

## ALİ ÇEYREK (ERZURUM-HORASAN) LİNYİT SAHASINDA JEOTEKNİK DEĞERLENDİRME

*A Geotechnical Evaluation in Aliçeyrek (Erzurum-Horasan) Lignite Field*

REŞAT ULUSAY M. T. A. Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etüdüleri Dairesi, Ankara  
NİHAT APAYDIN M. T. A. Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etüdüleri Dairesi, Ankara

**ÖZ:** Bu çalışmada, Erzurum-Horasan-Aliçeyrek sahasındaki linyitli seriyi oluşturan zemin niteliğindeki birimlerin jeomekanik özellikleri araştırılmış, ayrıca jeoteknik açıdan madencilik kazılarında karşılaşılabilecek zemin davranışları ve bazı maden işletme yöntemlerinin uygulanabilirliği tartışılmıştır.

İnceleme alanındaki killer jeoteknik anlamda, nisbeten dayanıklı, duyarısız, yüksek plastisiteli ve montmorillonitik bir karakter taşımaktadır. Buna karşın kumlar; genel olarak gevşek, üniform ve zayıf zeminler olup, siltler ise orta-zayıf özellik göstermektedir. Kil zeminler üzerindeki çalışmalar, killerin yüksek şişme potansiyeli dışında, sağlamlık, nisbeten uzun süreli tahkimatsız kalabilme gibi olumlu davranışlar gösterebileceğine işaret etmektedir. Gevşek kum seviyelerinde, özellikle yeraltı suyu düzeyinin altında, dökülme, akma ve çok kısa süreli duraylı kalabilme davranışları beklenmelidir. Bundan dolayı, sahada yeraltı işletme yöntemlerinin uygulanabilirliği konusunda bazı kısıtlamaların varlığı dikkate alınmalıdır.

Açık işletme yönteminin uygulanması durumunda, gevşek kum düzeyleri stabiliteyi kontrol eden en önemli faktörlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle açık işletme genel şevleri 45 dereceden daha yatık açılarla dizayn edilmelidir. Ayrıca, madencilik işlemlerinin uzun süreli oluşu ve sahadaki kohezyonlu zeminlerin belirlenen jeomekanik özellikleri nedeniyle, en kritik stabilite koşulu uzun süreli stabilitedir ve şev stabilitesi araştırmalarında dikkate alınmalıdır.

**ABSTRACT :** In this study, geomechanical properties of the soil units which forms the lignitic series in Erzurum-Horasan-Aliçeyrek area are investigated, furthermore expected soil behavior during mining excavations and the applicability of some mining methods are discussed from the geotechnical point of view.

From the geotechnical point of view, clays in the area investigated, show relatively durable, highly plastic, nonsensitive and montmorillonitic character. On the other hand, sands generally form loose, uniform and weak soils however show medium to weak properties. Studies carried out on clay soils indicate some positive behaviors such as soundness, relatively long term unsupported stand-up time with the exception of medium-high swelling potential. In loose sand horizons, especially below the groundwater level, ravelling, running and short term unsupported stand-up time behaviors should be expected. Therefore, the occurrence of some limitations ought to be considered for the applicability of underground mining methods, in the area.

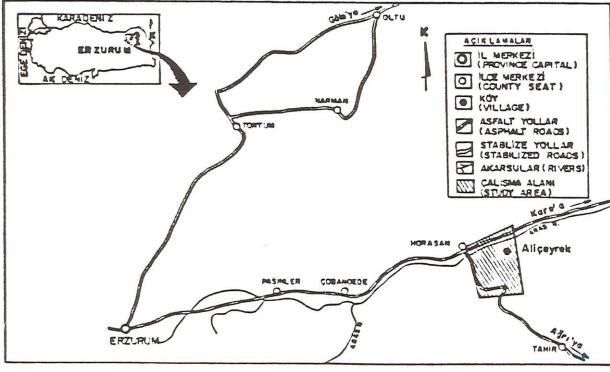
In the case of applying open pit method, loose sand horizons are considered as one of the most important factors controlling the stability. Thus, final pit slopes should be designed with angles flatter than 45 degrees. In addition, because of the long duration of mining operations and determined geomechanical properties of cohesive soils in the area, long term stability would be most critical stability condition and should be included in the investigations of slope stability.

