi belirttiğinden 0 - 255 arasındaki değerler gri seviyeleri ifade etmektedir.

Siyah - beyaz bir resimde insan gözünün ayırt edebileceği gri seviye 10 - 16 arasında değişmekte iken sayısal sistemlerde 255 düzey bulunmaktadır. Şekil 5.9 da pikseller şeklinde gri seviyeleri, Şekil 5.10'da ise bu resmin her bir pikseline karşılık gelen parlaklık değerlerini gösteren matris görülmektedir.

Sayısal olarak bir görüntünün işlenmesi, önceleri genel amaçlı bilgisayar sistemleri ile başlamış, fakat bunların yetersizliği nedeniyle; özel donanım, yazılım ve yan birimler içeren "Sayısal Görüntü İşleme Sistemleri" oluşturulmuştur.

Görüntü işleme sistemi; giriş, çıkış, işlem ve saklama birimlerinden oluşur. Kullanıcı, giriş birimleri kanalıyla sisteme komut vererek, görüntüdeki belli piksel ve alanları seçebilmekte ve sisteme yeni görüntüler girebilmektedir. Bunun için klavye, mouse, sayısallaştırıcı, kamera, film okuyucu ve manyetik teyp gibi cihazlar kullanılmaktadır.

İşlenen bir görüntü çıkış birimi aracılığıyla yansıtılır. Komutlara bağlı olan işlemlerin yapılabilmesi, işlem birimlerinin görevidir. Görüntü işlemede hız sağlamak için gösterge işlemci ve dizi işlemci denen bilgisayar özel yan birimleri kullanılmaktadır. Gösterge işlemcilerin en önemli görevi görüntüyü renkli olarak ekrana göstermektir. Görüntülerin işlenmesi aşamalarında; görüntü ile etkileşimli çalışmayı gerektiren işlemlerin hızlı olarak yapılmasını sağlayan özel elektronik devrelerde mevcuttur. Dizi işlemciler ise; daha genel amaçlı (işlevli) cihazlardır ve bilimsel uygulamalarda kullanılmaktadırlar.



Şekil 5.9 : Piksellere ayrılmış 0 - 255 arasında gri renk tonlarını içeren bir görüntü

54	40	31	27	27	28	39	51	52	50	45	25	24	24	23
55	37	37	35	31	27	26	35	58	66	38	13	17	21	19
56	40	39	45	39	32	27	26	36	52	50	28	14	13	14
52	39	33	42	49	48	36	31	26	33	51	51	31	16	16
42	34	24	30	60	67	49	33	27	28	31	47	51	35	24
26	29	26	44	76	76	49	37	33	30	29	29	44	52	44
14	31	36	50	85	70	36	37	38	30	25	29	28	40	52
20	31	39	51	72	56	35	35	37	35	31	27	29	31	36
21	26	36	46	58	49	37	35	36	37	34	33	26	29	30
21	20	29	43	54	53	40	31	30	32	30	29	24	22	27

Şekil 5.10 : Görüntünün her bir pikseline karşılık gelen parlaklık değerleri

Bir görüntünün sağlıklı olarak işlenebilmesi ve sayısallaştırılmasında bilgisayar sisteminin etkinliği ve yararı onun donanımına bağlı olduğu kadar, görüntüyü işleyecek yazılımın kalitesi ve hassaslığına da bağlıdır. Bir görüntü işleme yazılım paketinin yapması gereken işlemler şu şekilde gruplandırılabilir;

- Temel işlevler; Sisteme giriş - çıkış, kontrol, dosya yönetimi, veri türü dönüşümleri vs. gibi daha çok bilgisayar işletim sistemi işlevleri
- Gösterge işlevleri; Büyütme, dolaşma, cursor ve renk kontrol
- Görüntü işleme; Sınıflama, zenginleştirme
- Görüntü saklama; Görüntü aktarma, arşiv tutma
- Görüntü Dışı Veri Dosyaları İşlevleri; İstatistik, grafik, çalışma dosyaları işlevleri

Tüm bu bilgiler ışığı altında pürüzlü bir kaya yüzeyinin pürüzlülüğünün, alınan kalıp yüzeyi boyunca içerdiği dişlerin yüksekliklerine bağlı olarak, bir şekilde elde edilmiş olan görüntüsünün, gölge boylarına bağlı parlaklık değerlerinin sayısallaştırılarak işlenmesi ve yüzey pürüzlülüğü ile pürüzlülüğe bağlı oluşacak olan parlaklıklar arasında bir ilişkinin bulunup, bulunmadığı, böyle bir ilişki varsa

bunun sonuçlarının neler olabileceği ve bu değerlerden yararlanarak; özel amaçlı yapılacak bir çalışmada tüm yüzeyi çalışmak yerine sadece yüzeyin özelliklerini temsil edecek, yüzeye ait minimum ve maksimum alanın, doğru bir şekilde elde edilip edilemeyeceği Yüksek Lisans Tezi olarak yapılan bu çalışmanın bir parçasını oluşturmaktadır.

Bu amaç için; arazide onu temsil edebilecek ve yapılacak laboratuvar çalışması sonucu elde edilecek verilerle, arazi hakkında sağlıklı bir değerlendirme yapmaya elverecek uygun bir yüzeyden kalıp alınmıştır. Literatürde pürüzlülükle ilgili yapılan çalışmalarda, standart profil boyları için 1,5 - 200 cm. uzunluk yeterli görüldüğünden araziden alınan yüzey kalıbı 200 cm. boyunda boyutlandırılmıştır. Laboratuvarında 8x200 cm. ebatlarında hazırlanmış olan bire bir özellikteki temsili kalıbın, video kamera ile alınıp bilgisayar ortamına aktarılan görüntüleri, görüntü işleme programı ile işlenerek sayısallaştırılmış ve elde edilen verilerin ışığı altında, kaya yüzeyinin süreksizlik ve pürüzlülük özellikleri hakkında istatistik değerlendirme yapılmıştır.

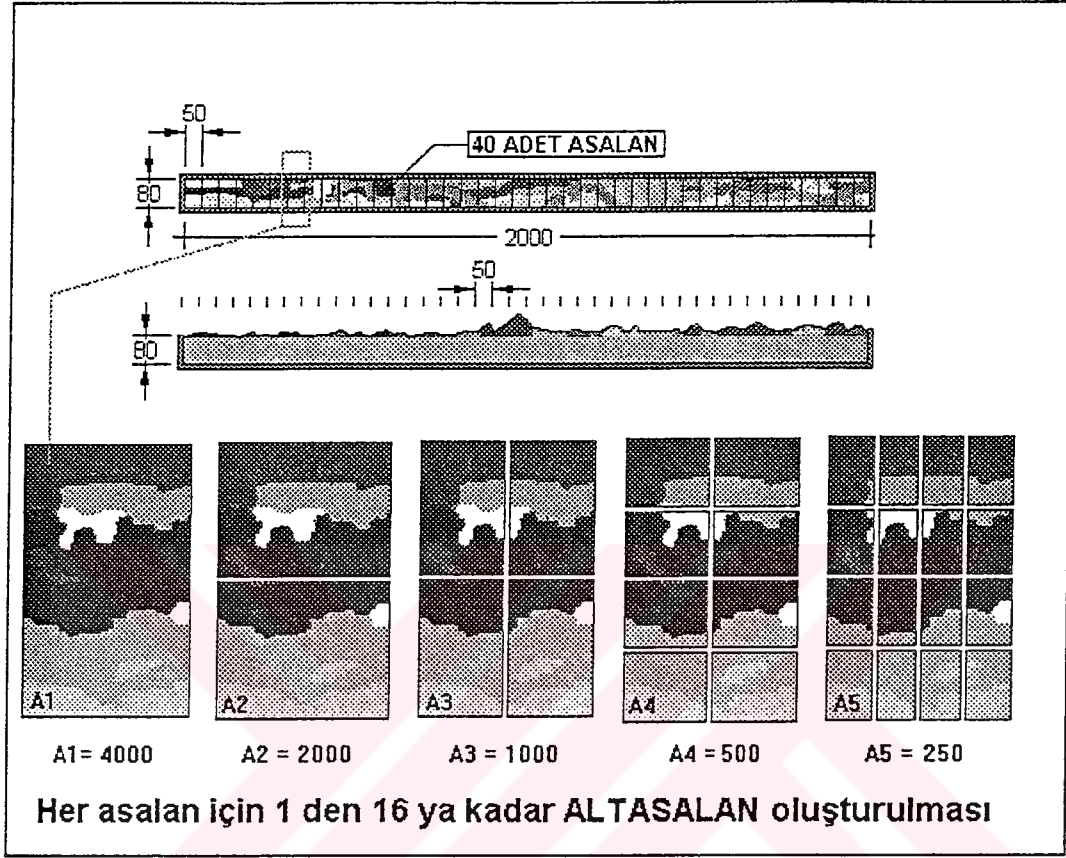
Bu amaçlı bir incelemede ilkin; araziden getirilen ve kaya yüzeyinin süreksizliğine ait olan lateks kalıp, video kameranın dik konumda ve uygun yükseklikte sabitlendiğinde (maksimum netlikte görüntünün alınabildiği yükseklik), bilgisayar ekranında izlenen görüntünün sınırları, yüzey üzerinde 5 cm. lik boy ve 8 cm. lik en'e karşılık geldiği için 8 cm. eninde ve 200 cm. boyunda kesilerek Bölüm 5.3.1'de belirtildiği gibi 8x5x200 cm. ebatlarında hazırlanmış MDF bir kalıbın içersine yerleştirilmiştir. Tahta kalıp tekerlekli bir sehpa üzerine monte edilerek, zemin üzerinde yatay doğrultuda, ileri geri gidebileceği fakat yanlara doğru hareketi engellenen U profilden oluşturulmuş bir düzenek içersinde hareket ettirilerek, yüzey kalıbı üzerinde 90° açı ile sabitlenen video kameranın merceğinin altından geçen her bir dilim (8x5 cm. ebatlı) ayrı bir görüntü dosyası olarak (toplam 40 görüntü) bilgisayara kaydedilmiştir. Karanlık bir ortamda görüntülerin alınması sırasında yüzey üzerine uygun uzaklık ve açıdan paralel ışık demeti düşürülmüştür. Uygun ışık açısı ve mesafesinin belirlenebilmesi için ışık, yüzey üzerindeki sabit bir alana (yüzeyin en fazla pürüz içerdği kesim); 0 - 90° arasında 5 ' er derecelik açı artırımlarıyla çeşitli mesafelerden düşürülmüştür. Bu işlem sırasında oluşan

gölgelenmeler video kamera ile alınarak bilgisayar ekranında görüntülendiğinden, yüzey üzerine gelmesi gereken ışığın en uygun olacağı açı ve mesafe kolaylıkla tespit edilebilmiştir. Yapılan bu işlem sonucu yüzey üzerine 20 cm. mesafeden, yatay düzlemde (lateks kalıbın 0 düzlemi) 10^0 açı ile gelen ışık altında görüntülerin alınması gerektiği belirlenmiştir. Görüntüler; pürüzlülüğün asimetrisinin tespiti için yüzey kalıbının her iki yanından farklı zamanlarda verilen ışık altında alınmış ve görüntü dosyaları $g_1 - g_{40}$, $g_{k1} - g_{k40}$ olarak ışığın 2 farklı geliş yerine (yönüne) göre kaydedilmiştir.

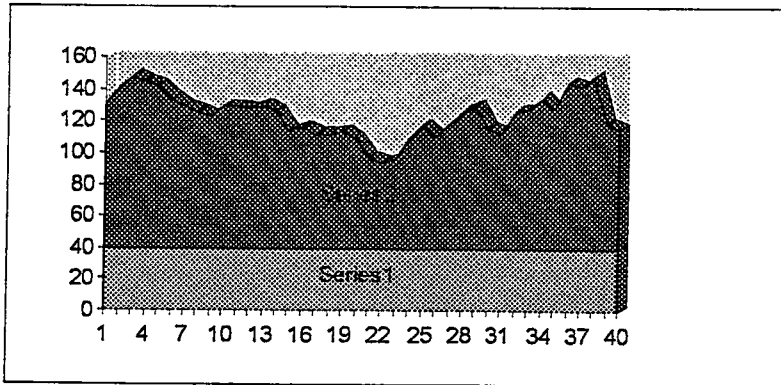
Oluşturulan bu sistemde video kamera ile ışık konumu sabit olup; sadece lateks ile alınmış kalıbı içeren MDF kalıp, üzerinde bulunduğu tekerlekli sehpa ile yere sabitlenmiş U profillerin arasında 5'er cm. hareket ettirilerek kamera merceğinin odağından geçirilmiştir. Bu şekilde alınan görüntüler bilgisayara siyah - beyaz renk tonunda kaydedilmiş ve her bir dosya ($g - g_k$ dosyaları) önce bütün olarak, daha sonra alansal homojenliğin sağlandığı sınırların saptanabilmesi için sırasıyla 2'ye, 4'e, 8'e ve 16'ya bölünerek görüntü işleme programı ile işlenmiştir. Aşağıda Şekil 5.11 de; hazırlanan düzeneğin şemasını ve Ek 5.1, 5.1a, 5.1b, 5.1c, 5.1d ve 5.2, 5.2a, 5.2b, 5.2c, 5.2d'de ise; yukarıda anlatıldığı şekilde görüntü işleme programı ile işlenen görüntü dosyalarına ait sayısal veriler sunulmuştur. Bilgisayara kaydedilen görüntüler Photo Styler adlı bir software yazılım programında bölünmüşlerdir.

Bu incelemede 0'ra yaklaşan sayılar gelen ışığın bir yüzey üzerine düştükten sonra onun yüksekliğine bağlı olarak arkasında oluşturacağı gölgelenmenin artan renk tonu (siyaha yaklaşan) nedeniyle; pürüzlü yüksek dışlara (kabul edilen 0 yatay düzlemine göre) sahip yüzeyleri, 256'ya yaklaşan değerler ise daha homojen dağılmış alçak yükseklikte dışlara sahip yüzeyleri belirtmektedir. Görüntü analizinde sistem boyutları tarafımızdan seçilen bir yüzeye ait tüm renk tonlarını değerlendirip o yüzey için yüzeyi temsil eden ortalama bir değer verdiğinden, incelediğimiz yüzeyin sahip olduğu pürüzlülüğün simetrikmi yoksa asimetrikmi olduğunu kolayca tespit edebiliriz. Bunun için yapılması gereken; inceleyeceğimiz yüzeye ait ışığın iki farklı yerden verilmesiyle elde edilmiş olan ana görüntü dosyalarının görüntü analizine bağlı yüzey pürüzlülüğünün çizilmesidir. Bu

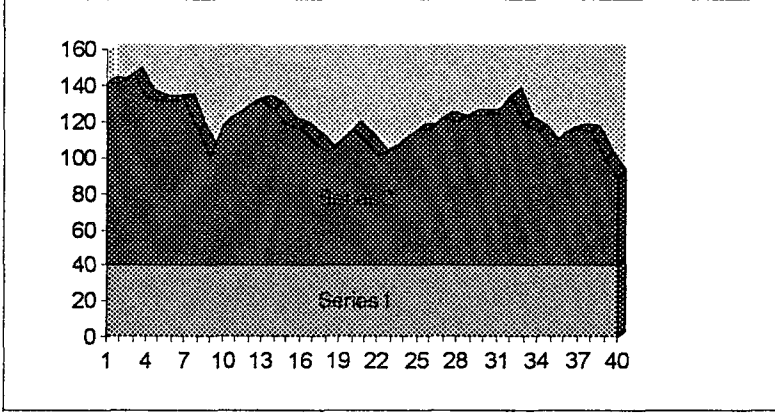
çerçevede g ve g_k dosyalarına ait ana görüntülerin (Ek 5.1 - 5.2) sayısal değerleriyle çizilen yüzey pürüzlülüğü Şekil 5.12 ve 5.13 de verilmiştir.



Şekil 5.11 Her asalan için 1 den 16 ya kadar alt asalan oluşturulması



Şekil 5.12 : g dosyalarına ait görüntü analiz değerleriyle çizilmiş alansal yüzey pürüzlülüğü (8x5 cm. boyutlu 40 adet ana dosya)



Şekil 5.13 : g_k dosyalarına ait görüntü analiz değerleriyle çizilmiş alansal yüzey pürüzlülüğü (8x5 cm. boyutlu 40 adet anâ dosya)

Şekil 5.12 ve 5.13 dende anlaşılacağı gibi; incelenen yüzeye ait görüntü analizine dayalı alansal pürüzlülükte asimetri bulunmaktadır.

5.3.3 Görüntü Analiz Yöntemi İle Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Değerlendirmesi

Çeşitli olaylarla ilgili toplanmış sayısal veriler olarak ifade edilebilen istatistik, sıradan bir rakamlar topluluğu olmayıp, belirli bir olayın gözlenmesi veya araştırılması sonucunda onun hacmi, bölünüşü vs. hakkında elde edilen rakamları ifade eder.

İstatistik deyimi; belirli olaylar hakkında nicel bilgilerin toplanmasında, işlenmesinde, analiz ve yorumunda kullanılan bütün yöntemleri çağırır. Yani istatistik; verilerin toplanması, organize edilmesi, özetlenmesi, sunulması, tahlil edilmesi ve bu verilerden bir sonuca varılabilmesi ile ilgili olarak kullanılan bilimsel yöntemler topluluğudur.

İstatistik bilimi incelediği olayları tipik ve kollektif olaylar şeklinde iki temel gruba ayırır.

Tipik olaylar; birbirinin tam benzeri olan dolayısıyla diğerlerini ve bütün kütleyi temsil edebilen olaylardır. Buna örnek olarak fiziksel veya kimyasal olayları

gösterebiliriz. Gerekli şartlar bulunduğu takdirde bu olaylar birbirinin aynı olarak oluşacaklardır. Dolayısıyla tek bir olay kitleyi temsil edebilmek için yeterlidir.

Birbirine benzemeyen, bazı ortak tarafları olmakla beraber aralarında genellikle önemli farklılıklar bulunan, bundan dolayı tek bir olayın diğerlerini ve bütün kütleyi temsil etmesine imkan bulunmayan olaylara ise; kollektif olaylar denilir. Nüfus kollektif olaylar için çok iyi bir örnektir. Bilindiği gibi nüfusu oluşturan bireylerin, insan olmak ve aynı bölgede veya ülkede yaşamak gibi ortak özellikleri vardır. Ancak cinsiyet, yaş, medeni hal, meslek, doğum yeri, boy uzunluğu, göz rengi ve daha birçok bakımdan aralarında farklılıklar görülür. Bu farklılıklar nedeniyle, bütün nüfusu temsil edebilecek tek bir insan bulmak imkansızdır.

İstatistiksel yöntem kullanılarak yapılacak bir çalışmada şu aşamaların gerçekleştirilmesi gerekir.

a) İlk bilgilerin toplanması; bu aşamada araştırmanın konusu ve kesin tarifi yapıldıktan sonra rölövenin ne zaman, ne şekilde yapılacağı, mevcut rölövelerin neler olduğu, bunlara ne gibi ek ilaveler (ek araştırmalar) yapılacağı saptanır. Sistematiik hataların önlenebilmesi için gerekli olan kararlar alınır.

b) Bilgilerin organize edilmesi; toplanmış olan ham bilgiler, matematiksel ve istatistiksel analize uygun, düzenli bir hale getirilir. Verilerin düzenlenmesi ve gruplandırılması bu aşamada yapılmaktadır.

c) Verilerin sunulması; düzenlemiş vede gruplanmış olan veriler tablo ve grafikler şeklinde sunulup, incelemenin amacına uygun gerekli istatistiksel yöntem kararlaştırılır.

d) İstatistik analiz; çeşitli yöntemler kullanarak düzenli verilerin derinlemesine analizini yapmak, olaylarla ilgili eğilimleri ortaya çıkarmak, istatistik yöntemler yardımıyla sonuca varmak ve karar vermek bu aşamada gerçekleştirilir.

İstatistiksel araştırmalarda veri toplama, bir kütleyi oluşturan birimleri saymak veya

ölçmek ve bunların araştırılan özellikleri ne derece gösterdiklerini belirlemektir. Veri toplama işlemine derleme (rölöve) denir.

Bu bilgilerin ışığı altında; görüntü analiz yöntemi ile incelenen 200x8 cm. boyutlarında bir yüzey alanına sahip olan pürüzlü bir yüzeyden elde edilen sayısal değerlerin alansal olarak homojen sınırların sağlandığı bölünmelerde ana kümeyi oluşturan birimleri temsil edeceği açıktır.

Görüntülerin kamera ile alındığı ve üzerinde hiç bir işlem yapılmadan direkt olarak parlaklık değerlerinin okunduğu birinci kümede 40 adet sayısal değer elde edilecektir.

Her bir görüntü dosyasının önce ikiye, daha sonra 4, 8 ve 16' ya bölünmesiyle elde edilecek her bir kümede, bu kümeleri temsil eden sırasıyla 80, 160, 320 ve 640 adet yeni sayısal veriler olacaktır (Bkz; Ek F_1 , F_{1a} , F_{1b} , F_{1c} , F_{1d} , F_2 , F_{2a} , F_{2b} , F_{2c} , F_{2d}).

Mevcut 40 adet sayısal veriden oluşan ana küme ile tarafımızdan oluşturulan yeni kümelerin sayısal değerlerinin tek tek alınacak olan aritmetik ortalamalarının birbirine eşit çıkması beklenir. Nitekim bu sayısal veriler ile yapılan çeşitli istatistiksel değerlendirmelerde de (Bkz; Ek 4) kümelere ait aritmetik ortalamaların ve çizilen çan eğrilerindeki pik noktaların birbirine yakın çıktığı görülmüştür. Bu değerler arasındaki farklar 40 adet ana görüntü dosyalarının her birinin, daha önce çeşitli şekillerde bahsedildiği gibi bölünmeleri sırasında, kullanılan Photo Styler programından kaynaklanan ve görüntünün piksel bazındaki kayıpları veya üst üste binmesi nedeniyle kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde her bir ana görüntü dosyasının 2, 4, 8 ve 16' ya bölünmesiyle elde edilen alt görüntü dosyaları da kendi içlerindeki sayısal değerlerinin aritmetik ortalaması olarak ait oldukları ana dosyanın aynı veya yakın değerlerini içermektedirler.

Bir istatistik veri serisinin normal veya log - normal popülasyondan geldiğini saptamak için iki önemli karakteristik kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi örnek dağılımının asimetrisi, ikincisi ise yassılığdır. Asimetri, bir dağılımın eğriliğini yada

çarpıklığını belirten ölçüm değeri olup şu eşitliklerle hesaplanmaktadır.

$$A = \frac{m_3}{S^3} \quad (5.1)$$

Burada m_3 , üçüncü merkezi momenti gösterir ve aşağıda verilen (5.2) eşitliği ile ifade edilir.

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^N (xi - \bar{x})^3}{N} \quad (5.2)$$

Normal bir dağılım eğrisi için A değeri teorik olarak sıfıra eşittir. Normal dağılım için, dağılım eğrisinin yassılığını karakterize etmek üzere Kurtosis (E) olarak isimlendirilen bir indeks kullanılır. Bu indeks şu eşitliklerden hesaplanır.

$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^N (xi - \bar{x})^4}{N} \quad (5.3)$$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^N (xi - \bar{x})^4}{N.S^4} - 3 \text{ veya } E = \frac{m_4}{S^4} - 3 \quad (5.4)$$

Normal bir dağılım için m_4 / S^4 oranının 3' e eşit olmasından dolayı, kurtosis sıfıra eşit olacaktır.