### GİRİŞ

Bir maden yatağına ilişkin işletme yönteminin seçiminde, işletme sırasında karşılaşılması olası sorunların önceden tahmin edilmesinde ve dizayna yönelik çalışmalarda jeoteknik faktörlerin de dikkate alınması, işletme projelerinde güvenlik ve ekonomi arasındaki duyarlı denge belirlenebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu önemli husus dikkate alınarak gerçekleştirilen çalışmada, Erzurum-Horasan-Aliçeyrek sahasındaki (Şekil 1) linyitli seri, ön fizibilite etütlerine yönelik amaçlarla, jeoteknik faktörler esas alınarak incelenmiştir.

Jeoteknik etütler, önceki çalışmalara göre potansiyelin en önemli görüldüğü ve sahanın orta kısmında bulunan Acısu Sektörü'nde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). İnceleme alanı; kum, silt, kil ve linyit birimlerini içeren "Kömürlü Seri" den meydana gelmektedir. Bu seri genel olarak; konglomera ve marnlar, doğu'da ise tüf, aglomera ve bazalt gibi volkanik kayalar tarafından çevrelenmiştir (Bozkuş, 1978; Kara, 1982).

Acısu Sektörü'nün merkezi kısmında rezerve yönelik sondajların üçünden yararlanılarak; sondaj karotları jeoteknik amaçlarla loglanmış ve laboratuvar testleri



Şekil 1 : İnceleme alanının yer bulduru haritası.  
Figure 1 : Location map of investigated area.

için örnekler alınmış, ayrıca olası yeraltı suyu düzeyinin belirlenmesi amacıyla gözlemler yapılmıştır.

Zemin mekaniği laboratuvarında; kum zeminlerde dane boyu dağılımı analizleri, kil ve siltlerde nem içeriği, doğal kütle yoğunluğu, Atterberg Limitleri tayini, serbest sıkışma ve direkt makaslama testleri yapılmıştır. Ayrıca X-ışınları difraksiyon analizleri yapılarak kil zeminlerin mineralojik bileşimleri belirlenmiştir.

Tüm jeoteknik veriler değerlendirilerek, sektörde gelecekte planlanabilecek yeraltı ve yerüstü işletmecilik çalışmalarında, belirlenen jeomekanik özellikleri açısından, zeminlerin kazı sırasında gösterebilecekleri davranışlar ve çeşitli işletme yöntemlerinin uygulanabilirliği üzerindeki etkileri tartışılmıştır.

## JEOTEKNİK ETÜD

### Jeoteknik Loglama

Jeoteknik etüdün sondajlı çalışmalar bölümünde, A35, A40 ve A50 numaralı üç sondaj kuyusunda (Şekil 2), yüzeyden itibaren sürekli karotlu ilerleme yapılmış ve NX(54 mm.) çapında, toplam 474.3 m. karot jeoteknik faktörler esas alınarak loglanmıştır. Loglama sonucunda kömürlü serinin doğal süreksizliklere sahip olmayan ve zemin mekaniği presiplerine göre değerlendirilmesi gereken kum, silt ve kil birimlerinden meydana geldiği ve linyit damarlarının bu birimler arasında yer aldığı belirlenmiştir.