Verilen bir dağılımın, normal bir dağılıma göreceli olarak uyumluluğunu saptamak için eğrilik ve yassılık değerlerinin bilinmesi gerekir. Bu tür hesaplamalarda örnek sayısından kaynaklanan olası bir hata ile karşılaşırsa, A ve E sapmalarının sıfırdan önemsenecek oranda olup olmadığını belirlemek gerekir. A ve E' nin standart sapmaları izleyen eşitliklerden hesaplanır.

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{6}{N}} \quad (5.5)$$

$$\sigma_E = 2\sqrt{\frac{6}{N}} \quad (5.6)$$

Örneklenen bir popülasyon eğriliğinin (A_1) vede yassılığının (E_1) sıfıra eşit olduğunu varsayalım. Matematiksel istatistiğin ana kuralına göre (3σ kuralı), normal bir dağılım için, deneysel verilere ait sapma değerlerinin $3\sigma A$ ve $3\sigma E$ sınırlarını aşmamış olması gerekir. Sonuç olarak, normal bir dağılım için aşağıdaki eşitsizliklerin sağlanması gerekir.

$$\frac{A}{\sqrt{\frac{6}{N}}} < 3 \quad (5.7)$$

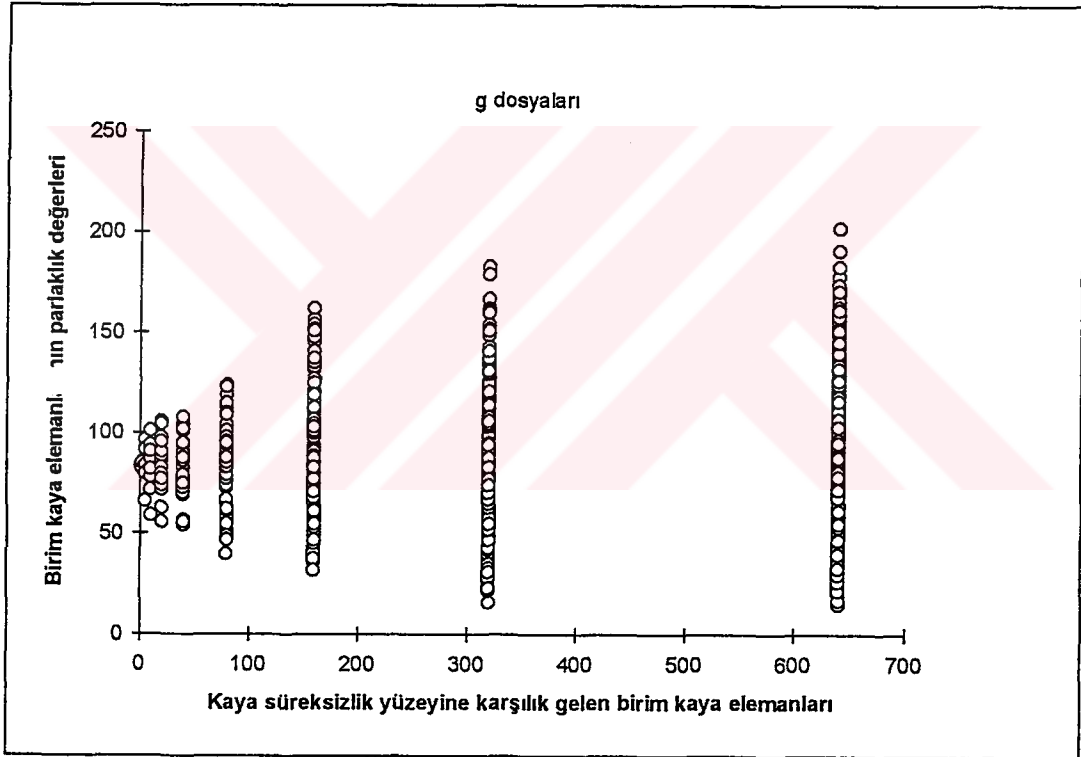
$$\frac{E}{2\sqrt{\frac{6}{N}}} < 3 \quad (5.8)$$

Eğer bu koşullar sağlanıyorsa, o zaman denilebilirki eğrilik ve yassılık önemsizdir ve dolayısıyla dağılım normaldir.

Görüntü analiz yöntemi ile sayısallaştırılan inceleme yüzeyine ait ana görüntü dosyaları ile alansal pürüzlülükte homojen bölgenin saptanabilmesi için bu dosyaların sürekli olarak bir alt karesine bölünerek elde edilen ve yapay olarak popülasyonu arttırılan her bir grup içindeki yeni görüntü dosyalarına ait sayısal değerler ile yapılan istatistik analiz sonuçları Ek 4 te toplu olarak sunulmuştur. Sonuçlardan açıkça görüldüğü gibi; 40 adet ana görüntü dosyalarının (g ve g_k dosyaları) dağılımı normaldir. Nümerik olan bu incelemede alt görüntü dosyalarına ait log - normal dağılım ifadesinin, tarafımızdan popülasyonu yapay olarak arttırılan küme gruplarını içerdiği için bir anlamı yoktur. Ana görüntü dosyalarının kareler şeklinde sürekli olarak alt görüntü dosyalarına bölmekteki amaç (Şekil 5.11); parlaklık değeri olarak sayısallaştırılan alansal pürüzlülükte, homojenliğin elde edildiği alansal sınırı bularak, normal dağılım ilişkisi sunan bu yüzeyi temsil edebilecek yüzey oranını istatistiksel inceleme ile belirleyebilmektir.

Bu bilgilerin ışığı altında, elde edilen vede oluşturulan kümelerle ait sayısal değerlerin arasındaki grafiksel ilişkiyi inceleyebilmek için; ışığın geliş yönüne göre bilgisayara kaydedilen farklı iki yöndeki ana görüntü dosyaları birbirleriyle birleştirilerek 20, 10, 5, 2 ve tek bir sayısal değerden oluşan 5 yeni küme daha oluşturulmuştur. Bu kümelerle ait sayısal veriler Ek F_3 , F_{3a} , F_{3b} , F_{3c} , F_{3d} (g dosyaları için) ve F_4 , F_{4a} , F_{4b} , F_{4c} , F_{4d} (g_k dosyaları için) de sunulmuştur.

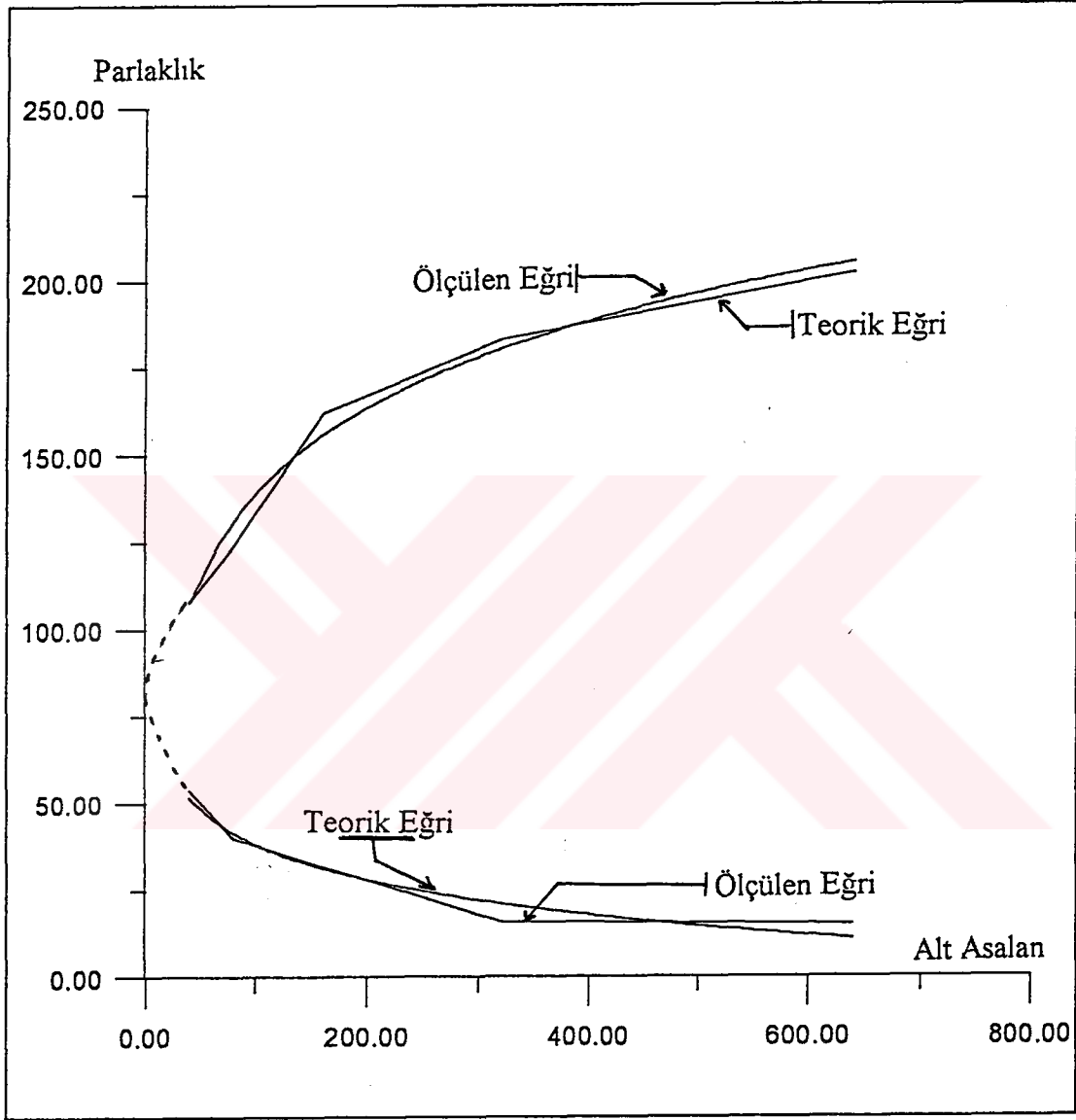
40 adet sayısal değer içeren ana küme ile bu kümeden oluşturulan ve farklı sayıda, aynı yüzeye ait sayısal parlaklık değerlerini içeren yeni kümelerin bu değerleri Şekil 5.14 ve 5.15' de sunulmuştur.



Şekil 5.14 : g dosyalarının parlaklık değerleri ile oluşturulan kümelerin toplu sunumu

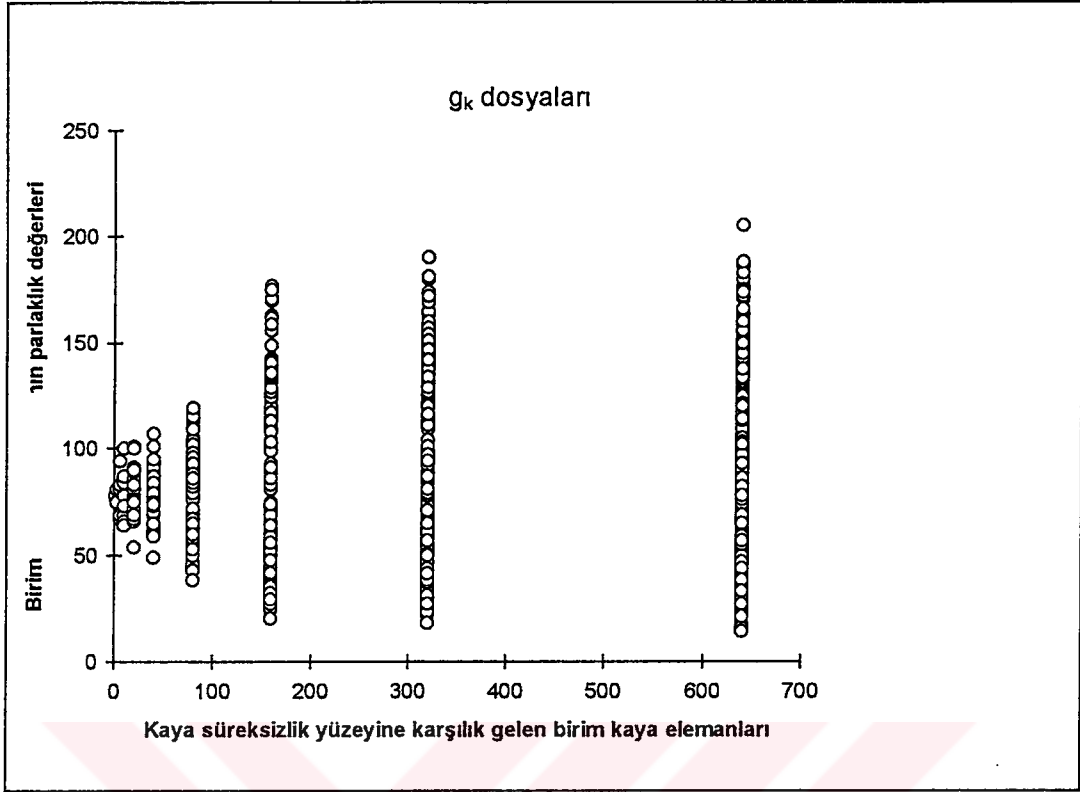
Şekil 5.14a' da ise g dosyalarına ait parlaklık değerlerinin oluşturduğu kümelerin maksimum ve minimum noktalarından geçen doğruların gidişleri ile bu noktalardan geçen teorik eğriler görülmektedir. Her iki eğride de saptanan ilişki logaritmik olup; maksimum noktalardan geçen doğrunun denklemi $y = \log(x) + A$ ve eşitliği; $y = 35,6346\log(x) - 25,0516$ dır. Burada regresyon katsayısı $R = 0,9913$,

minimum noktalardan geçen eğrinin denklemi ise $y = b \log(x) + A$ olup, bu denkleme ait eşitlik $y = -14,7155 \log(x) + 106,084$ ve regresyon katsayısı $R = 0,976$ dır.



Şekil 5.14a : g dosyasına ait parlaklık değerlerinin maksimum ve minimum noktaları ve bu noktalardan geçen doğruların gidişi

Aşağıda Şekil 5.15' de g_k dosyalarına ait oluşturulmuş kümelerin toplu gösterimi ve Şekil 5.15a' da ise bu kümelere ait maksimum ve minimum noktalar ile bu noktalardan geçen doğrular ve teorik eğriler sunulmuştur.

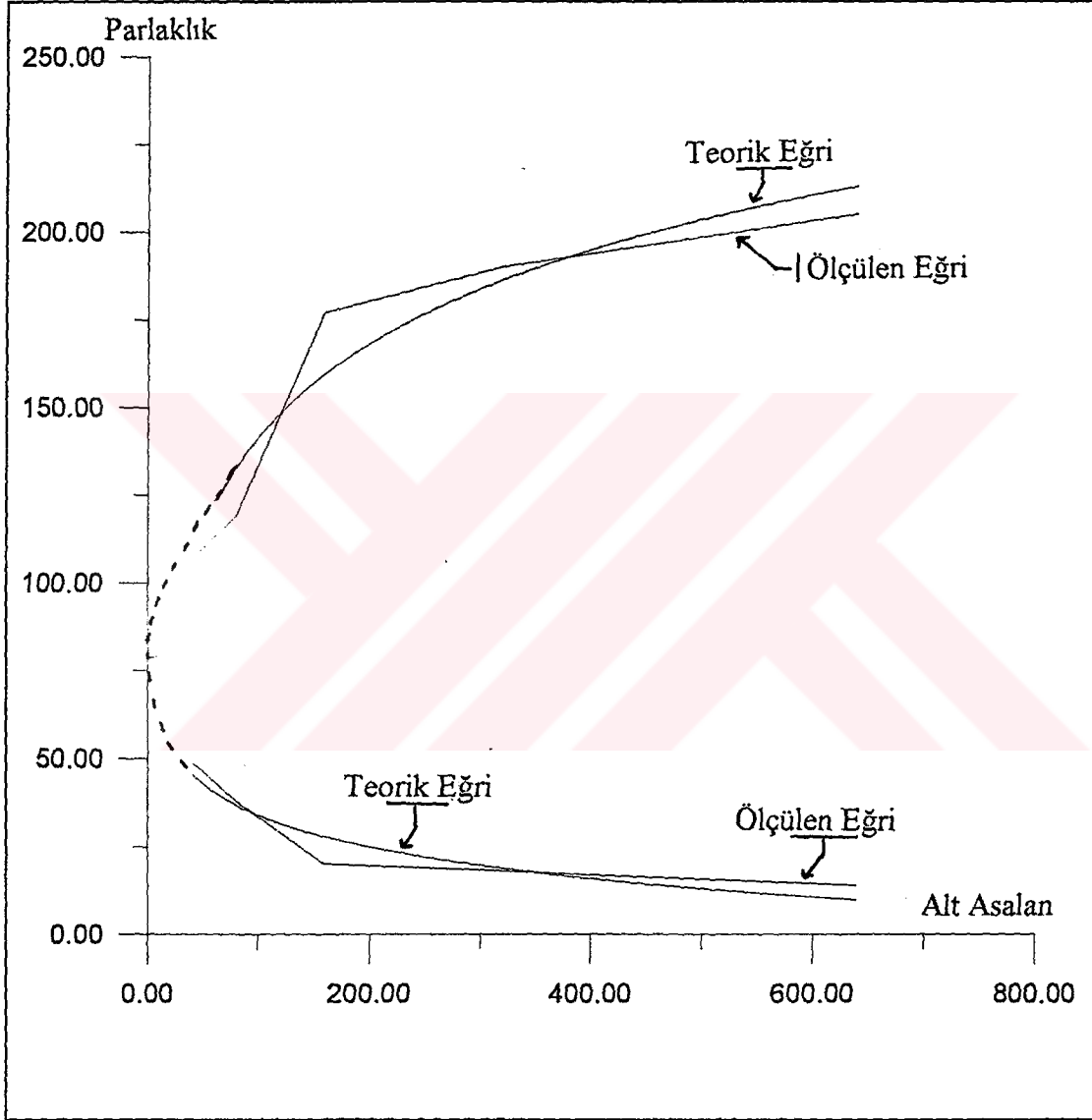


Şekil 5.15 : g_k dosyalarının parlaklık değerleri ile oluşturulan kümelerin toplu sunumu

Şekil 5.15a' da sunulan g_k dosyalarına ait parlaklık değerlerinin oluşturduğu kümelerin maksimum ve minimum noktalarından geçen teorik eğrilerin her ikisinde logaritmik olup; maksimum noktalardan geçen doğrunun denklemi $y = \log(x) + A$ ve eşitliği ; $y = 38,52\log(x) + -35,8955$ dir. Burada regresyon katsayısı $R = 0,962$, minimum noktalardan geçen eğrinin denklemi ise $y = \log(x) + A$ olup, bu denkleme ait eşitlik $y = -12,9843\log(x) + 93,6974$ ve regresyon katsayısı $R = 0,948$ dir.

Şekil 5.14 ve 5.15 incelendiğinde kayanın pürüzlü yüzeyi üzerinden alınan kalıbın; görüntü analiz yöntemi ile yapılan incelenmesinde, bu yüzeye ait görüntüleri 320 veya 640 birimden oluşan yeni veri gruplarına ayırarak her bir veri için sayısal değerlerin saptanması arasında pek bir farkın olmayacağı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla incelenen yüzeye ait her bir ana görüntü dosyasının 8 ve 16' ya bölünmesi ile, mevcut yüzeydeki alansal pürüzlülükte, parlaklık değerleri cinsinden homojen alansal sınırlar saptanmış olmaktadır. Eldeki mevcut sayılar arasında bir

istatistik incelemeye gitmek gerektiğinde, değişimin sabit kaldığı bu küme gruplarına ait sayısal veriler ve bunların istatistiksel analiz sonuçlarını kullanmak, yüzeyi temsil edecek olan maksimum ve minimum yüzey oranını saptamak için yeterli olacaktır.



Şekil 5.15a :g_k dosyasına ait parlaklık değerlerinin maksimum ve minimum noktaları ve bu noktalardan geçen doğruların gidişi

İstatistikte külli rölöve olarak tanımlanan ana kütleinin tamamını inceleyerek bir sonuca gitmek pahalı ve bazı durumlarda imkansız olacağından kısmi rölöve yöntemler ile ana kütleinin bir bölümü incelenerek; incelenen bu bölümden elde edilen verilerle ana kütle hakkında bir sonuca gidilir.

Hakkında bilgi edinilmek istenen ana kütleden gözlenmek üzere seçilen birimlerin oluşturduğu alt topluluğa örneklem adı verilir. Örnekleme girecek birimler arasında bir fark gözetilmez, bir tercih yapılmaz ve bütün birimlere eşit seçilme imkanı sağlanırsa, “basit rassal örnekleme” uygulanmış ve böylece temsili (yani ana kütlenin belirgin bazı özellikler itibarıyla bölünüşünü yansıtan) bir örneklem elde edilmesi mümkün kılınmış olur.

Basit rassal örneklemede ana kütledeki her birime belirli ve sıfırdan farklı bir olasılıkla örnekleme seçilme imkanı tanınır. Söz konusu olasılıkların seçimden önce her birim için ayrı ayrı hesaplanması gerekmez. Önemli olan nokta, istenildiği takdirde bu hesaplamaların yapılabilir olmasıdır. N birimden oluşan bir ana kütleden n birimlik bir örneklem seçilirken, her çekilişte bütün birimlere eşit olasılıkla seçilme imkanı tanındığında uygulanabilecek en basit yol, kura çekmek veya rassal sayılar tablosundan yararlanmaktır.

Kura yönteminde birimler; 1’ den N ’ e kadar numaralandırılır ve bu numaralar birer kağıda yazılıp bir torbaya atılırlar. Torba iyice karıştırıldıktan sonra n tane birim seçilir. Her birim çekiminden sonra çıkan kağıt torbaya konarak sonraki çekime geçildiğinde, çıkan her birimin yeniden seçilme şansı vardır. Buna “iadeli (yerine koyarak) seçim” denir. “İadesiz (yerine koymadan) seçim” de ise, çıkan kağıt torbaya iade edilmez. Bir defa seçilen bir birimin ana kütleyle iade edilmemesi, aynı birimin ikinci defa incelenmesini önler.

Hacmi sınırlı bir ana kütleden iadeli bir seçim ile örneklem oluşturulduğunda ana kütlenin tükenmesi diye birşey söz konusu olamaz. Dolayısıyla aslında hacmi sınırlı olan ana kütle, teorik olarak, hacmi sonsuz bir ana kütle gibi düşünülebilir.

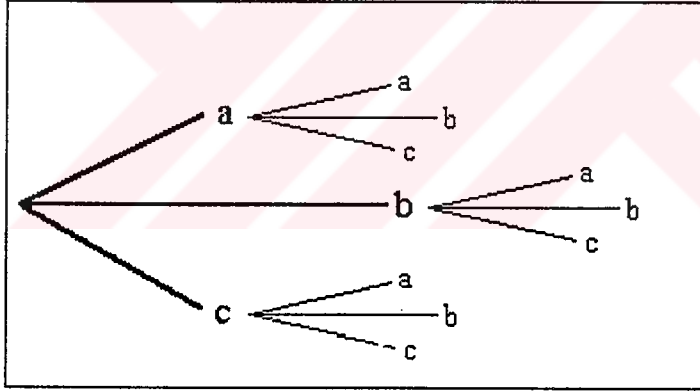
Herhangi bir birimin örnekleme çıkması, bir başka birimin daha önce (örnekleme) çıkıp çıkmamasından etkilenmezse, bu tür birim çekimi bağımsızdır. Sayısal değerleri normal bir dağılım sunan ana kümeye ait küçük bir grubun (örneklem) varyansının tespit edilmesi ile ait olduğu küme hakkında detay bir bilgi için ne kadarlık bir oranın gerekli olduğu saptanabilir. Konuya daha detaylı bir açıklama getirmek ve ana kütleden seçilen örneklemelerin ne şekilde

olabileceğini, ilgili formüller ile olan ilişkilerini örnekler üzerinde inceleyerek pekiştirelim.

Elimizde a, b, c gibi 3 harf bulunsun ve bu harfler arasından 2' şer harflik örnekler seçelim. Eğer seçim iadeli olarak yapılır ve değişik sıralama, değişik durum olarak kabul edilirse elde edebileceğimiz örnekler ; **ac, ca, ba, bc, cb, bb, cc, aa** ve **ab** şeklinde gruplanmış olacaktır. Sadece ilk harf a, b, c harflerinden herhangi biri olabileceğinden 3 şekil ortaya çıkabilir. Benzer şekilde seçim iadeli olduğundan ikinci seçilecek harf de 3 şekilde olabilecektir. Dolayısıyla seçebileceğimiz toplam örnek sayısı;

$$3^2 = 3 \times 3 = 9$$

olacaktır. Bu ilişki aşağıda Şekil 5.16' da ağaç diyagram ile de açıklanmıştır.



Şekil 5.16 : İadeli bir seçimde oluşabilecek örnek sayısı

Aynı yöntemle 3 birimlik örnekler seçmek istersek, abc, cba, bcc vs. gibi

$$3^3 = 3 \times 3 \times 3 = 27$$

örnek seçmek mümkündür.

Yukarıdaki seçim yöntemini değiştirir ve seçimi iadesiz olarak yaparsak, aynı harfin yeniden seçilme olanağı olmayacağından, iki birimlik örnekler arasından aa, bb, cc

gibi örnekler oluşamayacaktır. Diğer bir ifadeyle; ilk seçeceğimiz harfin 3, sonrakinin ise $(3 - 1) = 2$ şekilde seçilmesi mümkün olacak,

$$3 \times 2 = 6$$

örnekler ise ; ab, ba, cb, bc, ac, ca şeklinde olacaktır. Eğer örneklerin 3' er harften oluşması istenirse, örnek sayısı yine;

$$3 \times 2 \times 1 = 6$$

olacaktır. Genel olarak değişik sıra, değişik hal olarak kabul edildiği durumlarda örnek sayısı (n = ana kütle mevcudu ve r = örnek mevcudu olmak üzere),

$${}_nP_r = n(n - 1)(n - 2).....(n - r + 1)$$

yani permutasyon formülü ile tayin edilmektedir. Şayet örnek içindeki birimlerin sırası dikkate alınmazsa, ki pratikte bu durum geçerlidir, iadesiz seçimle elde edilebilecek toplam örnek sayısı;

$${}_nC_r = \frac{n(n - 1)(n - 2).....(n - r + 1)}{r}$$

yani kombinasyon formülü ile hesaplanacaktır.

İhtimal örnekleme veya sondaj ise; bir ana kütlenin her biriminin belirli bir ihtimalle örneğe dahil olabileceği bir örnekleme planıdır. Bu örnekleme planının bir türü olan basit tesadüfi (rassal) örneklemede ise daha önce seçilmemiş olan her birimin seçilme ihtimali aynıdır.

Basit tesadüfi örneklemeyi biraz daha detaylı inceleyelim. Bir kutu içinde üzerinde 1' den 8' e kadar rakamlar yazılı olan 8 tane kağıt parçasının bulunduğunu kabul edelim. Kutu içinden iadesiz olarak 4 birimlik bir örnek seçmek istersek; basit

tesadüfî örneklemenin tanımına göre herhangi bir rakamın seçilme ihtimali $1/8$ dir. İkinci çekilişte ise seçim iadesiz olduğundan dolayı kalan 7 rakamdan herbirinin seçilme ihtimali $1/7$ olacaktır. Üçüncü ve dördüncü çekilişlerde ise ihtimaller sırasıyla $1/6$ ve $1/5$ dir. Bu seçim yöntemine göre, yukarıda belirtildiği gibi, önce seçilmemiş olan her rakamın seçilme ihtimali aynı kalmaktadır.

Şimdi 4 birimlik örneğimizin içinde 5 rakamının bulunması ihtimalini hesaplıyalım:

E_1 ile birinci çekilişte 5 gelmesi olayını gösterirsek bu olayın ihtimali,

$$P(E_1) = 1/8$$

olacaktır. İkinci çekilişte 5 gelmesi ihtimali ise; birinci çekilişte 5 gelmemesi ve ikinci çekilişte 5 gelmesi ihtimallerinin çarpımına eşittir. Burada ise bir şartlı ihtimalin varlığı söz konusudur. E_3 ile ilk çekilişte 5 gelmemesi olayını ve E_2 ile ikinci çekilişte 5 gelmesi olayını gösterirsek, ikinci çekilişte 5 gelmesi ihtimali;

$$\begin{aligned} P(E_2 \text{ ve } E_3) &= P(E_3) \times P(E_2|E_3) \\ &= 7/8 \times 1/7 = 7/56 = 1/8 \end{aligned}$$

olarak bulunacaktır. Burada ; 5 sayısının ilk çekilişte gelmesi ile ikinci çekilişte gelmesi ihtimali arasında herhangi bir farkın bulunması söz konusu değildir. Yani ihtimaller her iki durum içinde aynı olup $1/8$ dir. Benzer şekilde üçüncü ve dördüncü çekilişlerde 5 gelmesi ihtimallerini hesaplarsak;

E_3 = birinci çekilişte 5 gelmemesi olayı

E_4 = ikinci çekilişte 5 gelmemesi olayı

E_5 = üçüncü çekilişte 5 gelmesi olayı

olmak üzere üçüncü çekilişte 5 gelmesi ihtimali;

$$\begin{aligned} P(E_3 \text{ ve } E_4 \text{ ve } E_5) &= P(E_3) \times P(E_4|E_3) \times P(E_5|E_3E_4) \\ &= 7/8 \times 6/7 \times 1/6 = 42/336 = 1/8 \end{aligned}$$

olacaktır.

E_3 = birinci çekilişte 5 gelmemesi olayı

E_4 = ikinci çekilişte 5 gelmemesi olayı

E_6 = üçüncü çekilişte 5 gelmemesi olayı

E_7 = dördüncü çekilişte 5 gelmesi olayı

olmak üzere dördüncü çekilişte 5 gelmesi ihtimalini ise aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz.

$$\begin{aligned} P(E_3, E_4, E_6, E_7) &= P(E_3) \times P(E_4|E_3) \times P(E_6|E_3E_4) \times P(E_7|E_3E_4E_6) \\ &= 7/8 \times 6/7 \times 5/6 \times 1/5 = 1/8 \end{aligned}$$

Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü çekilişlerde 5 gelmesi olayları; E_1 , E_2 , E_5 ve E_7 birbirlerini engelleyen türden olaylar olduklarından 5 rakamının dörtlük örnek içinde bulunması ihtimalini şöyle hesaplayabiliriz:

$$P(E_1 \text{ veya } E_2 \text{ veya } E_5 \text{ veya } E_7) = 1/8 + 1/8 + 1/8 + 1/8 = 4/8 = 1/2$$

Benzer şekilde kutu içindeki 8 rakam arasından herhangi bir rakamın örneğe dahil olma ihtimali de $1/2$ olacaktır.

Genel olarak örnekteki birim sayısını, n , ana kütledeki birim sayısını ise N ile göstererek, basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullandığımızda, kütle içindeki her birimin örnek içine girebilme şansı veya ihtimali n / N olacaktır. Bunu sayısal bir örnek ile belirtirsek; 150 kişi arasından tesadüfi olarak 15 kişilik bir örnek seçersek, her kişinin örneğe dahil olma ihtimali $15/150 = 1/10$ olacaktır.

İadesiz bir seçimde N birimlik bir kütle içinden n birimlik bir örnek seçilecekse, yukarıdaki örnekte olduğu gibi bir kutu içinde bulunan 8 adet rakam arasından 4' er birimlik örnekler seçeceğimizi varsayalım, seçebileceğimiz örnek sayısı;

$${}_8C_4 = \frac{8!}{4!(8-4)!}$$

olacaktır. Basit tesadüfi örnekleme yöntemi uygulandığında her bir örneğin seçilme

ihtimali $1/70$ olacaktır. Bunu şu şekilde de açıklayabiliriz:

Birinci sayının seçilme ihtimali $1/8$, ikinci sayının seçilme ihtimali $1/7$, üçüncü sayının seçilme ihtimali $1/6$ ve dördüncü sayının seçilme ihtimali ise $1/5$ olacağından, bu sayıların belirli bir sıraya göre seçilmeleri ihtimali:

$$1/8 \times 1/7 \times 1/6 \times 1/5 = 1/1680$$

olacaktır. Örneğin, seçilecek 4 rakamın sırasıyla 7, 3, 1, 4 olması ihtimali $1/1680$ dir. Fakat 4 birimlik bir örnekten söz edildiği zaman sıranın önemi yoktur, değişik sıra değişik durum sayıldığı takdirde 4 birim $4!$ kadar değişik şekillerde yerleştirilebilir. 4 birimlik bir örneğin belirli bir sıraya göre seçilmesi ihtimali $1/1680$ olduğuna ve bu şekilde $4!$ sayıda sıra meydana getirilebildiğine göre, belirli bir sıra söz konusu olmayınca 4 birimlik bir örneğin seçilme ihtimali;

$$1/1680 \times 4! = 1/70$$

olacaktır ki, bu sonuç ${}_NC_n$ formülü ile elde edilen sonucun aynısıdır. Genel ifade ile N birimlik bir kütle içinden n birimlik bir örneğin seçilmesi ihtimali

$$\frac{1}{{}_NC_n} \quad (5.9)$$

formülü ile gösterilir.

Tesadüfi seçim yöntemlerinin başarı ile kullanılabilmelerinin önemli sebeplerinden birisi, bu şekilde seçilen örneğin ana kütleinin özelliklerine yakın özelliklere sahip olması yani kütleyi iyi temsil edebilmesidir. Örneklerden edinilen bilgilerle ana kütle hakkında yapılan tahminler ihtimallere dayandığından, örnekler seçilirken ihtimaller kurallarının uygulanabileceği şekilde seçim yapılması zorunludur.

Yukarıda bir kütle içinden seçim yaparken n birimlik bir örneğin seçilebilmesi ihtimalinin $1 / {}_NC_n$ formülü ile hesaplanabileceğinden bahsedildi. Fakat N ve n ile

seçilecek örnek sayısının çok büyük olduğu durumlarda bir örneğin seçilebilmesi ihtimalinin hesaplanması güçleşmektedir. Bunu basitleştirmek için **merkezi limit teoreminden** yararlanılmakta ve örnek aritmetik ortalaması $\bar{x}$ ile örneği temsil ederek, belirli bir örneğin ortaya çıkma ihtimali yerine belirli bir aritmetik ortalamanın ortaya çıkma ihtimali hesaplanmaktadır.

Ana kütle içersindeki değişkenlerin bölünmesi normal olur ise bu bağımsız normal değişkenlerin toplamalarının bölünmesi de normal olacaktır. Bunu bir örnek ile açıklarsak;

L_1 değişkeni ile A yüksek okulundaki 20 yaşında kız öğrencilerin boy uzunluklarını, L_2 değişkeni ile B yüksek okulundaki 20 yaşında kız öğrencilerin boy uzunluklarını, $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \sigma_1^2, \sigma_2^2$ değerleri ile de söz konusu değişkenlerin aritmetik ortalamaları ve varyanslarını gösterelim. L_1 ve L_2 değişkenlerinin bölünmelerinin normal olduğunu ve değişkenlerin istatistik yönden bağımsız olduklarını varsayarsak ispata girmeden aşağıdaki teoremleri yazabiliriz.

i) Bağımsız normal değişkenlerin toplamının bölünmesi de normal olacaktır. Diğer bir ifade ile, L ile $L_1 + L_2$ ' yi gösterirsek;

$$L = L_1 + L_2 \quad (5.10)$$

durumunda L ' nin bölünmesi normal olacaktır. Ayrıca L ' nin aritmetik ortalama ve standart sapması L_1 ve L_2 değişkenlerinin aritmetik ortalama ve standart sapmaları;

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \bar{x}_1 + \bar{x}_2 \\ \sigma^2 &= \sigma_1^2 + \sigma_2^2 \end{aligned} \quad (5.11)$$

ii) Eğer $L = L_1 + L_2$ ifadesinde L ' nin bölünmesi normal ise onu meydana getiren L_1 ve L_2 değişkenlerinin herbirinin bölünmesi normal olacaktır.

Yukarıdaki teoremler açıklanırken, L sadece iki değişkenin toplamından oluşmuştur. Fakat aynı kural L ' nin n sayıda değişkenden oluştuğu durumları da

kapsamaktadır.

Tesadüfi değişkenler her zaman normal bir bölünmeye sahip olmayabilir. Buna rağmen bazı durumlarda bağımsız tesadüfi değişkenlerin bölünmeleri normal olmasada değişkenlerin toplamının bölünmesi normal olmakta, n değişken sayısı çok büyük olduğu takdirde toplamın bölünmesi normale yaklaşmaktadır. Basit olarak bu şekilde ifade edilebilen bu teoreme merkezi limit teoremi denilir.

Bu teorem bazı değişkenlerin bölünmesinin neden normal olduğunu ispat etmemekle beraber, normal bölünmenin açıklamasını yapmaktadır. Örneğin belirli yaştaki kız veya erkeklerin boy uzunluklarının normale uyduğu bilinmektedir. Fakat tesadüfi bir değişken olan boy uzunluğu; kalıtım, gıda, yaşama şartları vs. gibi çok sayıda bağımsız faktörün etkisi altındadır.

Basit tesadüfi seçim ve merkezi limit teoremi arasında ki mevcut ilişkiyi ise şu şekilde açıklayabiliriz;

Teoremle ilgili olarak n sayıda tesadüfi değişkenin $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, (değişkenlerin bölünmesi ne şekilde olursa olsun herbiri aynı bölünmeye sahip olmak üzere);

$$x = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n \quad (5.12)$$

toplamını ifade eden x değişkeninin bölünmesi yaklaşık olarak normal olacaktır. Bu durumda $\bar{x}$ 'in aritmetik ortalaması μ ve varyansı σ^2 da diğer değişkenlerin aritmetik ortalama ve varyanslarının toplamına eşit olacaktır.

$$\begin{aligned} \mu &= \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots + \mu_n = n\mu_i \\ \sigma^2 &= \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_n^2 = n\sigma_i^2 \end{aligned} \quad (5.13)$$

İki tesadüfi değişkenin (x_1 ve x_2) aynı bölünmeye sahip olmalarının istatistik anlamı şudur;

- Her iki değişkenin bölünmelerinin aynı türden olması (binom, normal, dikdörtgen vs. gibi). Aynı bölünmeye sahip değişkenlerin varlığı durumunda $\mu_1 = \mu_2$

- Değişkenlerin varyanslarının yani σ_1^2 ve σ_2^2 nin birbirine eşit olması:
 $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

Değişkenlerin aynı bölünmeye sahip olmalarını şu şekilde de açıklayabiliriz; Elimizde N tane mevcudu olan aynı yaştaki kız öğrencilere ait bir ana kütle olduğunu düşünelim: Bu ana kütle arasından tesadüfi ve iadeli olarak iki kişi seçerek boy uzunluklarını, x_1 ve x_2 , tesadüfi değişkenlerimiz olarak kabul edelim. Her iki değişkende aynı ana kütleden seçildiğinden dolayı bölünmeleride aynı olacaktır. Benzer şekilde bir ana kütleden tesadüfi olarak n birimlik bir örnek seçersek aynı bölünmeye sahip n sayıda tesadüfi değişken, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ elde edilmiş olur. Ancak örnek iadeli olarak seçildiği takdirde her birimin seçilme ihtimali aynı ve tesadüfi değişkenler birbirinden bağımsız olacaklardır. Fakat ana kütlelerin büyük ve örneğin kütleyle oranla küçük olduğu durumlarda iadesiz seçimlerde de değişkenleri bağımsız olarak kabul etmek herhangi bir sakınca oluşturmadağı gibi pratik bakımdan yararlı da olmaktadır.

Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında merkezi limit teoremini şu şekilde ifade etmek mümkündür. Aritmetik ortalaması μ ve varyansı σ^2 olan bir ana kütle içinden n birimlik bir tesadüfi örnek seçersek, aynı bölünmeye sahip n tesadüfi değişken ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) elde etmiş oluruz. Bu tesadüfi değişkenlerin aritmetik ortalaması, $\bar{x}$ ile göstereceğimiz örnek aritmetik ortalamasına eşit olacaktır.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) \quad (5.14)$$

Merkezi limit teoremine göre x_i ' lerin toplamına benzer şekilde x_i ' lerin toplamının n' e bölünmesi olan örnek aritmetik ortalaması $\bar{x}$ ' in bölünmesi de

yaklaşık olarak normal olacaktır. Bu durumda $\bar{x}$ ' lerin matematiksel değeri ana kütle ortalamasına eşit,

$$E(\bar{x}) = \mu \quad (5.15)$$

ve varyansı

$$\text{Var}(\bar{x}) = \frac{\sigma^2}{n} \times \frac{N-n}{N-1} \quad (5.16)$$

olacaktır. Dolayısıyla örnek aritmetik ortalamalarının ($\bar{x}$ ' lerin) standart sapması ise;

$$\sigma(\bar{x}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (5.17)$$

şeklinde belirlenecektir.

Buraya kadar olan bilgilerimizi özetlersek; normal dağılıma sahip bir ana kütleyle ait (N) aritmetik ortalama ve standart sapmayı bilmiyor veya ana kütlelerin tamamını inceliyemiyor isek, ana kütlelerden seçeceğimiz bir alt grubun (n) aritmetik ortalaması ve varyansı ana kütleyle temsil edecektir. Yani ana kütlelerin elemanları kullanılarak elde edilecek aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri ile bu alt gruba ait elde edilen değerler birbirine eşit çıkacaktır. Bu olayın gerçekleşebilmesi için $n / N \geq 0,05$ veya seçim iadesiz olmalıdır.

Tüm bu bilgilerin ışığı altında, görüntü analiz programı ile elde ettiğimiz görüntü dosyalarını incelersek; ana kütlelerin (N) varyansı ile standart sapmasını bildiğimiz için ana kütlelerden oluşturulacak alt gruba (n) ait varyans değerini saptayarak, bu değerden hareketle elde edilecek değerin, ana kütlelerin standart sapmasının (dolayısıyla ana kütlelerin) yüzde kaçını temsil ettiğini, dağılım normal olduğu için doğru orantı ile bulabiliriz. Bu işlem aşamasında ana kütleyle belli bir yüzde oranı ile temsil edecek olan grup seçiminde görüntüsü alınan yüzeyi alansal homojenlik

sınırları içersinde, 320 veya 640 görüntü dosyası ile temsil eden ana kütle yığını istatistiksel olarak incelemek gerekir.

Normal bir dağılım sunan ana kütle N ’ i temsil edecek olan n örneklemine ait sayısal verilerin sayısı $n / N \geq 0,05$ formülü ile tespit edilir. Bu formül yardımı ile saptanan n örneklemine ait sayılar, incelenen yüzeyin alansal pürüzlülüğün görüntü değerleri olarak sayısallaştırılması işleminde, her bir ana görüntü dosyasının inceleme yüzeyinde 8 ve 16’ ya bölünmesi ile alansal homojenliğin sağlandığı N_{640} için $n = 32$ ve N_{320} için $n = 16$ dır. Ana kütleyle ait istatistik değerleri (Bkz. Ek 4) ve n örneklemine ait saptanan sayı değerlerini, 5.17 ile verilen formülde kullanarak, ışığın geliş açısına göre oluşturulmuş olan g ve g_k dosyalarından seçilen örneklemelerin standart sapmalarını hesaplarız. Yapılmış olan hesaplamalar ve elde edilen yeni standart sapmaların ait olduğu ana kütleinin % kaçını temsil ettiği Tablo 5.1 de toplu olarak sunulmuştur.

Tablo 5.1 : N_{640} ve N_{320} grubundan örneklem ile elde edilen kümeye ait standart sapma değerleri ve yüzeyi temsil etme yüzdeleri

g dosyası	g_k dosyası
N_{640} $\sigma_N = 35.52$ $\sigma_n = 6.12$ $\%n = 17.24$	N_{640} $\sigma_N = 45.33$ $\sigma_n = 7.79$ $\%n = 17.24$
N_{320} $\sigma_N = 34.60$ $\sigma_n = 8.44$ $\%n = 24.40$	N_{320} $\sigma_N = 43.67$ $\sigma_n = 10.65$ $\%n = 24.40$

Tablodan da anlaşılacağı gibi; kalıbı alınan yüzeyin image process ile incelenmesi sonucunda elde edilen sayısal parlaklık değerlerinin istatistiksel incelemesi ile, bu yüzey ile ilgili yapılacak herhangi bir mühendislik amaçlı çalışma için; yüzeyin maksimum % 24.40’ ı ve minimum % 17.24’ ünü çalışmak yeterli olacaktır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Otam, teknik girişim ve çevre etkileşimi göz önüne alınarak gerçekleştirilen jeoteknik amaçlı çalışmalarda, hedeflerden birisi, ortamın mekanik parametrelerini saptamak ve bu değerlerin yapılması düşünülen teknik girişim ile olan uygunluğunu araştırmaktır.

Teknik girişim aşamasında ve de sonrasında, ortama aktarılan yeni ek yüklerin oluşturacağı etkilerin doğru saptanması, ayrıntılı jeolojik ve mühendislik jeolojisi çalışmaları ile gerçekleştirilir.

Bu çalışmada ortam, teknik girişim ve çevre etkileşimi ilişkisinde; İTÜ Ayazağa kampüsünün ortam özellikleri araştırılmıştır. Kampüs alanında geniş bir yayılım sunan Trakya formasyonunun kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı fasiyesleri ayırtlanarak her bir fasiyese ait tabaka kalınlıkları, çatlak sıklığı, çatlak açıklıkları, dolgu malzemesi, süreksizlik tipleri, fizikomekanik vd. özellikleri saptanmaya çalışılmıştır. İnceleme alanının ayrışma haritası yapılmış ve İTÜ göleti ve çevresinin jeolojik - mühendislik jeolojisi özellikleri saptanmıştır.

Trakya formasyonuna ait, kayaç yüzeylerindeki süreksizlik düzlemlerinin yüzey geometrisi, inceleme alanında gözlemlendikten sonra, kumtaşı mostralarındaki yüzey pürüzlülüğünün, formasyon pürüzlülüğünü karakterize edebileceğine karar verilmiştir. Literatürde pürüzlülük ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur. Yapılan bu çalışmada ise pürüzlülük; çalışma sahasında arazi gözlemlerine dayalı olarak ISRM'nin önerdiği yöntem ile laboratuvar da ise, yeni bir yöntem olarak görüntü analizi ile değerlendirilmiştir. Görüntü analizinde amaç, yüzey üzerine gelen ışık ışınlarının, yüzeyin pürüzlülüğüne bağlı olarak oluşturacağı gölge şiddetlerinin, sayısal olarak ifade edilmesidir. Bu şekilde parlaklık değeri şeklinde elde edilecek olan sayısal veriler ile bir kaya yüzeyinin parlaklık değerlerine bağlı alansal pürüzlülüğü saptanabilir.