Üç sondaja ilişkin ortalama karot verimlerinin % 72 ile 74 ve sağlam karot verimlerinin de % 68 ile 72 arasında değiştiği hesaplanmıştır. Karot kayıpları en çok kum düzeylerinde meydana gelmiştir. Bu olumsuzluğun gelişmesinde sahadaki kum zeminlerin oldukça gevşek özelliğe sahip olmaları nedeniyle, sondaj suyunun da etkisiyle kuyuda kalmaları veya baskıdan dolayı karotiyer içerisinde sıkışmaları etkin bir rol oynamıştır.

Sığ derinliklerde limonitleşme nedeniyle sarımsı kahverengi, genel olarak yeşilimsi gri renkli kum zeminler, jeoteknik anlamda orta ve ince daneli, siltli özellikte ve ayrıca gevşek, orta-sıkı ve nisbeten sıkı olmak üzere üç

farklı sıklık derecesine sahiptir. Çok az miktarda ince daneli malzeme içeren gevşek kumlarda daneler arası kenetlenmenin yeterince gelişmemesi nedeniyle, bu zeminlerin kolaylıkla dağıldıkları ve su etkisiyle aktıkları gözlenmiştir. Nisbeten daha fazla silt, kil ve ayrıca yer yer kil bantları içeren orta-sıkı ve sıkı kumlar, biraz daha duraylı ve geçirgenlikleri düşük malzemelerdir.

Sektördeki killer ve bunlara oranla daha az rastlanan siltler; yeşilimsi gri ve koyu gri renkli, sert ve dayanıklı zeminler olup, kavkı ve organik madde içermektedirler. Özellikle kil zeminlerin plastisitesi oldukça yüksektir ve bazı seviyelerde birkaç santimetre kalınlığında kum bantları içermelerine rağmen, dayanımları açısından sağlam zeminler olarak değerlendirilmişlerdir.

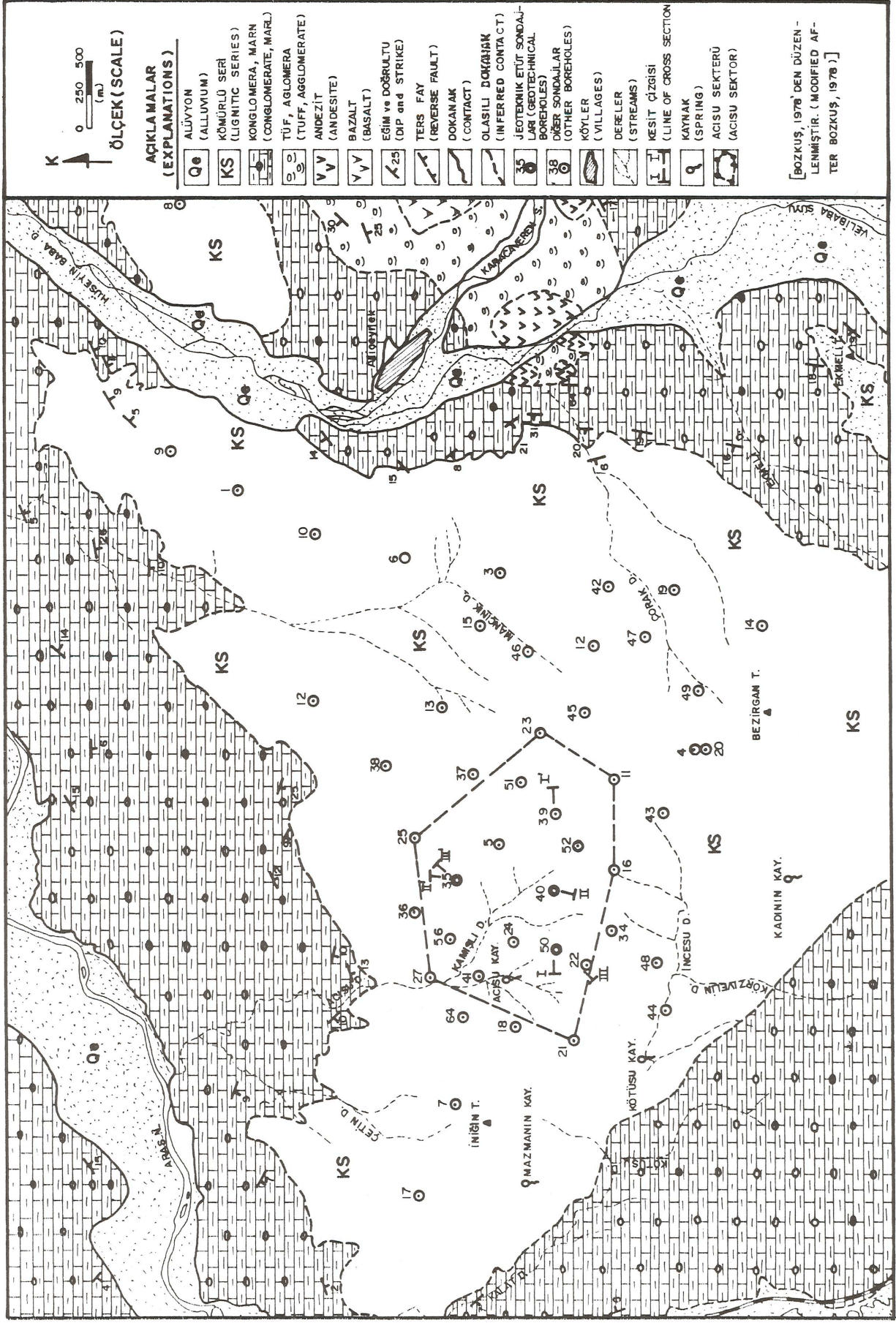
Siyahımsı kahverengi ve kahverengi renkli linyit damarları, yer yer içerdikleri kil miktarının artması nedeniyle bir ölçüde plastik bir karakter taşımaktadırlar. Kurudukları zaman darbe etkisiyle karot eksenine dik yönde disklere ayrılan bu linyitler, sert-sıkı zemin olarak tanımlanmışlardır.