İncelemek istediğimiz yüzeyin görüntü analizini yapabilmek için ilkin yüzey geometrisini içeren bire bir kalıbının alınması gerekmektedir. Alınan kalıp laboratuvarda istenilen boyutlarda yeni bir kalıp ile sabitlendikten sonra yüzey üzerine karanlık bir ortamda paralel ışık demeti düşürmemiz gerekir. Yüzey pürüzlülüğünün asimetrikmi yoksa simetrikmi olduğunun saptanabilmesi için, yüzey üzerine sağ ve sol köşelerinden paralel ışık demeti düşürülür ve her iki yandan gelen ışığın konumuna göre oluşacak görüntüler, yüzeye dik konumda sabitlenmiş bir video kamera ile alınarak, bilgisayara aktarılır. Bilgisayara aktarılan bu görüntüler, yüzey alanının boyutlarına bağlı olarak tek bir dosya veya birbirini takip eden n adet dosya olarak kaydedilirler. Görüntü analiz programı ile işlenen her bir görüntü alanına, analiz programı; yüzeyde oluşmuş olan gölgelerin şiddetine bağlı olarak 0 - 256 arasında sayısal değerler vermektedir. Bu değerleri kullanarak çizeceğimiz 3 boyutlu yüzey grafiklerini karşılaştırarak yüzey pürüzlülüğünün asimetrisini araştırabiliriz. Pürüzlü yüzey doğada çoğunlukla bulunduğu gibi alansal heterojenliğe sahip olsa bile, her bir görüntü dosyası, kendi içinde eşit alanlı alt dosyalara bölünürse; yüzeyin pürüzlülük ve simetri derecesine bağlı olarak, herhangi bir alt grupta homojen özellikler sunmaya başlar ve bundan sonra tek tek bölünerek oluşturulacak yeni alt dosyalardaki parlaklık değerlerinin maksimum ve minimum sayısal ifadelerinde çok büyük farklılıklar oluşmaz. Homojenliğin yakalandığı bu alt sınır ile onun bir alt grubuna ait sayısal parlaklık değerlerinin istatistiksel analizi ise; o yüzeyi kendi içindeki yüzde kaçlık bir kesiminin maksimum ve minimum oranda temsil edebileceğini gösterir.

İncelenecek olan yüzey alanının, üzerine paralel ışık demeti düşürmek ve yüzeye dik konumda yerleştirilmiş bir video kamera ile görüntüsünü almak, arazide mümkün olmadığı için; yüzeyin kalıbının bire bir alınması gereklidir. Kalıp alma işlemi için lateks sıvısının uygun olduğu yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

ABDÜSSELAMOĞLU, S., (1963). İstanbul Boğazı Doğusunda Mostra Veren Paleozoyik Arazide Stratigrafik ve Paleontolojik Yeni Müşahadeler, MTA Dergisi No : 60, Ankara

AKYÜZ, S., (1987). İstanbul Boğazı Batısının Jeolojisi, İTÜ MMLS Tezi, İstanbul

ALTINLI, İ, E., (1951). Kayışdağı Bölgesinin Jeolojisi, İÜ Fen Fakültesi Mecmuası Seri : B, Cilt : XVI, Sayı : 2, İstanbul

ARIÇ, C., (1955). Haliç - Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi, İTÜ Maden Fakültesi, Doktora Tezi, İstanbul

ASTM E 430, (1983). Method for Measurement of Gloss of High Gloss Surfaces by Goniophotometry.

ASTM D 523, (1989). Standart Test Method for Specular Gloss

BAYKAL, A, F, KAYA, O., (1963). İstanbul Bölgesinde Bulunan Karboniferin Genel Stratigrafisi, MTA Dergisi Sayı : 41, Ankara

CHAPUT, E., (1936). Voyages D'etudes-Geologique et Geomorphogenique en Turquie. Mem. de L'inst. Franche D'Archeol. D'İstanbul, II, Paris

DUNCAN, C, W., (1992). Foundations on Rocks, Chapman & Hall Publishers, London

- ERDOĞAN, M., (1973).** İTÜ Ayazağa Kampüs Alanındaki Grovákların Fizikomekanik Özellikleri, Basınç Direnci - Aşınma İlişkisinin Deneyisel Araştırılması, İTÜ Uygulamalı Jeoloji ABD
- ERGUVANLI, K., (1995).** Mühendislik Jeolojisi, Seç Yayınları, İstanbul
- ERİŞ, İ., (1993).** İTÜ Gölet Yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi, İTÜ Maden Fakültesi Uygulamalı Jeoloji ABD
- ERİŞ, İ. - VARDAR, M., (1994).** Ulaşımda Yeraltı Kazıları I. Sempozyumu. 1994, Maçka - İstanbul
- ERİŞ, İ., (1995).** Yeraltı Kazıları Sempozyumu İstanbul Metrosu Jeoteknik Sorunları, 1995, İstanbul
- FECKER, E, RENGERS, E., (1971).** Measurement of Large Scale Roughness of Rock Planes by Means of Profilograph and Geological Compass, Symposium Soc. Internant. Mecanique des Roches
- GOODMAN, R, E., (1993).** Engineering Geology John Wiley & Sons, Inc, USA
- GÖRÜR, N. - OKAY, A, C., (1995).** İstanbul Zonguldak Paleozoyik İstifinin Paleocografik ve Tektonik Konumu, Zonguldak Havzası Araştırma Kuyuları I, Sayfa : 27 - 41, Kozlu
- HAAS, W., (1968).** Das Alt - Palaozoikum von Bithynien (Nordwest Turkei), N. Jb. Geol. Palaont. Abh. 131/2, p. 60 - 68
- ISRM** Commission for Standardization of Laboratory and Field Tests. 1978. Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 15(6), pp. 319 - 368

KAYA, O., (1971). İstanbulun Karbonifer Stratigrafisi, Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Jeoloji Kürsüsü

KAYA, O., (1973). Paleozoic of Istanbul, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No : 40, Sayfa : 143, Bornova - İzmir

KETİN, İ., (1953). Tektonische Untersuchungen auf den Prinzeninselnnahe İstanbul, Geol. Rdsch. 41, s.161 - 172, Stuttgart

KORUM, U., (1981). İstatistige Giriş, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları No : 483

KÖKSAL, B, A., (1985). İstatistik Analiz Metodları, Çağlayan Kitabevi, İstanbul

KULLMANN, J., (1973). Goniatile - Coral Associations from the Devonian of İstanbul, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No : 40, p. 97

MILLER, S, M. - McWILLIAMS, C. & KERKERING, J, C., (1989).
Evaluation of Stereo Digitizing for Measuring Rock Fracture, Rock Mech. Proc. 30th US Symp., p. 201 - 208, Rotterdam

MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ BÜLTENİ., (1988). Erguvanlı Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, Sayı : 11, Sayfa : 13 - 17

OKAY, A, C., (1947). Alemdağ - Karlıdağ ve Kayışdağ Arasındaki Bölgenin Jeolojisi ve Petrografisi, İÜ Fen Fakültesi Mecmuası B : XII, 4, Sayfa : 269 - 278

OZULOĞUL, A., (1994). Süpren Mermerlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Yüzey Parlaklığının Saptanmasında Yeni Bir Yaklaşım, İstanbul Teknik Üniversitesi, MMLS Tezi, İstanbul

ÖNALAN, M., (1981). Pendik Bölgesi ile Adaların Jeolojisi ve Sedimenter Özellikleri, İstanbul Üniversitesi, Yer Bilimleri Fakültesi Jeoloji Bölümü, Doktora Tezi, İstanbul

PAECKELMANN, W., (1938). Neue Beitrage zur Kenntnis der Geologie, Palaeontologie und Petrographie der Umgegend von Konstantinopel, Abh. d. Preuss Geol. Lands. 186, s.1 - 202

PAOLOGIANI, G., (1992). Rock Slope Stability Analysis, Balkema Publishers USA

PENCK, W., (1919). Grundzüge der Geologie des Bosphorus Veröff. Inst. f. Meeresk, N.F.A.4, Berlin

SAYAR, C., (1962). New Observations in the Palaeozoic Sequence of the Bosphorus and Adjoining Areas, Istanbul, Turkey Symp. Bond. 2 Int. Silur - Devon, Bonn - Bruxelles, p. 222 - 223

SAYAR, C., (1979). İstanbul, Pendik Kuzeyinde Kayalidere Grovalarının Biyostratigrafisi ve Brakiyopodları, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul

SERPER, Ö., (1986). Uygulamalı İstatistik Cilt 1 - 2, Filiz Kitabevi Beyazıt, İstanbul

SWAN, G., (1981). Tribology and Characterization of Rock Joints, Rock Mech. App. 22nd US Symp., p. 402 - 407, Cambridge

TARHAN, F., (1989). Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın No 145 - 41

TCHIHATCHEFF, P, DE., (1864). Le Bosphore et Constantinople, P : 442, Paris

TEZGÖREN, G., (1973). İTÜ Ayazağa Kampüs Alanındaki Grovákların Fizikomekanik Özellikleri ve Basınç Direnci - Ayrışma İlişkisinin Deneysel Araştırılması, İTÜ Uygulamalı Jeoloji ABD

VARDAR, M., (1989). Geologie Felsmechanik Felsbau Festkolloquium. 1988, Salzburg

VARDAR, M. - ERİŞ, İ., (1994). Ulaşımda Yeraltı Kazıları I. Sempozyumu. 1994, Maçka - İstanbul

VARDAR, M. - ERİŞ, İ., (1995). Proceeding of the International Symposium on Anchors in Theory and Practice. 1995, Salzburg - Austria

WEISSBACH, C., (1978). A New Method for the Determination of the Roughness of Rock Joints in Lab., Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 16, p. 303 - 307

WITTKE, W., (1990). Rock Mechanics, Springer - Verlag Berlin Heidelberg

YALÇINLAR, İ., (1951). İstanbul Civarının Paleozoik Arazisine Dair Yeni Müşahedeler, T. Jeol. K. Bült. V. III, No : 1, Sayfa : 125 - 129, Ankara

YALÇINLAR, İ., (1956). İstanbul'da Bulunan Graptolitli Silür Şiştleri Hakkında Not, İÜ Coğrafya Enst. Dergisi Sayı : 4, Sayfa : 157 - 160

YAVUZ, F, GÜLTEKİN, A, H., (1990). Jeokimyasal Değişkenlerin Değişim Karakteristiklerinin (Normal-log Normal) Saptanması, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını ,Cilt 48, Sayı 2



E K A

SONDAJ METODU: Rotary		131		Maslak		SONDAJ NO: SK 1	
SONDAJIN ÇAP: 76 mm.				/ ist.		Hepsi 2.. sayfadır.	
MUHAFAZA BORUSU ÇAP: HW				SONDAJ DÜŞÜRLÜSÜ: Düşey		ZEMİN KOTU:	
SONDAJ MAKİNASI: GMS-300						Başlangıç/Bitim tarihi 12-17/03/1993	
NUMUNELER VE ARAZİ DENEYLERİ	S.P. DENEYİ DARBELERİ	MUH. BOR DER (m.)	yeraltı suyu derinliği (m.)	RQD % RQD %	TARİH VE DER (m.)	TABAKA TANIMI:	KOT (m)
DERİNLİK (m)	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm				
						Açık kahverenkli, ince taneli, ince tabakalı, çok sık eklemli, üst kesimleri ayrılmış KUMTAŞI-SİLT TAŞI orta zayıf-orta sağlam.	
				65	0	1.50	
						3.00	
				100	24	4.00	
				100	0	5.00	
				100	0	5.50	
				100	74	6.50	
				100	47	8.00	
						Gri kahverenkli, ince tabakalı, sık eklemli KUMTAŞI orta sağlam.	
						Gri açık kahverenkli, orta tabakalı, sık eklemli KİLT AŞI	
				100	12	8.70	
						9.50	
				100	0	10.00	
				100	0	11.50	
				100	30	12.50	
				100	32	13.50	
				100	15	15.00	
				100	53	16.50	
				100	47	18.00	
				70	21	19.50	
DİTİMSİLİ NUMUNE		PİSTON (P) VEYA KAROT		NOTLAR:			
BD: KAŞIK NUMUNESİ		NUMUNESİ BOY ÖLÇEKLİ					
U: ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE		İŞARETLENMİŞTİR					
W: SU NUMUNESİ		K: PERMEABİLİTE DENEYİ					
V: VANE DENEYİ		P: PRESSİYOMETRE DENEYİ					
İŞ VEREN:		LOGU ÇİZEN:					
I T Ü		I. Çabuk					
		SONDAJ: Hasan		GEOS. GEOTEKNİK VE SONDAJCILIK LTD.			
		YAPANI: KOLUKUŞA					

Ek A : İTÜ Göleti SK sondaj sonuçları

SONDAJ METODU:		Rotary		132		İTÜ Maslak		SONDAJ NO: SK 1	
SONDAJIN ÇAPİ:		76 mm.				Kampüsü/İst.		Hepsi 2... sayfadır.	
MUHAFAZA BORUSU ÇAPİ:		HW		SONDAJ DOĞRULTUSU:		Düşey		ZEMİN KOTU:	
SONDAJ MAKİNASI:		GMS-300						Başlangıç/Bitim tarihi:	
NUMUNELER VE ARAZİ DENEYERİ	S.P.T. DENEYİ	MUH. BOR. DER.	yeraltı suyu derinli (m)	Q ₂₀ (%)	RQD (%)	TARİH VE DER (m)	TABAKA TANIMI:		KOT (m)
DERİNLİK (m)	0-15	15-30	30-45						PROFİL
				100	21	20.50	SONDAJ Bitimi		
D: TEMSİLİ NUMUNE BO: KAŞIK NUMUNESİ U: ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE W: SU NUMUNESİ V: VANE DENEYİ						P: PİSTON (P) VEYA KAROT NUMUNESİ BOY ÖLÇEKLİ İŞARETLENMİŞTİR K: PERMEABİLİTE DENEYİ P: PRESSİYOMETRE DENEYİ			
İS VEREN:						LOGU ÇİZEN:			
İ T O						T. Cabuk			
						SONDAJ: Hasan YAPAN: KOLUKİSA			
						GEOS. GEOTEKNİK VE SONDAJCILIK LTD.			

SONDAJ METODU: Rotary										TU Maslak Kamp		SONDAJ NO:S.2	
SONDAJIN ÇAPI: 66/76 mm.										Gölet Sondajı		Hepsi...1...sayfadır.	
MUHAFAZA BORUSU ÇAPI: NW										SONDAJ DOĞRULTUSU: Düşey		ZEMİN KOTU:	
SONDAJ MAKİNASI GMS-300												Başlangıç/Bitim Tarihi 02-09.03.1993	
NUMUNELER VE ARAZİ DENEYLERİ		SPT DENEYİ		MUH. BOR DER.	yeraltı suyu derinliği (m)	L OG UN K ON SU YU (%)	RQD (%)	TARİH VE DER (m)	TABAKA TANIMI :	KOT (m)	PROFİL		
Derinlik (m)	Bor Çapı (cm)	SPT Çakmağı (cm)	Darbeleri (cm)	(m.)	(m)	(%)	(%)	(m)					
0.50	D1	3	5	7	0.00				Orta katı,koyu kahverengi,siltli,kumlu KİL.				
1.00	D2	6	6	7									
1.50	D3	5	5	5									
2.00	D4	6	6	7									
2.50	D5	5010	-	-									
3.50	BD1							3.20	Gri,koyu gri renkli,çok sık kırık ve çatlaklı,yer yer ileri derecede ayrılmış(3.20-11.00 m.ler arası ileri derecede ayrılmış)çatlakları sekonder kalsit dolgulu ince-orta tabakalı,inçe daneli KUMTAŞI,orta sağlam-sağlam.				
4.00	BD2												
4.50	BD3												
5.00	BD4												
5.50	BD5												
6.00	BD6												
6.50	BD7												
7.00	BD8												
7.50	BD9												
8.00	BD10												
8.50	BD11												
9.00	BD12												
9.50	BD13												
10.00	BD14							11.00					
10.50	BD15												
11.00													
					12.00	50	0	12.00					
					NW	57	0						
						13	0	13.50					
						21	10	15.00					
						93	73	16.50					
						100	57	18.00					
						100	40	19.50					
						100	40	20.00					
DİTEMSİLİ NUMUNE										PİSTON (P) VEYA KAROT		NOTLAR:Sondaj Talvek'te yapılmıştır	
BO:KAŞIK NUMUNESİ										NUMUNESİ BOY ÖLÇEKLİ			
U:ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE										İŞARETLENMİŞTİR			
W:SU NUMUNESİ										K.PERMEABILITE DENEYİ			
V:YANE DENEYİ										P-PRESSİYOMETRE DENEYİ			
İŞ VEREN: İ.T.Ü.										LOGO ÇİZEN: İbrahim CABUK		GEOS. GEOTEKNİK VE SONDAJCILIK LTD.	
										SONDAJCI HASAN YARAN: Kolukılısa			

SONDAJ METODU:		Rotary		İŞYERİ: İTÜ Maslak		SONDAJ NO: SK 3		
SONDAJIN ÇAPı:		76 mm.		Kampüsü/İst.		Hepsi.1 sayıdır.		
MUHAFAZA BORUSU ÇAPı: HW				SONDAJ DOĞRULTUSU Düşey		ZEMİN KOTU:		
SONDAJ MAKİNASI: GMS-300						Başlangıcı/Biti m tarını 17-18/03/1992		
NUMUNELER VE SPT DENEYİ		MUH.	yeraltı	RQD	TARİH	TABAKA TANIMI:	KOT	PROFİL
ARAZİ DENEYLERİ	DARBELERİ	BOR DER (m)	suyu derinli (m) 9'	(%)	(%)		(m)	
DERİNLİK (m)	Bo (cm)	IS (cm)	SO (cm)					
						L 50		
				20	0	300		
				33	0	450		
				25	0	600		
				20	0	750		
				33	0	900		
				25	0	1050		
				35	23	1200		
				30	20	1350		
				50		1500		
				27		1650		
				35		1800		
				100		1950		
				100		2000		
NOTLAR:						SONDAJ BİTİMİ		
O.TEMSİLİ NUMUNE		PİSTON (P) VEYA KAROT		NOTLAR:				
BO:KAŞIK NUMUNESİ		NUMUNESİ BOYÖLCEKLİ						
U.ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE		İŞARETLENMİŞTİR						
W.SU NUMUNESİ:		K.PERMEABILITE DENEYİ						
V.VANE DENEYİ		P.PRESSİYOMETRE DENEYİ						
İS VEREN:		LOGU ÇİZEN:						
İ T Ü		T.Cabuk						
		SONDAJLI HASAN YAPAN: KOLUKİSA		GEOS. GEOTEKNİK VE SONDAJCILIK LTD.				

SONDAJ METODU: Rotary		İŞ YERİ: İTÜ Maslak		SONDAJ NO: SK 4	
SONDAJIN ÇAPİ: 76 mm.		Kampüsü/İst.		Hepsi 1 sayfadır.	
MUHAFAZA BORUSU ÇAPİ: 114		SONDAJ DOĞRULTUSU: Düşey		ZEMİN KOTU:	
SONDAJ MAKİNASI: GMS-300				Başlangıç/Bitim tarihi 01-03/04/1993	
NUMUNELER VE ARAZİ DENEYLERİ	SRT DENEYİ	MUH. yerli suyu	Q ₁₀₀	RQD	TARİH VE DER
DERİNLİK (m)	Tip no	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm
TABAKA TANIMI:					
KOT (m)					
PROFİL					
35 0 L 50					
30 10 100					
40 0 450					
25 0 600					
35 0 750					
40 0 850					
36 0 1050					
38 0 1200					
42 0 1350					
70 0 1500					
70 18 1650					
75 20 1800					
100 0 1900					
100 10 2000					
SONDAJ BİTTİ					
Dİ TEMSİLİ NUMUNE		PİSTON (P) VEYA KAROT		NOTLAR:	
BO: KAŞIK NUMUNESİ		NUMUNESİ BOY ÖLÇEKLİ			
U: ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE		İŞARETLENMİŞTİR			
W: SU NUMUNESİ		K: PERMEABİLİTE DENEYİ			
V: VANE DENEYİ		P: PRESSİYOMETRE DENEYİ			
İŞ VEREN:		LOĞU ÇİZEN:		GEOS. GEOTEKNİK VE SONDAJCILIK LTD.	
İ T Ü		I. Çabuk			
		SONDAJCI: Hasan			
		YAPAN: Koluklı			

SONDAJ METODU: Rotary		İŞ YERİ: İTÜ Maslak		SONDAJ NO: SK 5	
SONDAJIN ÇAPİ: 76 mm.		Kampüsü/İst.		Hepsi 1... Sayıdır.	
MUHAFAZA BORUSU ÇAPİ: HW		SONDAJ DOĞRULTUSU: Düşey		ZEMİN KOTU:	
SONDAJ MAKİNASI: GMS-300				Başlangıç/Bitim tarihi 05-07/04/1993	
NUMUNELER VE ARAZİ DENEYLERİ	SPT DENEYİ	MUH. YERİ	YERLİ SUYU	RQD	TARİH VE DER.
DERİNLİK (m)	Tip ve 0-15-15-30-45-60-75-90-105-120-135-150-165-180-195-210-225-240-255-270-285-300-315-330-345-360-375-390-405-420-435-450-465-480-495-510-525-540-555-570-585-600-615-630-645-660-675-690-705-720-735-750-765-780-795-810-825-840-855-870-885-900-915-930-945-960-975-990-1005-1020-1035-1050-1065-1080-1095-1110-1125-1140-1155-1170-1185-1200-1215-1230-1245-1260-1275-1290-1305-1320-1335-1350-1365-1380-1395-1410-1425-1440-1455-1470-1485-1500-1515-1530-1545-1560-1575-1590-1605-1620-1635-1650-1665-1680-1695-1710-1725-1740-1755-1770-1785-1800-1815-1830-1845-1860-1875-1890-1905-1920-1935-1950-1965-1980-1995-2010-2025-2040-2055-2070-2085-2100-2115-2130-2145-2160-2175-2190-2205-2220-2235-2250-2265-2280-2295-2310-2325-2340-2355-2370-2385-2400-2415-2430-2445-2460-2475-2490-2505-2520-2535-2550-2565-2580-2595-2610-2625-2640-2655-2670-2685-2700-2715-2730-2745-2760-2775-2790-2805-2820-2835-2850-2865-2880-2895-2910-2925-2940-2955-2970-2985-3000-3015-3030-3045-3060-3075-3090-3105-3120-3135-3150-3165-3180-3195-3210-3225-3240-3255-3270-3285-3300-3315-3330-3345-3360-3375-3390-3405-3420-3435-3450-3465-3480-3495-3510-3525-3540-3555-3570-3585-3600-3615-3630-3645-3660-3675-3690-3705-3720-3735-3750-3765-3780-3795-3810-3825-3840-3855-3870-3885-3900-3915-3930-3945-3960-3975-3990-4005-4020-4035-4050-4065-4080-4095-4110-4125-4140-4155-4170-4185-4200-4215-4230-4245-4260-4275-4290-4305-4320-4335-4350-4365-4380-4395-4410-4425-4440-4455-4470-4485-4500-4515-4530-4545-4560-4575-4590-4605-4620-4635-4650-4665-4680-4695-4710-4725-4740-4755-4770-4785-4800-4815-4830-4845-4860-4875-4890-4905-4920-4935-4950-4965-4980-4995-5010-5025-5040-5055-5070-5085-5100-5115-5130-5145-5160-5175-5190-5205-5220-5235-5250-5265-5280-5295-5310-5325-5340-5355-5370-5385-5400-5415-5430-5445-5460-5475-5490-5505-5520-5535-5550-5565-5580-5595-5610-5625-5640-5655-5670-5685-5700-5715-5730-5745-5760-5775-5790-5805-5820-5835-5850-5865-5880-5895-5910-5925-5940-5955-5970-5985-6000-6015-6030-6045-6060-6075-6090-6105-6120-6135-6150-6165-6180-6195-6210-6225-6240-6255-6270-6285-6300-6315-6330-6345-6360-6375-6390-6405-6420-6435-6450-6465-6480-6495-6510-6525-6540-6555-6570-6585-6600-6615-6630-6645-6660-6675-6690-6705-6720-6735-6750-6765-6780-6795-6810-6825-6840-6855-6870-6885-6900-6915-6930-6945-6960-6975-6990-7005-7020-7035-7050-7065-7080-7095-7110-7125-7140-7155-7170-7185-7200-7215-7230-7245-7260-7275-7290-7305-7320-7335-7350-7365-7380-7395-7410-7425-7440-7455-7470-7485-7500-7515-7530-7545-7560-7575-7590-7605-7620-7635-7650-7665-7680-7695-7710-7725-7740-7755-7770-7785-7800-7815-7830-7845-7860-7875-7890-7905-7920-7935-7950-7965-7980-7995-8010-8025-8040-8055-8070-8085-8100-8115-8130-8145-8160-8175-8190-8205-8220-8235-8250-8265-8280-8295-8310-8325-8340-8355-8370-8385-8400-8415-8430-8445-8460-8475-8490-8505-8520-8535-8550-8565-8580-8595-8610-8625-8640-8655-8670-8685-8700-8715-8730-8745-8760-8775-8790-8805-8820-8835-8850-8865-8880-8895-8910-8925-8940-8955-8970-8985-9000-9015-9030-9045-9060-9075-9090-9105-9120-9135-9150-9165-9180-9195-9210-9225-9240-9255-9270-9285-9300-9315-9330-9345-9360-9375-9390-9405-9420-9435-9450-9465-9480-9495-9510-9525-9540-9555-9570-9585-9600-9615-9630-9645-9660-9675-9690-9705-9720-9735-9750-9765-9780-9795-9810-9825-9840-9855-9870-9885-9900-9915-9930-9945-9960-9975-9990-10005-10020-10035-10050-10065-10080-10095-10110-10125-10140-10155-10170-10185-10200-10215-10230-10245-10260-10275-10290-10305-10320-10335-10350-10365-10380-10395-10410-10425-10440-10455-10470-10485-10500-10515-10530-10545-10560-10575-10590-10605-10620-10635-10650-10665-10680-10695-10710-10725-10740-10755-10770-10785-10800-10815-10830-10845-10860-10875-10890-10905-10920-10935-10950-10965-10980-10995-11010-11025-11040-11055-11070-11085-11100-11115-11130-11145-11160-1				

SONDAJ METODU: Rotary		İŞ YERİ: İTÜ Maslak		SONDAJ NO: S 6	
SONDAJIN ÇAPİ: 76 mm.		Kampüsü/İst.		Hepsi..2..sayfadır.	
MUHAFAZA BORUSU ÇAPİ: NW		SONDAJ DOĞRULTUSU: Düşey		ZEMİN KOTU:	
SONDAJ MAKİNASI: GMS-300				Başlangıç/Bitim tarihi 8-16.4.1997	
NUMUNELER VE ARAZİ DENEYLERİ	SPT DENEYİ	MUH. BOR. DER. (m.)	yeraltı suyu derinliği (m.)	RQD (%)	TARİH VE DER. (m.)
DERİNLİK (m.)	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm		
		150			150
				55	19
			320		3.00
				66	29
					4.50
				60	25
					6.00
				59	13
					7.50
				100	96
				30	0
					9.50
				35	0
					11.00
				32	0
					12.50
				70	20
					13.50
				100	60
					14.50
				89	51
					14.90
					15.70
				91	46
					16.90
				100	83
					18.00
				91	25
					19.50
				100	57
					20.00
TABAKA TANIMI:		KOT (m)		PROFİL	
Sarı-açık kahverengi, eklemli, çok kırıklı-parçalı, orta derecede ayrılmış KİLTAŞI-SİLT TAŞI, orta sağlam					
14.50-14.90 m. ler arası gri-koyu gri renkli					
Yeşil-gri renkli, ince taneli, seyrek eklemli, az derecede ayrılmış DİYABAZ, sağlam					
15.80-16.00m. ve 16.30-16.90m. ler arası kıltaşı bandı mevcut					
D:TEMSİLİ NUMUNE		P:İSTON (P) VEYA KAROT		NOTLAR:	
BD:KAŞIK NUMUNESİ		NUMUNESİ BOYÖLÇEKLİ		0.00-1.50m. arası rock bit ile ilerleme yapıldı	
U:ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE		İŞARETLENMİŞTİR			
W:SU NUMUNESİ		K:PERMEABİLİTE DENEYİ			
V:VANE DENEYİ		P:PRESSİYOMETRE DENEYİ			
İŞ VEREN:		LOGU ÇİZEN:		GEOS. GEOTEKNİK VE SONDAJCILIK LTD.	
İ T Ü		t. cabuk			
		SONDAJCI			
		YAPAN: H. KOLUKİSA			

SONDAJ METODU:		Rotary		İŞ YERİ: İTÜ Maslak		SONDAJ NO:	
SONDAJIN ÇAPİ:		76 mm.		Kampüsü/İst.		Hepsi... 2. sayfadır.	
MUHAFAZA BORUSU ÇAPİ:		NW		SONDAJ DOĞRULTUSU: Düşey		ZEMİN KOTU:	
SONDAJ MAKİNASI:		GMS-100				Başlangıç/Bilim tarihi 8-16.4.1993	
NUMUNELER VE ARAZİ DENEYLERİ	SPT DENEYİ	MUH. BOR DER (m)	yeraltı suyu derinliği (m)	RQD (%)	TARİH VE DER (m)	TABAKA TANIMI:	KOT (m)
DERİNLİK (m)	Tip ve no	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm			
				77	37	Ayrıışmış DİYABAZ	
				82	58	Gri-koyu gri renkli, seyrek eklemli, az kırıklı, KİLTAŞI, orta sağlam	
				100	90		
				100	96		
					2.00		
SONDAJ BİTİMİ							
D:TEMSİLİ NUMUNE							■:PİSTON (P) VEYA KAROT
BO:KAŞIK NUMUNESİ							NUMUNESİ BOY ÖLÇEKLİ
U:ÖRSELENMEMİŞ NUMUNE							İŞARETLENMİŞTİR
W:SU NUMUNESİ							K:PERMEABİLİTE DENEYİ
V:YANE DENEYİ							P:PRESSİYOMETRE DENEYİ
İŞ VEREN:				LOGU ÇİZEN:		NOTLAR:	
İ T Ü				İ.Çabuk			
				SONDAJ YAPAN: H.kolukısa		GEOS. GEOTEKNİK VE SONDAJCILIK LTD.	



Е К В

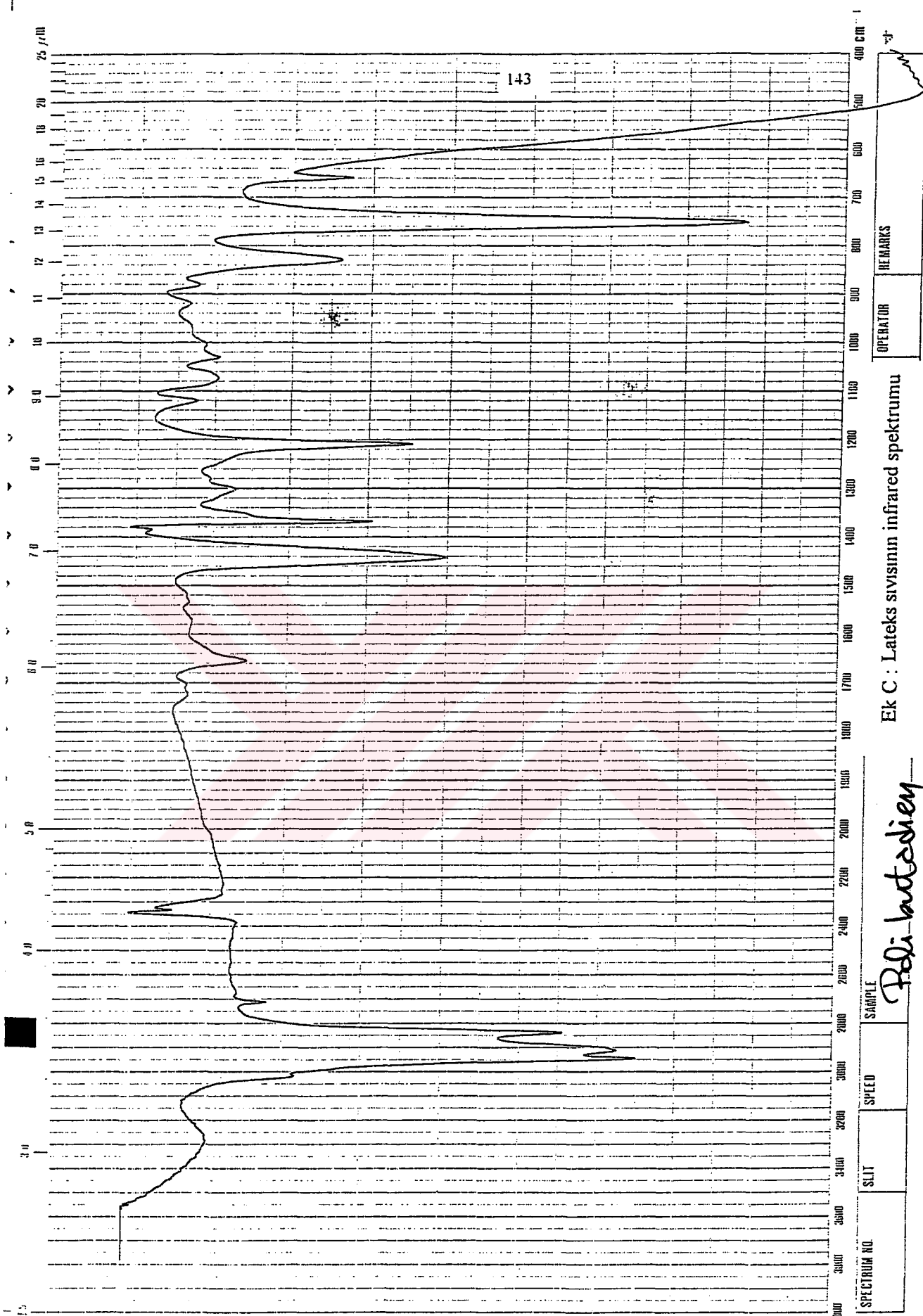
Dogrultu	Eğim	Dogrultu	Eğim	Dogrultu	Eğim	Dogrultu	Eğim	Dogrultu	Eğim	Dogrultu	Eğim	Dogrultu	Eğim	Dogrultu	Eğim
-60	62	-28	21	-33	18	-36	-14	52	-37	55	16				
-63	63	-54	25	-75	40	-9	-25	-36	-14	40	-15				
-50	73	-62	27	-62	31	-60	-18	-33	18	52	-37				
-58	67	-60	24	-58	27	-18	-6	-75	40	10	-32				
-61	69	-15	16	-70	22	20	-25	-62	31	-9	-25				
-65	20	-4	27	-40	25	22	-19	-58	27	-60	-18				
-62	28	-68	21	17	-30	24	-18	-70	22	-18	-6				
-57	31	-57	18	20	29	62	-18	-40	25	20	-25				
-60	29	-75	22	-32	23	-18	38	17	-30	22	-19				
-63	32	-80	22	-49	25	-54	-6	20	29	24	-18				
-79	22	-83	30	22	-25	-48	-26	-32	23	62	-18				
-72	35	-78	29	45	-60	29	11	-49	25	-18	38				
-62	38	-45	15	-50	-38	-45	15	22	-25	-54	-6				
-58	50	-35	9	4	-28	-35	9	45	-60	-48	-26				
-64	47	-53	18	-42	-23	-53	18	-50	-38	29	11				
-73	52	-47	21	69	21	-47	21	4	-28	80	30				
-61	38	-55	19	-72	-34	-55	19	-42	-23	38	-23				
-67	42	-49	22	-10	-45	-49	22	69	21	-8	-16				
-57	33	-55	24	-40	-13	-55	24	-72	-34	16	27				
-75	58	60	20	-40	-27	60	20	-10	-45	8	35				
-67	62	-87	-25	-80	-30	-87	-25	-40	-13	65	-45				
-69	64	-72	-23	22	-40	-72	-23	-40	-27	-48	-11				
-67	61	-18	17	35	-60	-18	17	-80	-30	35	15				
-55	67	-39	20	-61	40	-39	20	22	-40	70	-30				
-62	58	-27	15	10	41	-27	15	35	-60	29	-12				
-72	62	-25	20	-64	-38	-25	20	-61	40	-22	34				
-12	58	-22	17	-50	-28	-22	17	10	41	-12	30				
-15	15	-38	22	-25	29	-38	22	-64	-38	5	-10				
-12	8	-75	25	-37	-24	-75	25	-50	-28	-10	20				
-86	15	47	-15	-68	30	47	-15	-25	29	45	-22				
-25	18	19	-10	31	-32	19	-10	-37	-24	-30	25				
-30	10	-42	24	-81	-20	-42	24	-68	30	-12	21				
-37	17	-43	28	55	16	-43	28	31	-32	-8	-27				
-41	22	-26	3	40	-15	-26	3	-81	-20	80	-15				

Ek B : Arazi dogrultu ve eğim ölçümlerinin kutupsal koordinat sistemine uyarlanması

-40	-42	62	-25	-3	-50						
-5	-35	-55	-20	-37	-31						
-20	-35	-65	-22	-10	-45						
-20	65	-25	32	-35	-30						
-25	-15	-28	36	87	-45						
-50	15	-35	45	20	55						
-62	16	-50	-22	-84	-47						
37	23	-50	-23	-86	-25						
50	20	53	31	29	32						
-28	-19	47	29	-23	45						
-35	-26	-52	48	-36	66						
6	21	30	-10	60	24						
-10	15	-70	-30	63	49						
-14	13	-58	-36	-75	-21						
-29	-27	30	-28	-60	80						
20	-70	5	35								
-30	34	-80	-25								
5	-15	30	27								
57	-16	-60	-39								
-25	-22	-67	-23								
40	-40	-60	-19								
-30	-52	-84	-29								
35	-37	-15	-18								
28	-41	-50	47								
45	-15	-83	-20								
30	-45	-30	-23								
-36	-42	-34	-46								
-37	31	-45	-27								
-20	20	55	29								
-15	31	-10	18								
-21	28	-13	21								
-53	-23	-25	-23								
-5	40	-25	-27								
-5	55	30	23								
50	25	-65	-36								



E K C



Ek C : Lateks sıvısının infrared spektrumu

SPECTRUM NO	SLIT	SPEED	SAMPLE
			Poli butadien

OPERATOR	REMARKS



E K D

ARITMETİK ORTALAMA	=	83.5
VARIANS	=	287.75
STANDART SAPMA	=	16.9632
GERCEK STN. SAPMA	=	17.39815
MEDIAN	=	83.75
MOD	=	84.25
ASIMETRI	=	-4.421337E-02
DEĞİŞİM KATSAYISI	=	.203152
STANDART HATA	=	2.682117
TEMEL DEĞER	=	100.8981
ESİK DEĞER	=	118.2963
MUHEMEL ANOMALI	=	135.6944

<BİR TUSA BASIN>

$\Sigma X_i.F$	=	3340	$\Sigma (\Omega X)^2.F$	=	11510
$\Sigma (\Omega X)^3.F$	=	-12570	ΣF	=	40
ORTALAMA	=	83.5	S^2	=	295.1282
S	=	17.1793	VAR. KAT.	=	20.57401 %
$+(\tau \%5)$	=	88.93257	$-(\tau \%5)$	=	78.06743
$\Sigma (\Omega X)^4$	=	1787600	$\Sigma (\Omega X)^4.F$	=	7723993
3.CU MOMENT	=	-314.25	4.CU MOMENT	=	193099.8
A	=	-6.198108E-02	E	=	-.7830273
σA	=	.3872983	σE	=	.7745967
KOSUL [1]	=	-.1600345	KOSUL [2]	=	-1.010884
DAGILIM NORMALDIR					

Ek D : Ana g dosyalarına ait 40 adet sayısal verinin istatistiksel analizi

ARITMETİK ORTALAMA	=	83.5
VARIANS	=	427.75
STANDART SAPMA	=	20.68212
GERCEK STN. SAPMA	=	20.94392
MEDIAN	=	85.45454
MOD	=	89.36363
ASIMETRI	=	-.2835122
DEĞİŞİM KATSAYISI	=	.24769
STANDART HATA	=	2.312331
TEMEL DEĞER	=	104.4439
ESİK DEĞER	=	125.3878
MUHTEMEL ANOMALİ	=	146.3318

<BİR TUSA BASIN>

$\Sigma X_i.F$	=	6680	$\Sigma (\Omega X)^2.F$	=	34220
$\Sigma (\Omega X)^3.F$	=	-142740	ΣF	=	80
ORTALAMA	=	83.5	S^2	=	433.1646
S	=	20.8126	VAR. KAT.	=	24.92528 %
$+(\tau \%5)$	=	88.15384	$-(\tau \%5)$	=	78.84616
$\Sigma (\Omega X)^4$	=	1.46554E+07	$\Sigma (\Omega X)^4.F$	=	3.899118E+07
3.CU MOMENT=	-1784.25	4.CU MOMENT=	487389.8		
A	=	-.1979139	E	=	-.4024095
σA	=	.2738613	σE	=	.5477226
KOSUL [1]	=	-.7226795	KOSUL [2]	=	-.7346959
DAGILIM NORMALDIR					

Ek D₁ : g dosyalarının 2' ye bölünmesiyle oluşan 80 adet sayısal verinin istatistiksel analizi

ARITMETİK ORTALAMA	=	84
VARIANS	=	874
STANDART SAPMA	=	29.56349
GERCEK STN. SAPMA	=	29.74943
MEDIAN	=	78.75
MOD	=	68.25
ASIMETRI	=	.5327517
DEGISIM KATSAYISI	=	.3519463
STANDART HATA	=	2.337199
TEMEL DEGER	=	113.7494
ESIK DEGER	=	143.4989
MUHTEMEL ANOMALI	=	173.2483

<BİR TUSA BASIN>

$\Sigma Xi.F$	=	13440	$\Sigma (QX)^2.F$	=	139840
$\Sigma (QX)^3.F$	=	2455680	ΣF	=	160
ORTALAMA	=	84	S^2	=	879.4968
S	=	29.65631	VAR. KAT.	=	35.30513 %
$+(\tau \%5)$	=	88.68907	$-(\tau \%5)$	=	79.31093
$\Sigma (QX)^4$	=	8.848909E+07	$\Sigma (QX)^4.F$	=	3.440435E+08
3.CU MOMENT=	15348		4.CU MOMENT=	2150272	
A	=	.5884376	E	=	-.2201274
σA	=	.1936492	σE	=	.3872983
KOSUL [1]	=	3.038679	KOSUL [2]	=	-.5683666
DAGILIM NORMAL DEGILDIR					

Ek D₂ : g dosyalarının 4' e bölünmesiyle oluşan 160 adet sayısal verinin istatistiksel analizi

ARITMETİK ORTALAMA	=	84.12904
VARIANS	=	1197.79
STANDART SAPMA	=	34.6091
GERCEK STN. SAPMA	=	34.7211
MEDIAN	=	83.0137
MOD	=	80.78304
ASIMETRI	=	9.667979E-02
DEĞİŞİM KATSAYISI	=	.4113812
STANDART HATA	=	1.934708
TEMEL DEĞER	=	118.8501
ESİK DEĞER	=	153.5712
MUHTEMEL ANOMALİ	=	188.2923

<BİR TUSA BASIN>

$\Sigma X^2.F$	=	26780	$\Sigma (QX)^2.F$	=	373248.8
$\Sigma (QX)^3.F$	=	5428891	ΣF	=	320
ORTALAMA	=	83.6875	S^2	=	1170.059
S	=	34.20612	VAR. KAT.	=	40.87363 %
$+(\tau \%5)$	=	87.51186	$-(\tau \%5)$	=	79.86314
$\Sigma (QX)^4$	=	2.467754E+08	$\Sigma (QX)^4.F$	=	1.205893E+09
3.CU MOMENT	=	16965.28	4.CU MOMENT	=	3768416
A	=	.4238864	E	=	-.2473984
σA	=	.1369306	σE	=	.2738613
KOSUL [1]	=	3.095629	KOSUL [2]	=	-.9033713
DAGILIM NORMAL DEĞİLDİR					

Ek D₃ : g dosyalarının 8' e bölünmesiyle oluşan 320 adet sayısal verinin istatistiksel analizi

ARITMETİK ORTALAMA	=	83.4375
VARIANS	=	1261.934
STANDART SAPMA	=	35.5237
GERCEK STN. SAPMA	=	35.5793
MEDIAN	=	81.04478
MOD	=	76.25933
ASIMETRI	=	.202067
DEĞİŞİM KATSAYISI	=	.4257523
STANDART HATA	=	1.404198
TEMEL DEĞER	=	119.0168
ESİK DEĞER	=	154.5961
MUHTEMEL ANOMALİ	=	190.1754

<BİR TUSA BASIN>

$\Sigma X_i.F$	=	53400	$\Sigma (\Sigma X)^2.F$	=	807637.6
$\Sigma (\Sigma X)^3.F$	=	1.329724E+07	ΣF	=	640
ORTALAMA	=	83.4375	S^2	=	1263.909
S	=	35.55149	VAR. KAT.	=	42.60853 %
+(τ %5)	=	86.24809	-(τ %5)	=	80.62691
$\Sigma (\Sigma X)^4$	=	5.050256E+08	$\Sigma (\Sigma X)^4.F$	=	2.879013E+09
3.CU MOMENT=	20776.94	4.CU MOMENT=	4498459		
A	=	.4623897	E	=	-.1840013
σA	=	9.682459E-02	σE	=	.1936492
KOSUL [1]	=	4.77554	KOSUL [2]	=	-.9501786
DAGILIM NORMAL DEGILDIR					

Ek D₄ : g dosyalarının 16' ya bölünmesiyle oluşan 640 adet sayısal verinin istatistiksel analizi

ARITMETİK ORTALAMA	=	78.5
VARIANS	=	197.75
STANDART SAPMA	=	14.06236
GERCEK STN. SAPMA	=	14.42293
MEDIAN	=	76.36364
MOD	=	72.09092
ASIMETRI	=	.4557613
DEGISIM KATSAYISI	=	.1791383
STANDART HATA	=	2.223454
TEMEL DEGER	=	92.92294
ESIK DEGER	=	107.3459
MUHTEML ANOMALI	=	121.7688

<BIR TUSA BASIN>

$\Sigma Xi.F$	=	3140	$\Sigma (QX)^2.F$	=	7910
$\Sigma (QX)^3.F$	=	53730	ΣF	=	40
ORTALAMA	=	78.5	S^2	=	202.8205
S	=	14.24151	VAR. KAT.	=	18.14205 %
$+(\tau \%5)$	=	83.00356	$-(\tau \%5)$	=	73.99644
$\Sigma (QX)^4$	=	1667020	$\Sigma (QX)^4.F$	=	4615393
3.CU MOMENT	=	1343.25	4.CU MOMENT	=	115384.8
A	=	.4650387	E	=	-.1950514
σA	=	.3872983	σE	=	.7745967
KOSUL [1]	=	1.200725	KOSUL [2]	=	-.2518103

DAGILIM NORMALDIR

Ek D₅ : Ana g_k dosyalarına ait 40 adet sayısal verinin istatistiksel analizi

ARITMETİK ORTALAMA	=	77.5
VARIANS	=	413.75
STANDART SAPMA	=	20.34085
GERCEK STN. SAPMA	=	20.59832
MEDIAN	=	80.64516
MOD	=	86.93549
ASIMETRI	=	-.4638693
DEĞİŞİM KATSAYISI	=	.2624625
STANDART HATA	=	2.274176
TEMEL DEĞER	=	98.09833
ESİK DEĞER	=	118.6966
MUHTEMEL ANOMALI	=	139.295