Gerek bu üç sondajdan, gerekse diğer sondajlardan kömürlü seriyi oluşturan birimlerin sürekli ve düzenli bir yayılım göstermedikleri ve bu nedenle işletmeciliğe dönük değerlendirmeler için, sondajlar arasında bu aşamada duyarlı bir korelasyonun gerçekleştirilmesinin güç olduğu anlaşılmaktadır. Bu özellik, linyitin işletilmesi amacıyla yapılacak kazıların farklı mekanik davranış gösteren zeminler içinde gerçekleştirilmesinin zorunlu olacağına işaret etmektedir. Dolayısıyla sürekli ve dikkatli bir stabilite kontrolunun gerekebileceği anlaşılmaktadır.

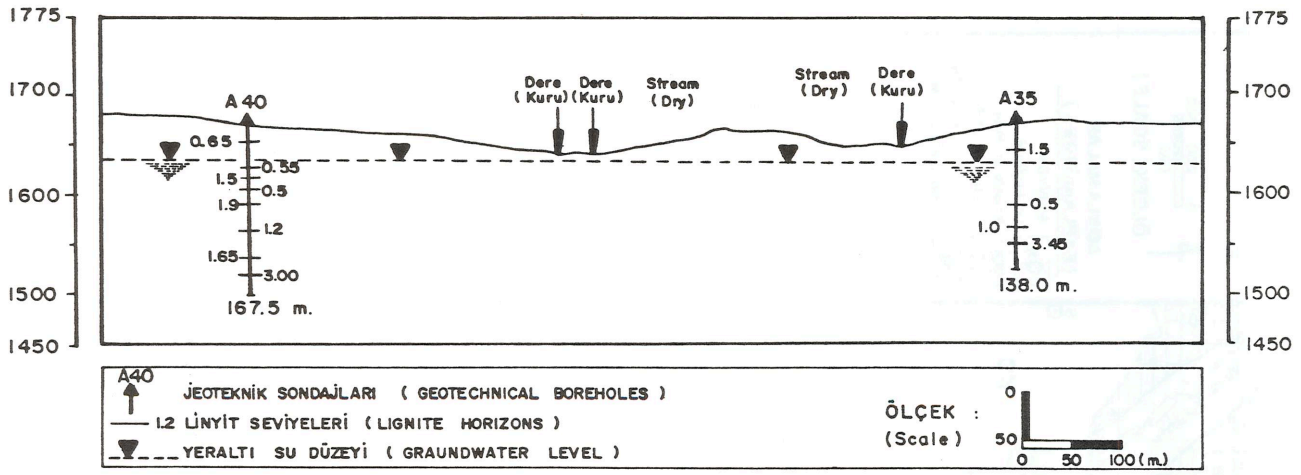
### Mostra Gözlemleri ve Yeraltı Su Düzeyi Ölçümleri