<BİR TUSA BASIN>

$\Sigma X_i.F$	=	6200	$\Sigma (\Sigma X)^2.F$	=	33100
$\Sigma (\Sigma X)^3.F$	=	-106500	ΣF	=	80
ORTALAMA	=	77.5	S^2	=	418.9873
S	=	20.46918	VAR. KAT.	=	26.41185 %
$+(\tau \%5)$	=	82.07705	$-(\tau \%5)$	=	72.92295
$\Sigma (\Sigma X)^4$	=	6805820	$\Sigma (\Sigma X)^4.F$	=	2.793062E+07
3.CU MOMENT	=	-1331.25	4.CU MOMENT	=	349132.8
A	=	-.1552238	E	=	-1.011211
σA	=	.2738613	σE	=	.5477226
KOSUL [1]	=	-.5667971	KOSUL [2]	=	-1.846209
DAGILIM NORMALDIR					

Ek D₆ : g_k dosyalarının 2' ye bölünmesiyle oluşan 80 adet sayısal verinin istatistiksel analizi

ARITMETİK ORTALAMA	=	77.875
VARIANS	=	1545.484
STANDART SAPMA	=	39.31265
GERCEK STN. SAPMA	=	39.5599
MEDIAN	=	65.83334
MOD	=	41.75001
ASIMETRI	=	.9189153
DEĞİŞİM KATSAYISI	=	.5048173
STANDART HATA	=	3.107938
TEMEL DEĞER	=	117.4349
ESİK DEĞER	=	156.9948
MUHTEMEL ANOMALI	=	196.5547

<BİR TUSA BASIN>

$\Sigma X_i.F$	=	12460	$\Sigma (QX)^2.F$	=	247277.5
$\Sigma (QX)^3.F$	=	4999929	ΣF	=	160
ORTALAMA	=	77.875	S^2	=	1555.204
S	=	39.43608	VAR. KAT.	=	50.64023 %
$+(\tau \%5)$	=	84.11039	$-(\tau \%5)$	=	71.63961
$\Sigma (QX)^4$	=	6.261534E+07	$\Sigma (QX)^4.F$	=	7.532365E+08
3.CU MOMENT=	31249.56		4.CU MOMENT=	4707728	
A	=	.5095216	E	=	-1.053581
σA	=	.1936492	σE	=	.3872983
KOSUL [1]	=	2.631158	KOSUL [2]	=	-2.720334
DAGILIM NORMALDIR					

Ek D₇ : g_k dosyalarının 4' e bölünmesiyle oluşan 160 adet sayısal verinin istatistiksel analizi

ARITMETİK ORTALAMA	=	77.8125
VARIANS	=	1907.715
STANDART SAPMA	=	43.67739
GERCEK STN. SAPMA	=	43.81432
MEDIAN	=	62.5
MOD	=	31.875
ASIMETRI	=	1.051745
DEGISIM KATSAYISI	=	.5613159
STANDART HATA	=	2.441641
TEMEL DEGER	=	121.6268
ESIK DEGER	=	165.4411
MUHTEMEL ANOMALI	=	209.2554

<BİR TUSA BASIN>

$\Sigma X_i.F$	=	24900	$\Sigma (QX)^2.F$	=	610468.8
$\Sigma (QX)^3.F$	=	1.740355E+07	ΣF	=	320
ORTALAMA	=	77.8125	S^2	=	1913.695
S	=	43.7458	VAR. KAT.	=	56.21951 %
$+(\tau \%5)$	=	82.70343	$-(\tau \%5)$	=	72.92157
$\Sigma (QX)^4$	=	2.932759E+08	$\Sigma (QX)^4.F$	=	2.495867E+09
3.CU MOMENT	=	54386.1	4.CU MOMENT	=	7799583
A	=	.6496489	E	=	-.8702639
σA	=	.1369306	σE	=	.2738613
KOSUL [1]	=	4.744365	KOSUL [2]	=	-3.177754
DAGILIM NORMAL DEGILDIR					

Ek D₈ : g_k dosyalarının 8' e bölünmesiyle oluşan 320 adet sayısal verinin istatistiksel analizi

ARITMETİK ORTALAMA	=	78.15625
VARIANS	=	2055.351
STANDART SAPMA	=	45.33598
GERCEK STN. SAPMA	=	45.40693
MEDIAN	=	61.21951
MOD	=	27.34604
ASIMETRI	=	1.120748
DEĞİŞİM KATSAYISI	=	.5800685
STANDART HATA	=	1.792062
TEMEL DEĞER	=	123.5632
ESİK DEĞER	=	168.9701
MUHTEMEL ANOMALİ	=	214.377

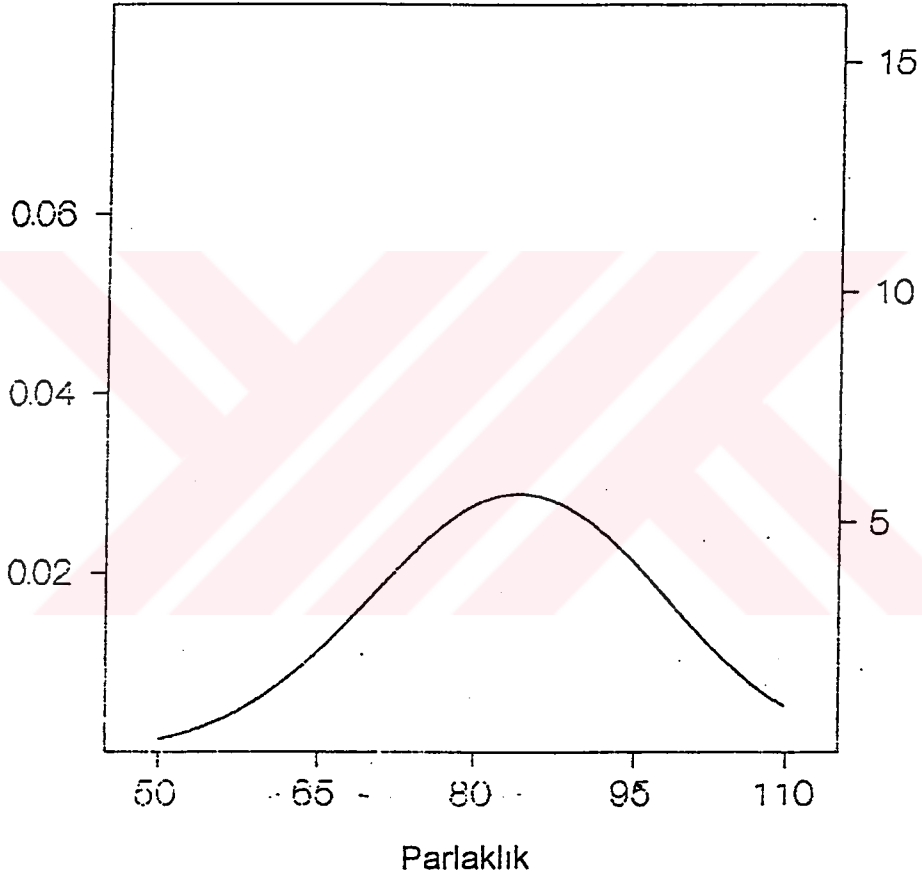
<BİR TUSA BASIN>

$\Sigma X_i.F$	=	50020	$\Sigma (QX)^2.F$	=	1315424
$\Sigma (QX)^3.F$	=	4.040196E+07	ΣF	=	640
ORTALAMA	=	78.15625	S^2	=	2058.567
S	=	45.37144	VAR. KAT.	=	58.05222 %
$+(\tau \%5)$	=	81.74318	$-(\tau \%5)$	=	74.56932
$\Sigma (QX)^4$	=	5.922931E+08	$\Sigma (QX)^4.F$	=	5.970167E+09
3.CU MOMENT=	63128.06		4.CU MOMENT=	9328386	
A	=	.6758882	E	=	-.7987145
σA	=	9.682459E-02	σE	=	.1936492
KOSUL [1]	=	6.980543	KOSUL [2]	=	-4.124544
DAGILIM NORMAL DEĞİLDİR					

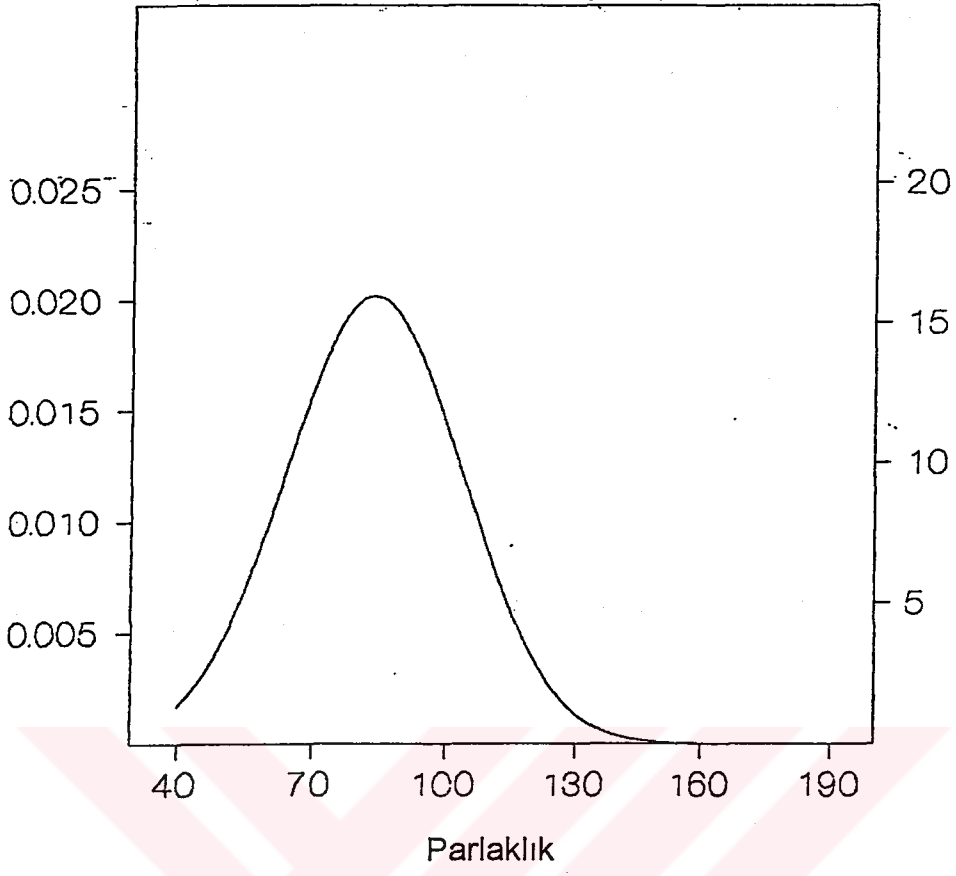
Ek D₉ : g_k dosyalarının 16' ya bölünmesiyle oluşan 640 adet sayısal verinin istatistiksel analizi



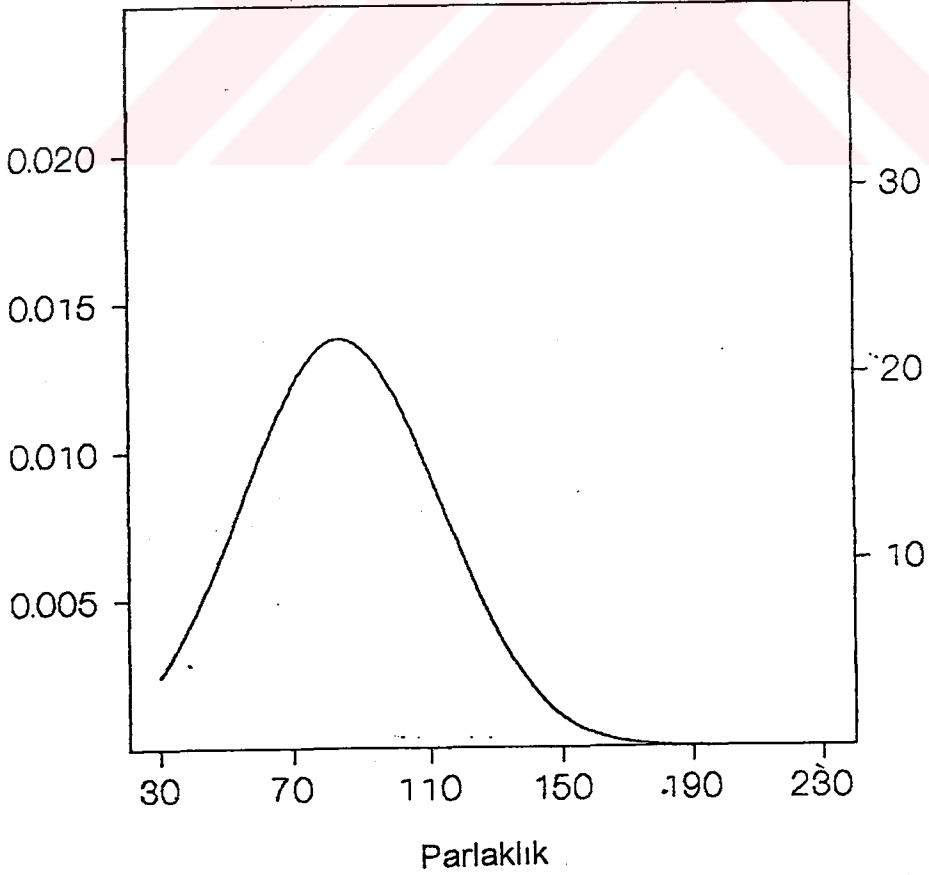
E K E



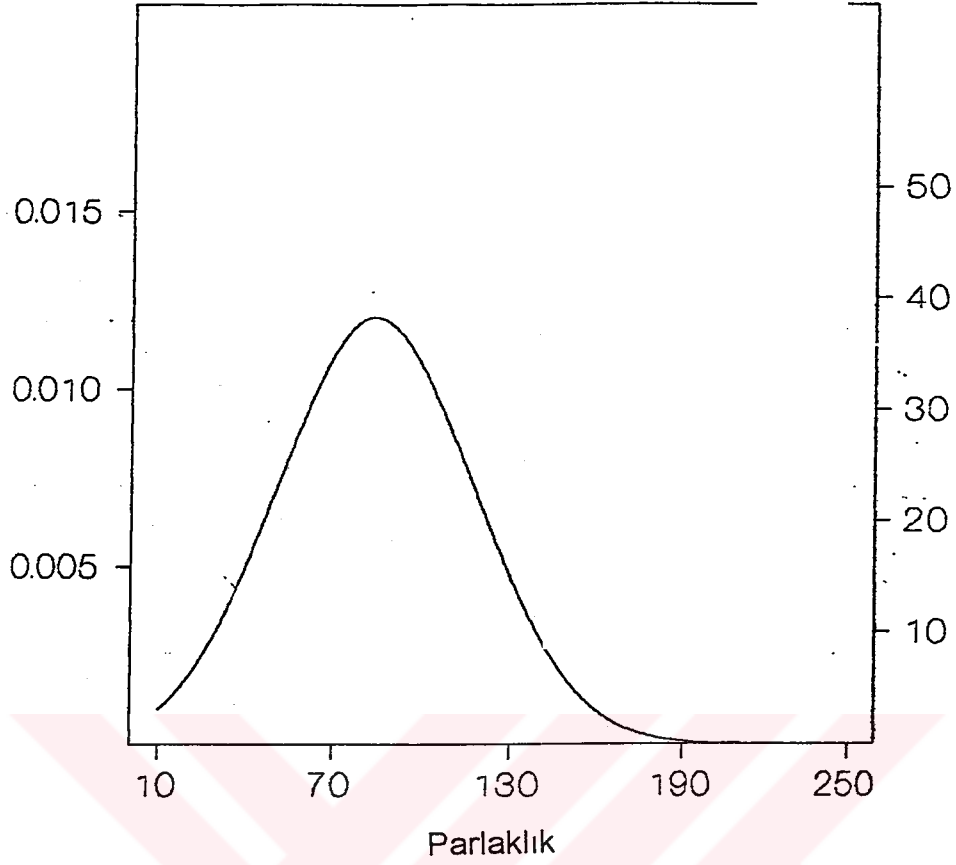
Ek E : Ana g dosyalarına ait 40 adet sayısal verinin an eğrisi



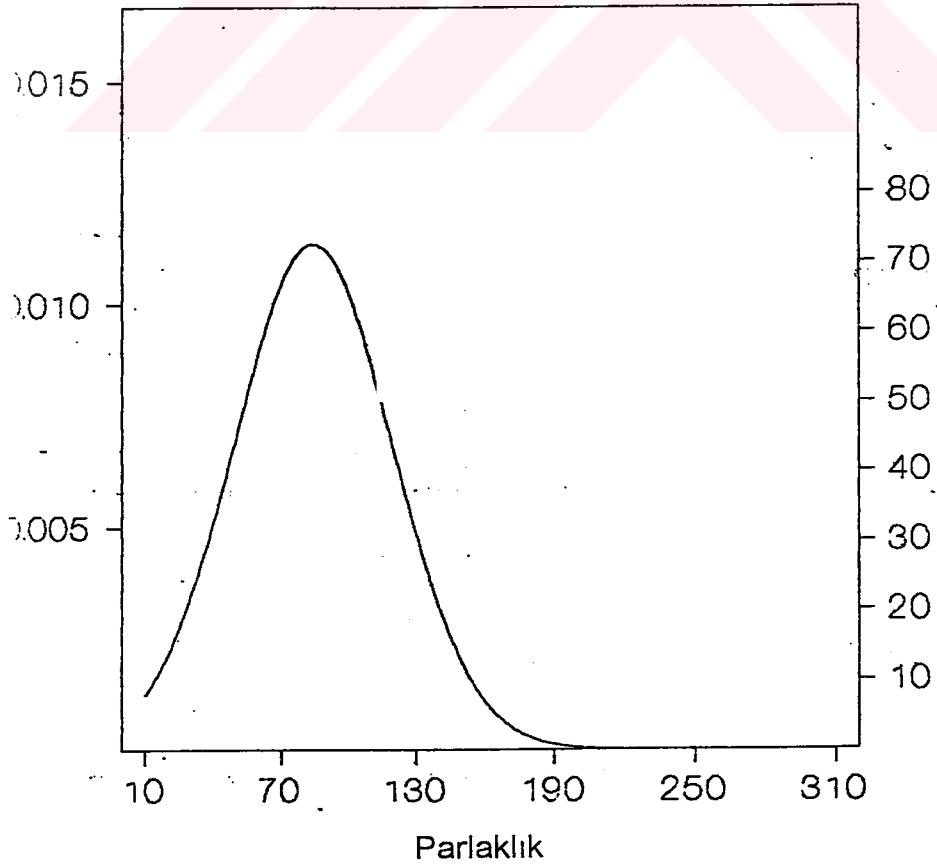
Ek E₁ : g dosyalarının 2' ye bölünmesiyle oluşan 80 adet sayısal verinin çan eğrisi



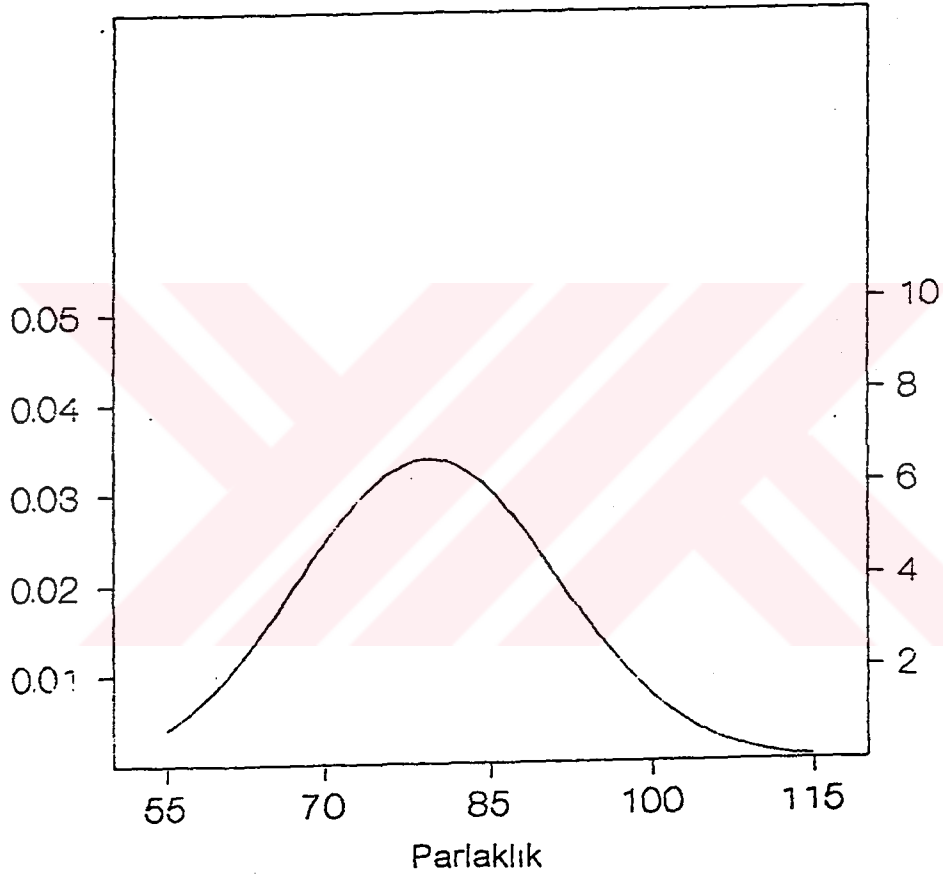
Ek E₂ : g dosyalarının 4' e bölünmesiyle oluşan 160 adet sayısal verinin çan eğrisi



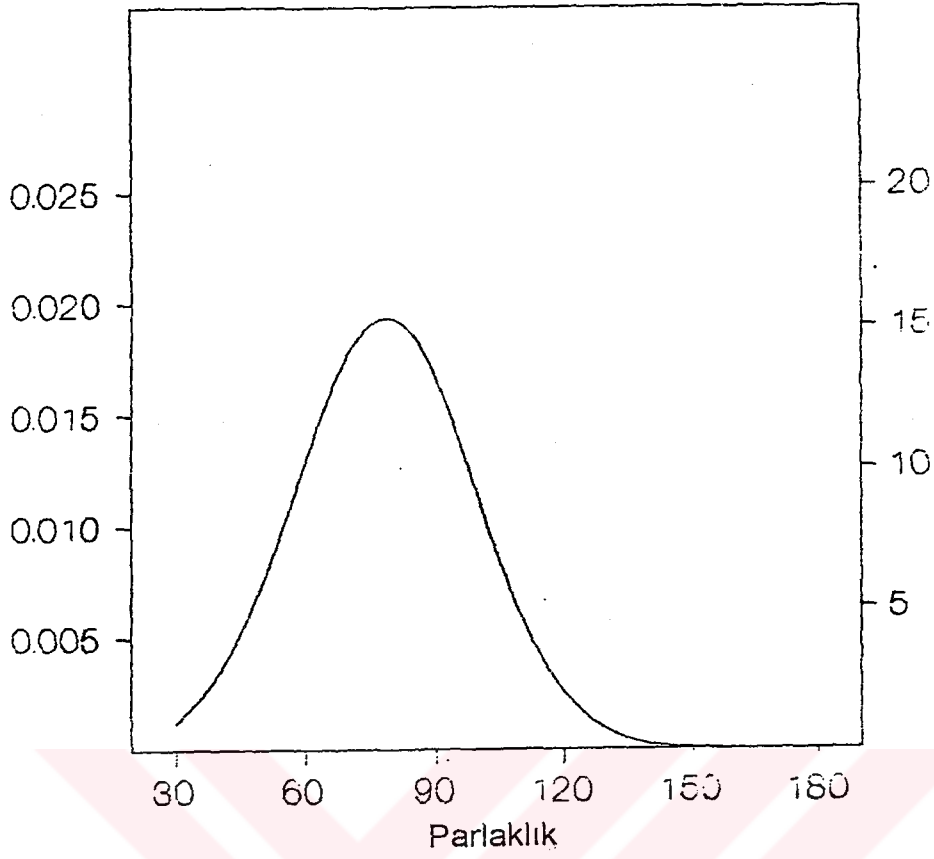
Ek E₃ : g dosyalarının 8' e bölünmesiyle oluşan 320 adet sayısal verinin çan eğrisi



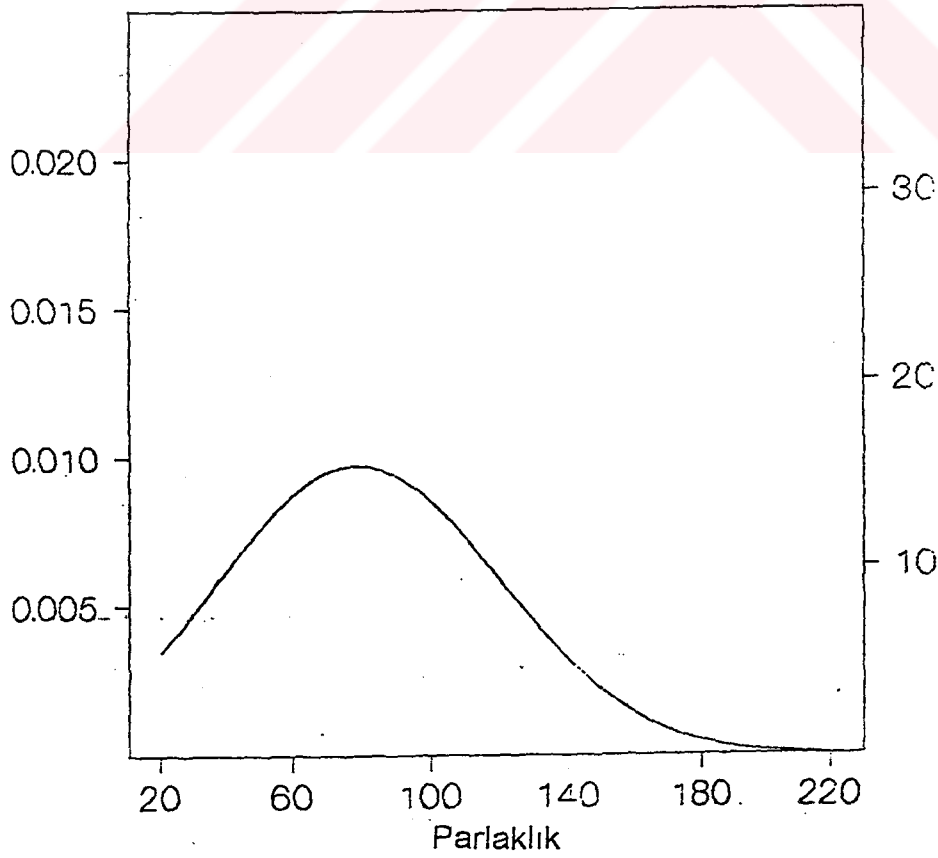
Ek E₄ : g dosyalarının 16' ya bölünmesiyle oluşan 640 adet sayısal verinin çan eğrisi



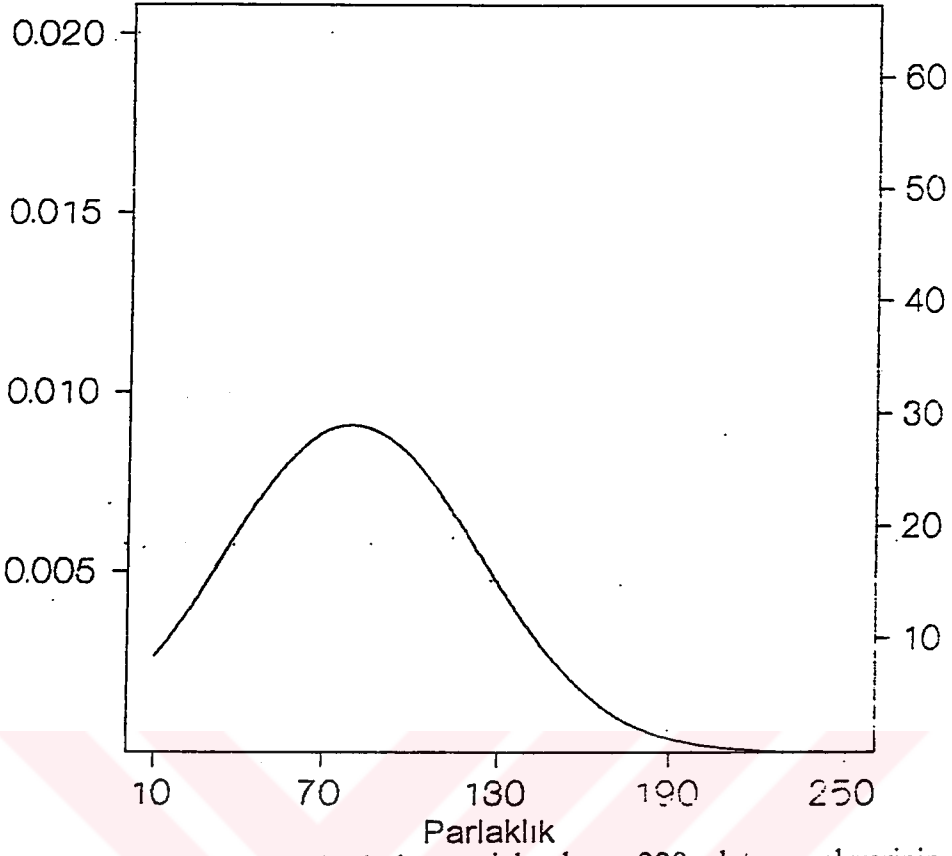
Ek E₃ : Ana g_k dosyalarına ait 40 adet sayısal verinin çan eğrisi



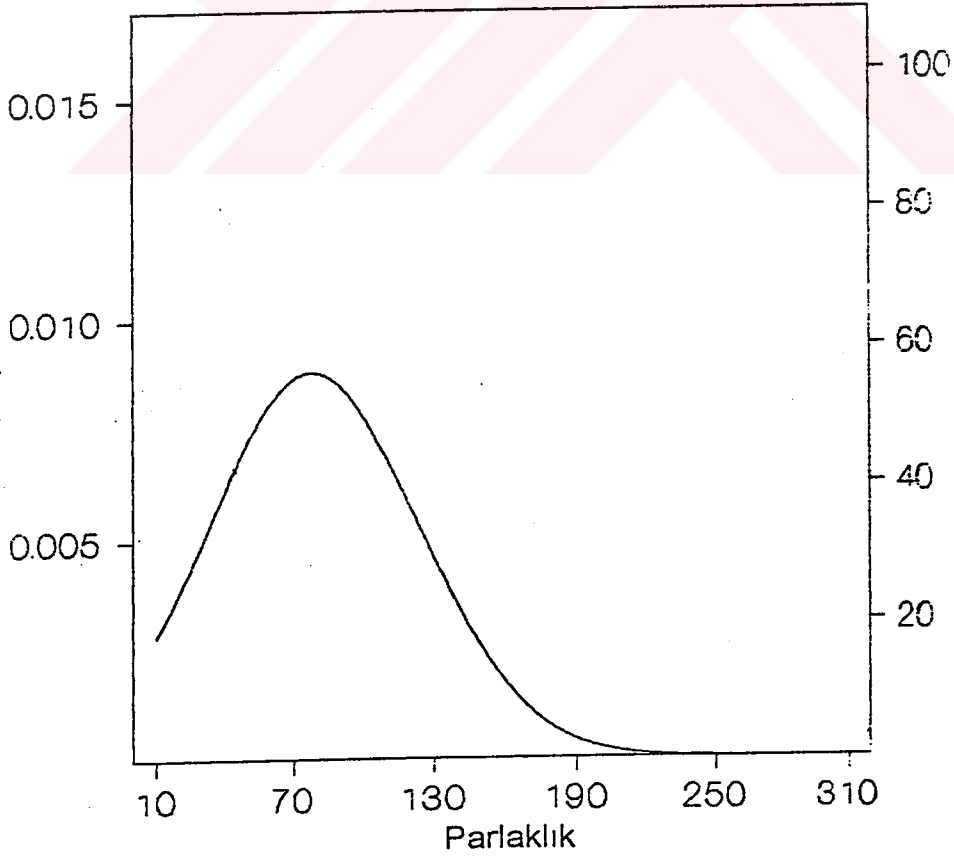
Ek E₆ : g_k dosyalarının 2' ye bölünmesiyle oluşan 80 adet sayısal verinin çan eğrisi



Ek E₇ : g_k dosyalarının 4' e bölünmesiyle oluşan 160 adet sayısal verinin çan eğrisi



Ek E₈ : g_k dosyalarının 8' e bölünmesiyle oluşan 320 adet sayısal verinin çan eğrisi



Ek E₉ : g_k dosyalarının 16' ya bölünmesiyle oluşan 640 adet sayısal verinin çan eğrisi



E K F

Ek F₁ : g dosyalarına ait parlaklık değerleri (40 adet ana dosyanın)

g ₁ 91	g ₁₁ 89	g ₂₁ 57	g ₃₁ 73
g ₂ 101	g ₁₂ 88	g ₂₂ 54	g ₃₂ 86
g ₃ 108	g ₁₃ 90	g ₂₃ 56	g ₃₃ 88
g ₄ 105	g ₁₄ 87	g ₂₄ 69	g ₃₄ 95
g ₅ 102	g ₁₅ 74	g ₂₅ 78	g ₃₅ 88
g ₆ 94	g ₁₆ 77	g ₂₆ 70	g ₃₆ 105
g ₇ 89	g ₁₇ 72	g ₂₇ 79	g ₃₇ 102
g ₈ 86	g ₁₈ 72	g ₂₈ 86	g ₃₈ 108
g ₉ 83	g ₁₉ 74	g ₂₉ 90	g ₃₉ 79
g ₁₀ 89	g ₂₀ 69	g ₃₀ 76	g ₄₀ 75

Ek F_{1a} : g dosyalarının 2 ' ye bölünmesiyle elde edilen parlaklık değerleri

g _{1a} 97	g _{1b} 86	g _{11a} 103	g _{11b} 75	g _{21a} 66	g _{21b} 49	g _{31a} 61	g _{31b} 85
g _{2a} 104	g _{2b} 98	g _{12a} 94	g _{12b} 82	g _{22a} 50	g _{22b} 58	g _{32a} 79	g _{32b} 92
g _{3a} 119	g _{3b} 96	g _{13a} 90	g _{13b} 89	g _{23a} 62	g _{23b} 49	g _{33a} 83	g _{33b} 92
g _{4a} 124	g _{4b} 86	g _{14a} 86	g _{14b} 88	g _{24a} 92	g _{24b} 47	g _{34a} 104	g _{34b} 85
g _{5a} 102	g _{5b} 101	g _{15a} 82	g _{15b} 67	g _{25a} 102	g _{25b} 55	g _{35a} 88	g _{35b} 88
g _{6a} 95	g _{6b} 95	g _{16a} 92	g _{16b} 62	g _{26a} 73	g _{26b} 67	g _{36a} 110	g _{36b} 101
g _{7a} 113	g _{7b} 66	g _{17a} 97	g _{17b} 47	g _{27a} 96	g _{27b} 61	g _{37a} 110	g _{37b} 94
g _{8a} 123	g _{8b} 49	g _{18a} 87	g _{18b} 56	g _{28a} 95	g _{28b} 77	g _{38a} 98	g _{38b} 96
g _{9a} 114	g _{9b} 52	g _{19a} 88	g _{19b} 59	g _{29a} 95	g _{29b} 77	g _{39a} 95	g _{39b} 62
g _{10a} 115	g _{10b} 63	g _{20a} 73	g _{20b} 65	g _{30a} 74	g _{30b} 77	g _{40a} 109	g _{40b} 40

Ek F : Pürüzlü kaya yüzeyi üzerinden görüntü analiz yöntemi ile elde edilen sayısal veriler

Ek F_{1b} : g dosyalarının 4 ' e bölünmesiyle elde edilen parlaklık değerleri

g _{1c} 146	g _{1d} 69	g _{11c} 127	g _{11d} 83	g _{21c} 85	g _{21d} 56	g _{31c} 84	g _{31d} 89
g _{1e} 47	g _{1f} 101	g _{11e} 76	g _{11f} 65	g _{21e} 46	g _{21f} 42	g _{31e} 38	g _{31f} 80
g _{2c} 126	g _{2d} 91	g _{12c} 120	g _{12d} 77	g _{22c} 55	g _{22d} 64	g _{32c} 113	g _{32d} 106
g _{2e} 82	g _{2f} 105	g _{12e} 66	g _{12f} 87	g _{22e} 44	g _{22f} 51	g _{32e} 46	g _{32f} 78
g _{3c} 157	g _{3d} 85	g _{13c} 111	g _{13d} 88	g _{23c} 88	g _{23d} 57	g _{33c} 98	g _{33d} 77
g _{3e} 79	g _{3f} 106	g _{13e} 69	g _{13f} 91	g _{23e} 36	g _{23f} 42	g _{33e} 68	g _{33f} 107
g _{4c} 146	g _{4d} 78	g _{14c} 100	g _{14d} 73	g _{24c} 138	g _{24d} 54	g _{34c} 127	g _{34d} 83
g _{4e} 102	g _{4f} 94	g _{14e} 71	g _{14f} 104	g _{24e} 45	g _{24f} 40	g _{34e} 82	g _{34f} 87
g _{5c} 116	g _{5d} 100	g _{15c} 102	g _{15d} 65	g _{25c} 133	g _{25d} 69	g _{35c} 101	g _{35d} 98
g _{5e} 88	g _{5f} 102	g _{15e} 61	g _{15f} 69	g _{25e} 70	g _{25f} 41	g _{35e} 75	g _{35f} 78
g _{6c} 105	g _{6d} 87	g _{16c} 121	g _{16d} 66	g _{26c} 92	g _{26d} 74	g _{36c} 141	g _{36d} 100
g _{6e} 84	g _{6f} 103	g _{16e} 63	g _{16f} 57	g _{26e} 53	g _{26f} 60	g _{36e} 78	g _{36f} 101
g _{7c} 154	g _{7d} 66	g _{17c} 132	g _{17d} 47	g _{27c} 127	g _{27d} 67	g _{37c} 135	g _{37d} 86
g _{7e} 71	g _{7f} 66	g _{17e} 62	g _{17f} 47	g _{27e} 65	g _{27f} 55	g _{37e} 84	g _{37f} 101
g _{8c} 162	g _{8d} 49	g _{18c} 110	g _{18d} 61	g _{28c} 119	g _{28d} 92	g _{38c} 125	g _{38d} 88
g _{8e} 86	g _{8f} 48	g _{18e} 63	g _{18f} 51	g _{28e} 70	g _{28f} 62	g _{38e} 71	g _{38f} 105
g _{9c} 148	g _{9d} 59	g _{19c} 111	g _{19d} 60	g _{29c} 119	g _{29d} 91	g _{39c} 151	g _{39d} 45
g _{9e} 79	g _{9f} 44	g _{19e} 64	g _{19f} 57	g _{29e} 70	g _{29f} 62	g _{39e} 103	g _{39f} 77
g _{10c} 152	g _{10d} 77	g _{20c} 93	g _{20d} 71	g _{30c} 86	g _{30d} 76	g _{40c} 137	g _{40d} 47
g _{10e} 78	g _{10f} 50	g _{20e} 53	g _{20f} 59	g _{30e} 61	g _{30f} 79	g _{40e} 83	g _{40f} 32

Ek F_{1c} : g dosyalarının 8 ' e bölünmesiyle elde edilen parlaklık değerleri.

180	154	85	51	123	132	103	64	76	92	82	29	82	85	95	82
74	80	96	109	72	85	83	52	40	51	24	59	22	54	87	72
152	101	108	74	128	113	88	66	40	69	85	43	126	99	115	95
73	92	116	95	59	75	94	81	29	59	53	48	43	47	60	94
163	152	101	67	97	125	111	66	88	89	75	38	86	111	78	77
59	98	114	103	57	81	93	90	32	40	47	36	56	80	111	103
151	142	103	53	104	97	92	54	179	98	78	28	133	119	107	58
97	101	114	74	65	77	111	97	48	42	49	31	69	93	78	95
114	116	129	74	99	105	88	43	106	160	96	43	52	149	126	69
77	97	120	87	51	71	77	61	73	68	52	31	65	86	89	68
80	129	115	58	129	112	137	126	40	143	100	48	152	130	125	75
61	105	123	81	53	73	50	74	16	89	76	42	63	92	113	89
167	142	96	37	137	124	56	37	117	134	89	44	137	129	104	65
57	85	79	52	50	73	54	39	54	74	60	49	77	88	108	92
183	139	71	27	126	95	85	40	113	124	118	64	130	121	104	92
91	81	62	35	62	65	56	45	51	89	82	42	67	74	114	94
162	135	87	32	112	109	72	47	113	124	117	63	151	151	55	35
82	77	53	34	55	72	67	46	51	89	81	42	105	106	88	70
161	142	103	50	91	94	78	63	76	96	92	59	141	131	74	23
87	69	60	40	45	61	64	53	62	61	87	72	83	83	33	31

Ek F_{1d} : g dosyalarının 16 ' ya bölünmesiyle elde edilen parlaklık değerleri

178	183	153	155	121	125	129	130	88	62	89	95	82	83	82	87
94	76	57	46	111	92	75	50	96	64	35	23	108	81	87	77
105	111	76	83	72	69	82	85	36	43	57	43	22	22	46	61
82	109	92	122	86	77	51	50	21	27	67	49	85	89	68	76
144	160	95	107	151	101	118	104	28	52	59	76	131	120	101	99
116	100	83	66	91	82	70	59	102	65	56	29	103	127	112	76
66	80	82	101	57	58	73	74	24	34	61	55	45	40	51	42
117	114	103	87	97	88	90	70	57	48	65	29	43	76	85	100
162	163	163	140	81	113	127	123	85	88	91	85	42	130	135	87
118	85	72	63	118	105	75	57	84	64	45	31	71	85	87	67
40	78	114	82	56	56	77	84	30	32	42	37	36	75	73	88
114	113	108	97	97	89	91	90	48	44	39	33	100	121	113	93
150	151	162	122	88	120	98	95	202	151	93	101	134	131	111	127
121	86	64	41	107	77	60	47	94	63	37	20	118	97	58	59
97	99	98	105	54	76	58	97	60	37	32	52	54	85	84	102
119	109	76	73	109	114	106	87	45	53	36	26	78	77	90	101
126	102	107	125	127	71	113	98	53	158	174	145	58	47	128	171
135	122	93	55	95	81	51	34	120	71	55	31	133	119	85	53
64	91	75	120	36	66	64	78	69	77	80	56	63	66	88	84
120	119	97	77	80	75	65	57	62	42	32	29	86	91	74	62
66	93	126	131	130	128	112	112	21	59	136	150	158	146	136	123
123	107	72	45	139	130	156	93	121	78	58	39	134	116	87	64
56	67	94	116	56	49	71	73	15	17	93	85	58	68	83	101
128	118	97	65	49	49	69	78	94	58	44	41	108	117	99	80
172	162	154	125	139	135	151	98	140	96	130	138	161	109	111	143
109	79	46	27	43	68	45	29	112	65	53	34	132	72	72	58
60	55	81	87	49	51	66	81	51	56	74	72	99	53	76	97
82	74	61	42	56	52	36	42	61	58	55	41	102	110	100	81
191	169	149	131	134	117	100	89	111	115	112	135	140	120	120	122
89	51	30	24	100	69	48	33	121	115	76	52	111	97	86	56
94	85	84	78	65	58	65	65	58	43	78	99	61	73	55	93
69	53	38	30	69	43	46	43	88	75	46	38	124	105	107	81
163	156	137	128	109	115	101	118	111	115	112	135	151	150	150	152
102	68	37	27	79	65	52	41	121	113	75	52	72	37	34	35
84	78	81	70	50	59	58	85	58	43	78	99	104	103	107	103
59	46	34	34	79	55	47	45	88	75	45	40	89	88	78	61
166	152	163	116	94	88	98	90	86	66	92	99	132	151	118	145
103	99	65	34	75	81	82	45	101	84	68	50	116	33	23	22
80	92	69	66	54	37	60	62	59	66	54	67	40	126	95	72
60	59	43	36	65	64	60	46	81	92	79	65	40	26	30	33

Ek F₂ : g_k dosyalarına ait parlaklık değerleri (40 adet ana dosyanın)

g _{k1} 101	g _{k11} 83	g _{k21} 70	g _{k31} 84
g _{k2} 101	g _{k12} 89	g _{k22} 61	g _{k32} 95
g _{k3} 107	g _{k13} 91	g _{k23} 64	g _{k33} 79
g _{k4} 94	g _{k14} 87	g _{k24} 70	g _{k34} 74
g _{k5} 91	g _{k15} 79	g _{k25} 75	g _{k35} 65
g _{k6} 91	g _{k16} 76	g _{k26} 75	g _{k36} 73
g _{k7} 92	g _{k17} 70	g _{k27} 82	g _{k37} 75
g _{k8} 75	g _{k18} 63	g _{k28} 80	g _{k38} 74
g _{k9} 61	g _{k19} 69	g _{k29} 83	g _{k39} 59
g _{k10} 78	g _{k20} 76	g _{k30} 83	g _{k40} 49

Ek F_{2a} : g_k dosyalarının 2 ' ye bölünmesiyle elde edilen parlaklık değerleri

g _{k1a} 84	g _{k1b} 119	g _{k11a} 60	g _{k11b} 104	g _{k21a} 46	g _{k21b} 93	g _{k31a} 54	g _{k31b} 115
g _{k2a} 90	g _{k2b} 113	g _{k12a} 68	g _{k12b} 110	g _{k22a} 50	g _{k22b} 70	g _{k32a} 71	g _{k32b} 119
g _{k3a} 97	g _{k3b} 116	g _{k13a} 80	g _{k13b} 102	g _{k23a} 43	g _{k23b} 86	g _{k33a} 88	g _{k33b} 70
g _{k4a} 88	g _{k4b} 100	g _{k14a} 76	g _{k14b} 97	g _{k24a} 50	g _{k24b} 91	g _{k34a} 85	g _{k34b} 64
g _{k5a} 95	g _{k5b} 87	g _{k15a} 61	g _{k15b} 96	g _{k25a} 62	g _{k25b} 87	g _{k35a} 72	g _{k35b} 56
g _{k6a} 92	g _{k6b} 90	g _{k16a} 58	g _{k16b} 94	g _{k26a} 59	g _{k26b} 91	g _{k36a} 88	g _{k36b} 58
g _{k7a} 83	g _{k7b} 100	g _{k17a} 45	g _{k17b} 94	g _{k27a} 66	g _{k27b} 98	g _{k37a} 84	g _{k37b} 67
g _{k8a} 70	g _{k8b} 81	g _{k18a} 47	g _{k18b} 79	g _{k28a} 65	g _{k28b} 96	g _{k38a} 86	g _{k38b} 63
g _{k9a} 43	g _{k9b} 78	g _{k19a} 54	g _{k19b} 82	g _{k29a} 72	g _{k29b} 93	g _{k39a} 53	g _{k39b} 65
g _{k10a} 50	g _{k10b} 105	g _{k20a} 59	g _{k20b} 92	g _{k30a} 56	g _{k30b} 109	g _{k40a} 38	g _{k40b} 60