Acısu Sektörü doğusunda, Aliçeyrek Köyü civarında sığ derinlikteki çok killi birkaç linyit damarında yapılmış kazıların tavanında görülen kuru haldeki kil zeminlerin sert ve sağlam bir özelliğe sahip olduğu ve duraylı konumda buldukları saptanmıştır. Buna karşın, söz konusu kazıların bir kısmının tavanlarındaki kumların döküldüğü ve ayrıca bazı pınarların yakın çevresindeki gevşek kumların su etkisiyle kolaylıkla dağılıp akıcı bir özellik kazandıkları gözlenmiştir. Mostralarda gerçekleştirilen sınırlı sayıdaki bu gözlemler, zemin birimlerinin karotlu incelemelere dayandırılan değerlendirmeleriyle uyum göstermektedir.

Sektörde yeraltı suyu düzeyinin konumunu ilişkin bilgi sağlanabilmesi amacıyla bazı sondaj kuyularında gözlemler yapılmıştır. Güvenilir su düzeyi ölçümleri, kuyulardaki yıkılmalar ve sondaj çamurunun olumsuz etkisi gibi nedenlerle, sadece A35 ve A40 numaralı sondajlarda gerçekleştirilebilmiştir. Sondaj verilerine ek olarak yakın civardaki kaynakların konumları da değerlendirilmiştir. Mevcut olanaklarla gerçekleştirilen, sınırlı sayıdaki bu gözlemlerden elde edilen bilgilerin yeraltı suyu hakkında yeterli olamayacağı bilinmekle birlikte, olası yeraltı su düzeyinin çok fazla derinde bulunmadığı tahmin edilmiştir.



Şekil 2 : Aliçeyrek sahasının jeolojî haritası ve jeoteknik etüd sondajları.  
Figure 2 : Geological map of Aliçeyrek area and geotechnical investigation boreholes.



Şekil 3 : İnceleme alanının yaklaşık kuzey-güney doğrultulu enine kesiti.  
Figure 3 : Cross-section of investigated area, approximately in north-south direction.

### ZEMİN ÖRNEKLERİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Kömürlü seriyi oluşturan birimlerden alınmış örneklerin, jeomekanik özellikleri esas alınarak sınıflandırılabilmesi ve bazı mühendislik özelliklerinin saptanabilmesi amacıyla aşağıdaki bölümlerde değinilen zemin mekaniği testleri yapılmıştır. Ancak, bu aşamada linyit damarlarının sadece kimyasal analizler için örneklenmesi öngörüldüğünden, linyitten örnek alınamamış ve dolayısıyla test yapılamamıştır.