Ek F_{2b} : g_k dosyalarının 4 ' e bölünmesiyle elde edilen parlaklık değerleri

g _{k1e} 104	g _{k1d} 177	g _{k11e} 81	g _{k11d} 156	g _{k21e} 62	g _{k21d} 124	g _{k31e} 64	g _{k31d} 171
g _{k1e} 63	g _{k1f} 62	g _{k11e} 40	g _{k11f} 52	g _{k21e} 31	g _{k21f} 61	g _{k31e} 44	g _{k31f} 59
g _{k2e} 115	g _{k2d} 163	g _{k12e} 86	g _{k12d} 162	g _{k22e} 54	g _{k22d} 109	g _{k32e} 100	g _{k32d} 175
g _{k2e} 64	g _{k2f} 62	g _{k12e} 50	g _{k12f} 57	g _{k22e} 46	g _{k22f} 32	g _{k32e} 42	g _{k32f} 64
g _{k3e} 119	g _{k3d} 170	g _{k13e} 101	g _{k13d} 149	g _{k23e} 56	g _{k23d} 127	g _{k33e} 129	g _{k33d} 109
g _{k3e} 75	g _{k3f} 63	g _{k13e} 57	g _{k13f} 55	g _{k23e} 28	g _{k23f} 44	g _{k33e} 48	g _{k33f} 30
g _{k4e} 104	g _{k4d} 142	g _{k14e} 91	g _{k14d} 138	g _{k24e} 62	g _{k24d} 133	g _{k34e} 134	g _{k34d} 101
g _{k4e} 71	g _{k4f} 57	g _{k14e} 61	g _{k14f} 57	g _{k24e} 37	g _{k24f} 48	g _{k34e} 36	g _{k34f} 27
g _{k5e} 126	g _{k5d} 123	g _{k15e} 74	g _{k15d} 136	g _{k25e} 86	g _{k25d} 132	g _{k35e} 113	g _{k35d} 86
g _{k5e} 64	g _{k5f} 52	g _{k15e} 48	g _{k15f} 57	g _{k25e} 38	g _{k25f} 42	g _{k35e} 31	g _{k35f} 26
g _{k6e} 110	g _{k6d} 133	g _{k16e} 70	g _{k16d} 137	g _{k26e} 71	g _{k26d} 137	g _{k36e} 141	g _{k36d} 93
g _{k6e} 73	g _{k6f} 46	g _{k16e} 46	g _{k16f} 52	g _{k26e} 46	g _{k26f} 44	g _{k36e} 35	g _{k36f} 24
g _{k7e} 103	g _{k7d} 141	g _{k17e} 48	g _{k17d} 139	g _{k27e} 89	g _{k27d} 141	g _{k37e} 135	g _{k37d} 108
g _{k7e} 63	g _{k7f} 59	g _{k17e} 43	g _{k17f} 50	g _{k27e} 42	g _{k27f} 56	g _{k37e} 33	g _{k37f} 25
g _{k8e} 86	g _{k8d} 118	g _{k18e} 60	g _{k18d} 112	g _{k28e} 83	g _{k28d} 142	g _{k38e} 136	g _{k38d} 99
g _{k8e} 53	g _{k8f} 44	g _{k18e} 33	g _{k18f} 45	g _{k28e} 47	g _{k28f} 49	g _{k38e} 35	g _{k38f} 28
g _{k9e} 54	g _{k9d} 120	g _{k19e} 66	g _{k19d} 117	g _{k29e} 90	g _{k29d} 133	g _{k39e} 74	g _{k39d} 103
g _{k9e} 32	g _{k9f} 36	g _{k19e} 43	g _{k19f} 47	g _{k29e} 53	g _{k29f} 52	g _{k39e} 32	g _{k39f} 27
g _{k10e} 66	g _{k10d} 156	g _{k20e} 75	g _{k20d} 143	g _{k30e} 69	g _{k30d} 159	g _{k40e} 56	g _{k40d} 91
g _{k10e} 35	g _{k10f} 54	g _{k20e} 43	g _{k20f} 42	g _{k30e} 43	g _{k30f} 59	g _{k40e} 20	g _{k40f} 29

Ek F_{2c} : g_k dosyalarının 8 ' e bölünmesiyle elde edilen parlaklık değerleri

65	140	173	180	48	114	163	149	47	76	116	132	35	92	169	172
53	73	73	51	33	46	50	54	29	32	62	59	33	54	61	56
65	165	173	153	48	125	165	159	31	77	95	122	52	146	190	157
53	74	65	59	38	61	63	51	43	50	40	24	29	53	70	57
84	155	181	158	68	137	158	138	32	80	116	135	138	119	134	85
72	78	73	54	47	66	64	45	29	35	39	49	44	51	37	23
80	128	153	131	55	126	137	136	30	96	128	139	121	145	113	87
64	79	62	52	50	71	68	45	25	50	51	46	35	36	32	22
77	174	151	94	45	101	123	148	77	95	126	137	148	78	79	94
54	74	61	42	36	58	58	54	34	41	43	40	32	30	25	27
75	145	153	113	43	98	130	144	74	68	128	146	127	154	114	101
71	75	54	39	36	56	52	51	61	31	35	54	37	33	151	23
72	135	152	131	41	55	136	142	58	119	139	143	120	147	114	101
55	72	69	49	37	49	50	50	36	49	60	52	30	36	28	23
61	110	125	112	33	87	109	115	54	113	150	134	129	142	115	81
49	57	51	37	24	41	40	50	43	50	47	50	33	37	30	25
40	69	112	127	44	88	131	104	61	120	136	130	97	50	111	94
28	35	35	36	33	53	43	51	44	63	54	51	38	26	27	26
41	89	152	156	49	101	152	131	37	100	157	160	41	71	65	116
28	42	57	49	38	47	43	39	29	56	62	56	23	18	31	27

Ek F_{2d} : g_k dosyalarının 16 ' ya bölünmesiyle elde edilen parlaklık değerleri

50	81	120	165	34	61	98	129	44	51	60	92	29	40	66	118
174	171	177	183	164	162	162	137	132	99	116	148	155	183	188	156
51	56	69	76	27	40	46	47	27	32	29	35	27	39	47	62
81	64	44	57	55	45	58	50	53	73	58	62	66	57	62	51
49	80	153	176	29	67	107	142	31	31	63	89	34	71	117	175
173	172	161	145	172	159	165	153	75	116	128	118	205	175	174	142
49	57	74	75	33	44	57	65	42	44	47	53	23	36	46	62
65	64	59	59	68	58	50	52	40	41	22	26	75	64	65	50
67	102	137	174	42	92	125	149	32	32	52	108	148	128	107	131
180	183	172	143	163	152	142	134	120	113	130	140	141	127	95	76
63	81	70	87	35	58	61	73	25	33	27	44	44	45	55	47
78	67	58	50	64	65	51	38	45	34	46	52	41	33	25	21
62	98	109	148	43	66	103	149	25	34	82	109	109	133	150	141
152	154	138	124	121	154	137	135	121	130	136	138	121	106	101	74
58	70	84	73	47	52	70	73	26	23	47	51	38	32	37	35
66	58	52	51	71	65	50	40	52	48	45	44	33	30	23	21
51	103	163	186	31	60	88	115	72	83	72	118	132	166	126	31
159	143	106	82	117	128	142	153	107	147	141	132	59	99	99	90
52	55	81	68	34	38	60	57	29	39	31	52	33	32	30	30
66	57	47	38	59	57	52	56	37	48	43	37	28	26	25	24
52	98	137	154	36	48	84	113	58	89	75	60	111	143	150	160
161	145	125	102	118	142	143	140	106	150	151	141	97	133	116	86
61	80	81	69	28	43	54	57	47	75	29	34	38	37	33	33
59	49	42	36	50	53	54	46	22	48	55	53	30	25	23	22
51	89	120	153	33	50	46	63	26	90	114	125	96	145	160	134
151	152	134	129	134	137	151	133	114	163	153	132	97	133	116	86
45	65	73	71	30	44	51	47	28	43	48	50	24	36	40	33
71	67	55	44	51	48	53	47	59	61	51	53	30	25	23	22
46	77	107	113	29	37	61	114	43	64	94	132	109	150	150	134
110	139	119	105	106	112	112	117	163	138	142	126	125	105	69	93
46	52	54	61	23	26	34	48	33	53	56	45	31	35	38	35
53	49	44	29	39	41	54	46	56	40	39	62	29	32	24	25
33	45	64	73	39	49	76	100	44	77	106	134	138	57	18	82
106	126	137	117	134	128	107	101	142	131	133	128	103	121	113	76
26	30	32	39	31	35	53	54	38	50	56	69	36	40	21	31
34	36	36	35	40	46	51	52	61	48	46	55	28	26	28	26
35	48	55	123	32	65	83	119	27	46	79	121	44	38	78	65
158	142	159	149	140	166	113	149	156	158	160	161	28	102	114	120
27	28	36	49	27	48	49	45	25	33	48	65	30	16	14	21
61	54	52	45	44	42	35	44	62	62	57	56	29	33	27	27

Ek F₃ Ek F_{3a} Ek F_{3b} Ek F_{3c} Ek F_{3d}
 (40 adet ana görüntü dosyalarının - g dosyaları - birleştirilmesi ile elde edilen yeni sayısal veriler)

96	101	97		
106				
98	93			
88				
86	87	84	82	
89				
89	82			
75				
72	72	66		83,5
72				
56	59			
63				
74	78	80		
83				
83	82			
80			85	
91	94	92		
96				
105	91			
77				

Ek F₄ Ek F_{4a} Ek F_{4b} Ek F_{4c} Ek F_{4d}
 (40 adet ana görüntü dosyalarının - g_k dosyaları - birleştirilmesi ile elde edilen yeni sayısal veriler)

101	100	94		
100				
91	87			
83				
70	78	81		
86			81	
89	84			
78				
66	69	67		78
72				
66	66			
67				
75	78	83		
81				
83	87			
90			75	
76	73	69		
69				
75	64			
54				



E K G

```

/*
** TGACOLGS.C
** Gkhan Aytekin
** January, 1994
**
** TGAGSDIF takes the difference of two 8 bit grayscale Truevision TGA(tm)
** Files and writes it to an output file.
** This program does not display the image.
*/

#include <malloc.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include "tga.h"

extern void          main( int, char ** );
extern UINT8         ReadByte( FILE * );
extern UINT16        ReadShort( FILE * );
extern int           WriteByte( UINT8, FILE * );
extern int           WriteShort( UINT16, FILE * );
extern int           WriteStr( char *, int, FILE * );

extern void          CheckTGAImage( TGAFile * );
extern int           OutputTGAFile( FILE *, FILE *, TGAFile *, TGAFile *, char * );

#define CIMG_SIZE      255          /* size of color image buffer */
#define GSBUFF_SIZE    85          /* size of gray scale image buffer */

#define y_from_rgb(r,g,b)  ( 0.299*(r) + 0.587*(g) + 0.114*(b) )
/* #define v_from_rgb(r,g,b)  ( 0.615*(r) - 0.515*(g) - 0.100*(b) ) */
/* #define u_from_rgb(r,g,b)  ( 0.147*(r) - 0.289*(g) + 0.437*(b) ) */

/*
** String data for interpreting interleave flag defined with VDA
** This field is now obsolete and should typically be set to zero.
*/
char    *interleaveStr[] =
{
    "    Two Way (Even-Odd) Interleave (e.g., IBM Graphics Card Adapter), Obsc",
    "    Four Way Interleave (e.g., AT&T 6300 High Resolution), Obsolete",
};

TGAFile    f, of;          /* control structure of image data */

UINT8      copyBuf[CIMG_SIZE];
UINT8      grayBuf[GSBUFF_SIZE];

char        *versionStr =
"Color to Grayscale TGA(tm) file converter 1.0, - G.A.";

void
main( argc, argv )
int argc;
char **argv;
{
    int          fileFound;
    FILE         *fp, *ofp;
    char         *q;
    char         fileName[80], outputfN[80];
    struct stat   statbuf;

    puts( versionStr );
    /*

```

Ek G: İTÜ MJKM - DPT, Türkiye mermer envanteri projesi kapsamında geliştirilmiş görüntü analiz programının yazılımı

```

** The program can be invoked without an argument, in which case
** the user will be prompted for the name of the image file to be
** examined, or the image file name can be provided as an argument
** to the command.
**
** File names provided do not need to include the extension if
** the image file extension
*/
if ( argc == 1 )
{
    printf( "Enter name of input file : " );
    gets( fileName );
    if ( strlen( fileName ) == 0 ) exit( 0 );
    printf( "Enter name of output file : " );
    gets( outputfN );
    if ( strlen( outputfN ) == 0 ) exit( 0 );
}
else
{
    strcpy( fileName, argv[1] );
    strcpy( outputfN, argv[2] );
}
if ( (fileName[0] == '-') || (outputfN[0] == '-') )
{
    puts( "Usage: tgacolgs [inputfilename] [outputfilename]" );
    exit( 0 );
}
/*
** See if we can find the input file as specified or with the
** standard filename extension TGA...
*/
fileFound = 0;
if ( stat( fileName, &statbuf ) == 0 ) fileFound = 1;
else
{
    strcat( fileName, ".tga" );
    q = strchr( fileName, '.' );
    if ( stat( fileName, &statbuf ) == 0 ) fileFound = 1;
    else
    {
        *q = '\0';
        printf( "Unable to open image file %s\n", fileName );
    }
}
if ( fileFound )
{
    printf( "TGA File: %s\n", fileName );
    fp = fopen( fileName, "rb" );
    if( (ofp = fopen( outputfN, "wb" )) == NULL )
    {
        printf( "Cannot open output file %s\n", outputfN );
        exit(-1);
    }
    /*
    ** It would be nice to be able to read in the entire
    ** structure with one fread, but compiler dependent
    ** structure alignment precludes the simplistic approach.
    ** Instead, fill each field individually, and use routines
    ** that will allow code to execute on various hosts by
    ** recompilation with particular compiler flags.
    **
    ** Start by reading the fields associated with the original
    ** TGA format.
    */
    f.idLength = ReadBytes( fp );

```

```
f.mapType = ReadByte( fp );
f.imageType = ReadByte( fp );
f.mapOrigin = ReadShort( fp );
f.mapLength = ReadShort( fp );
f.mapWidth = ReadByte( fp );
f.xOrigin = ReadShort( fp );
f.yOrigin = ReadShort( fp );
f.imageWidth = ReadShort( fp );
f.imageHeight = ReadShort( fp );
f.pixelDepth = ReadByte( fp );
f.imageDesc = ReadByte( fp );

CheckTGAImage( &f );
if( OutputTGAFFile( fp, ofp, &f, &of, fileName) != 0)
{
    printf( "Error writing output image...\n" );
    exit( -1 );
}
```



```

/*
** TGAMV.C
** Gkhan Aytekin
** January, 1994
**
** TGAMV calculates mean and variance of a 8 bit grayscale Truevision TGA(tm)
** File and prints them onto screen.
** This program does not display the image.
*/

```

```

#include <malloc.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include "tga.h"

```

```

extern void          main( int, char ** );
extern UINT8         ReadByte( FILE * );
extern UINT16        ReadShort( FILE * );

extern void          CheckTGAImage( TGAFile * );
extern int           TGAMean( FILE *, TGAFile * );
extern int           TGAVariance ( FILE *, TGAFile *, int );

```

```

TGAFile             fl;          /* control structure of image data */

```

```

char                *versionStr =
"Grayscale TGA(tm) file mean and variance calculator 1.0, - G.A.";

```

```

void
main( int argc, char **argv )
{
    int             fileFound, mean, var;
    FILE            *fp1;
    char            *q;
    char            fileName1[80];
    struct stat      statbuf;

    puts( versionStr );
    /*
    ** The program can be invoked without an argument, in which case
    ** the user will be prompted for the name of the image file to be
    ** examined, or the image file name can be provided as an argument
    ** to the command.
    **
    ** File names provided do not need to include the extension if
    ** the image file extension
    */
    if ( argc == 1 )
    {
        printf( "Enter name of first input file : " );
        gets( fileName1 );
        if( strlen( fileName1 ) == 0 ) exit ( 0 );
    }
    else
    {
        strcpy( fileName1, argv[1] );
    }
    if ( fileName1[0] == '-' )
    {
        puts( "Usage: tgamv [inputfilename]" );
        exit( 0 );
    }
}

```

```

/*
** See if we can find the input files as specified or with the
** standard filename extension TGA...
*/
fileFound = 0;
if ( stat( fileName1, &statbuf ) == 0 ) fileFound = 1;
else
{
    strcat( fileName1, ".tga" );
    q = strchr( fileName1, '.' );
    if ( stat( fileName1, &statbuf ) == 0 ) fileFound = 1;
    else
    {
        *q = '\0';
        printf("Unable to open image file %s\n", fileName1 );
    }
}
if ( fileFound )
{
    printf( "TGA File: %s\n", fileName1 );
    fp1 = fopen( fileName1, "rb" );
    /*
    ** It would be nice to be able to read in the entire
    ** structure with one fread, but compiler dependent
    ** structure alignment precludes the simplistic approach.
    ** Instead, fill each field individually, and use routines
    ** that will allow code to execute on various hosts by
    ** recompilation with particular compiler flags.
    **
    ** Start by reading the fields associated with the original
    ** TGA format.
    */
    fl.idLength = ReadByte( fp1 );
    fl.mapType = ReadByte( fp1 );
    fl.imageType = ReadByte( fp1 );
    fl.mapOrigin = ReadShort( fp1 );
    fl.mapLength = ReadShort( fp1 );
    fl.mapWidth = ReadByte( fp1 );
    fl.xOrigin = ReadShort( fp1 );
    fl.yOrigin = ReadShort( fp1 );
    fl.imageWidth = ReadShort( fp1 );
    fl.imageHeight = ReadShort( fp1 );
    fl.pixelDepth = ReadByte( fp1 );
    fl.imageDesc = ReadByte( fp1 );

    CheckTGAImage( &fl );

    if( (mean = TGAmean( fp1, &fl )) < 0 )
    {
        printf( "Mean value is wrong.\nExiting program...\n" );
        exit( -1 );
    }
    printf( "Mean of image %s is %d\n", fileName1, mean );

    var = TGAvariance( fp1, &fl, mean );
    printf( "Variance of image %s is %d\n", fileName1, var );

    fclose( fp1 );
}
}

void
CheckTGAImage( TGAFile *spl )
{
    if( spl->imageType != 3 )
    {
        printf( "Image not accepted.\nNot a 8 bit uncompressed Black-and-whi

```

```

        if ( f.scanLineTable ) free( f.scanLineTable );
        if ( f.colorCorrectTable ) free( f.colorCorrectTable );
        fclose( fp );
        fclose( ofp );
    }
}

void
CheckTGAImage( TGAFile *sp )
{
    if( sp->imageType != 2 || sp->imageDesc & 0xf != 0 )
    {
        printf( "Image not accepted.\nThis is not a 24 bit uncompressed True
        exit( -1 );
    }
    printf( "Image size (Width x Height) : %d x %d\n", sp->imageWidth, sp->i
}

int
OutputTGAFile( FILE *ifp, FILE *ofp, TGAFile *isp, TGAFile *sp, char *oldName )
{
    long          byteCount;
    UINT8         i, bytesPerPixel;
    char          *newidstring = "Color original of the image is ";

    memset( sp->idString, '\0', 1 );
    strcat( sp->idString, newidstring );
    strcat( sp->idString, oldName );

    if( (sp->idLength = strlen( sp->idString+1 )) > 255 )
        sp->idLength = 0;
    sp->mapType = 0;
    sp->imageType = 3; /* Uncompressed B/W image */
    sp->mapOrigin = 0;
    sp->mapLength = 0;
    sp->mapWidth = 0;
    sp->xOrigin = isp->xOrigin;
    sp->yOrigin = isp->yOrigin;
    sp->imageWidth = isp->imageWidth;
    sp->imageHeight = isp->imageHeight;
    sp->pixelDepth = 8;
    sp->imageDesc = isp->imageDesc;

    /*
    ** The output file was just opened, so the first data
    ** to be written is the standard header based on the
    ** original TGA specification.
    */
    if ( WriteByte( sp->idLength, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteByte( sp->mapType, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteByte( sp->imageType, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteShort( sp->mapOrigin, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteShort( sp->mapLength, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteByte( sp->mapWidth, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteShort( sp->xOrigin, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteShort( sp->yOrigin, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteShort( sp->imageWidth, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteShort( sp->imageHeight, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteByte( sp->pixelDepth, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( WriteByte( sp->imageDesc, ofp ) < 0 ) return( -1 );
    if ( sp->idLength )
    {
        if ( WriteStr( sp->idString, sp->idLength, ofp ) < 0 )
            return( -1 );
    }
}
/*

```



```

** The image data can now be converted to grayscale.
** It is known that the image is 24 bit, uncompressed true color.
** We output new image in old TGA format, so extension area is not used.
*/
byteCount = 18 + isp->idLength;
if ( fseek( ifp, byteCount, SEEK_SET ) != 0 ) return( -1 );
bytesPerPixel = (isp->pixelDepth + 7) >> 3;
if ( isp->imageType > 0 && isp->imageType < 4 )
{
    byteCount = (long)bytesPerPixel *
                (long)isp->imageWidth *
                (long)isp->imageHeight;
}
printf( "Converting... " );
while ( byteCount > 0 )
{
    if ( byteCount - CIMGSIZE < 0 )
    {
        if ( fread( copyBuf, 1, (short)byteCount, ifp ) != byteC
            return( -1 );
        for( i=0; i < byteCount; i++ )
            grayBuf[i] = (UINT8)y_from_rgb( copyBuf[i*3+2], copy
/* Byte order is BGR */
        if ( fwrite( grayBuf, 1, (short)byteCount, ofp ) != byteC
            return( -1 );
        printf( "\xFE\n" );
    }
    else
    {
        if ( fread( copyBuf, 1, CIMGSIZE, ifp ) != CIMGSIZE )
            return( -1 );
        for( i=0; i < GSEBUFSIZE; i++ )
            grayBuf[i] = (UINT8)y_from_rgb( copyBuf[i*3+2], copy
/* Byte order is BGR */
        if ( fwrite( grayBuf, 1, GSEBUFSIZE, ofp ) != GSEBUFSIZE )
            return( -1 );
        printf( "\xFE" );
    }
    byteCount -= CIMGSIZE;
}
printf( "\nDONE...\n" );
return( 0 );
}

```

```

UINT8
ReadByte( fp )
FILE *fp;
{
    UINT8    value;

#ifdef MSDOS
    fread( &value, 1, 1, fp );
#else
#endif
    return( value );
}

```

```

UINT16
readShort( fp )

```

```

FILE *fp;
{
    UINT16 value;

    #if MSDOS
        fread( &value, 1, 2, fp );
    #else
    #endif
    return( value );
}

int
WriteByte( uc, fp )
UINT8 uc;
FILE *fp;
{
    #ifdef MSDOS
        if ( fwrite( &uc, 1, 1, fp ) == 1 ) return( 0 );
    #else
    #endif
    return( -1 );
}

int
WriteShort( us, fp )
UINT16 us;
FILE *fp;
{
    #ifdef MSDOS
        if ( fwrite( &us, 2, 1, fp ) == 1 ) return( 0 );
    #else
    #endif
    return( -1 );
}

int
WriteStr( p, n, fp )
char *p;
int n;
FILE *fp;
{
    #ifdef MSDOS
        if ( fwrite( p, 1, n, fp ) == n ) return( 0 );
    #else
    #endif
    return( -1 );
}

```

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılı Diyarbakır doğumlu Erkan BOZKURTOĞLU ilk öğrenimini bu ilde tamamlayarak, orta ve yüksek öğrenimini İstanbul’ da bitirdi. 1988 - 89 öğretim yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde meslek eğitime başlayıp, 1992 yılı Haziran döneminde dereceye girerek mezun oldu. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans öğrenimine başlamış ve ilk yıl İTÜ lisans okulunda İngilizce eğitimi görmüştür. Ekim 1993 yılında Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında yüksek lisans derslerine başlayıp Mart 1995 yılında aynı Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı.