#### Nem İçeriği ve Doğal Kütle Yoğunluğu Tayini

Kum zeminlerin sondaj suyundan çok fazla derecede etkilenmeleri ve örselenmiş olmaları nedeniyle nem içeriği ve doğal kütle yoğunluğu tayinleri sadece kil ve silt olarak tanımlanan 60 örnek üzerinde yapılmıştır. ASTM D 2166 standardına göre yapılan nem içeriği ve silindirik şeklini koruyan örnekler üzerinde tayin edilen doğal kütle yoğunluğu parametreleri açısından, ortalama olarak, her iki zemin birimi için birbirine oldukça yakın değerler elde edilmiş olup, bu parametrelerin istatistiksel değerlendirmesi Şekil 4'teki histogramlarla ifade edilmiştir.

#### Dane Boyu Dağılımı

Bir bölümü linyit damarlarına yakın seviyelerden örneklenmiş, 18 kum örneğinin dane boyu dağılımları, ASTM D 422 standardına göre,

- Kuru; iri ve ince elek analizi,
- Hidrometre analizi

olmak üzere iki aşamalı birleşik analizler yapılarak çözümlenmiştir.

Elek ve hidrometre analizlerinden elde edilen sonuçlar birleştirilerek, herbir örnek için dane boyu dağılım eğrileri çizilmiş ve bunlardan tipik olan 3 tanesi Şekil 5'te verilmiştir. Tüm eğrilerden, M.I.T. (Massachusetts Insti-

tute of Technology) sınıflamasının öngördüğü dane çapı aralıkları (Kezdi, 1974) esas alınarak, çakıl, kum, silt ve kil yüzdeleri ile ( $C_u$ ) eşşekillilik katsayısı ( $C_g$ ) derecelenme katsayısı ve ( $d_e$ ) efektif çap değerleri hesaplanmıştır.

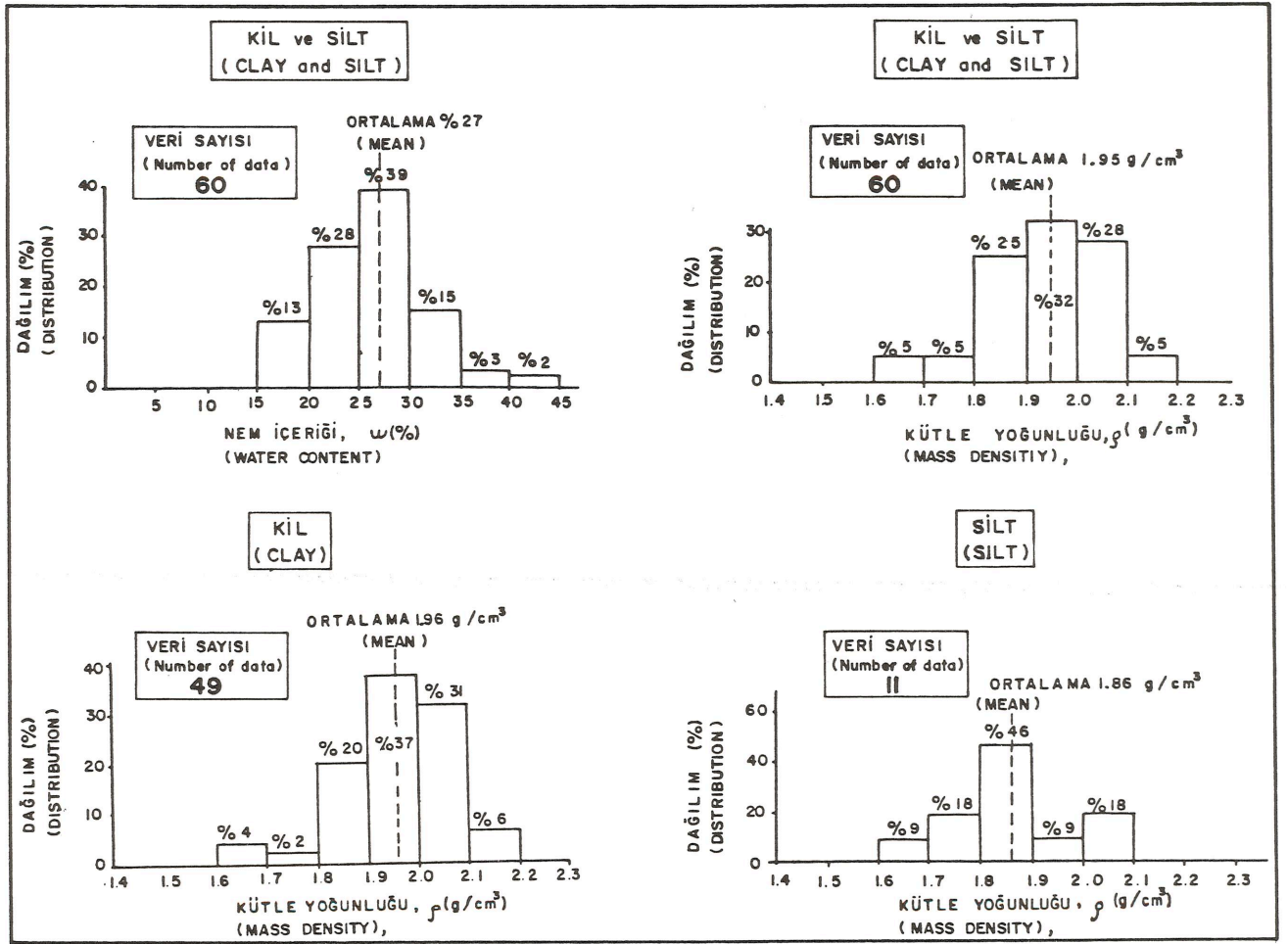
Dane boyu dağılımı analiz sonuçlarına göre çakıl, kum, silt ve kil yüzdelерinin genel istatistiksel değerlendirmesi aşağıdaki çizelgede karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

	Değişim Enaz	Aralığı Ençok	Aritmetik Ortalama (x)	Standart Sapma (S)
Çakıl (%)	0	5	0.5	1.34
Kum (%)	64	96	81.5	9.05
Silt (%)	4	30	14.5	7.47
Kil (%)	0	10	3.5	2.93

Kum örneklerinin,

$$C = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} \times D_{60})}$$

eşitliklerinden hesaplanan "eşşekillilik katsayısı" ve "derecelenme katsayısı" değerleri, bu katsayılar için önerilen sınırlar (Jumikis, 1976) esas alınarak gruplandırılmışlar ve genel olarak üniform ve orta derecede üniform, kötü derecelenmiş kumlar olarak sınıflandırılmışlardır. Buna göre, inceleme alanındaki iri daneli zeminler, genel olarak kötü derecelenmiş, çok az çakıllı, kil içeriği düşük, ince-orta daneli, siltli kumlar olup, mühendislik özellikleri açısından zayıf zeminlerdir. Orta-sıkı kumlar ise, içerdikleri silt ve kil yüzdesinin biraz daha yüksek oluşu nedeniyle, göreceli olarak nisbeten dayanıklı ve duraylı zeminler olarak nitelendirilebilirler.



Şekil 4 : Kil ve silt örnekleri için nem içeriği ve kütle yoğunluğu histogramları.  
Figure 4 : Water content and mass density histograms for clay and silt samples.

#### Atterberg Limitleri ve İndeks Özellikler

İnceleme alanındaki kil ve silt gibi ince daneli zeminlerin mühendislik sınıflaması için gereksinme duyulan Atterberg limitleri (likit limit, LL ve plastik limit, PL), ASTM D 423 ve D 424 test standartlarına uygun olarak, 17 örnek üzerinde belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler kullanılarak, plastisite indeksi, PI ve ayrıca ince daneli zeminlerin bazı mühendislik özelliklerinin göstergesi olarak değerlendirilen likitlik indeksi, LI ve kıvamlilik indeksi,  $I_c$  değerleri hesaplanmıştır.

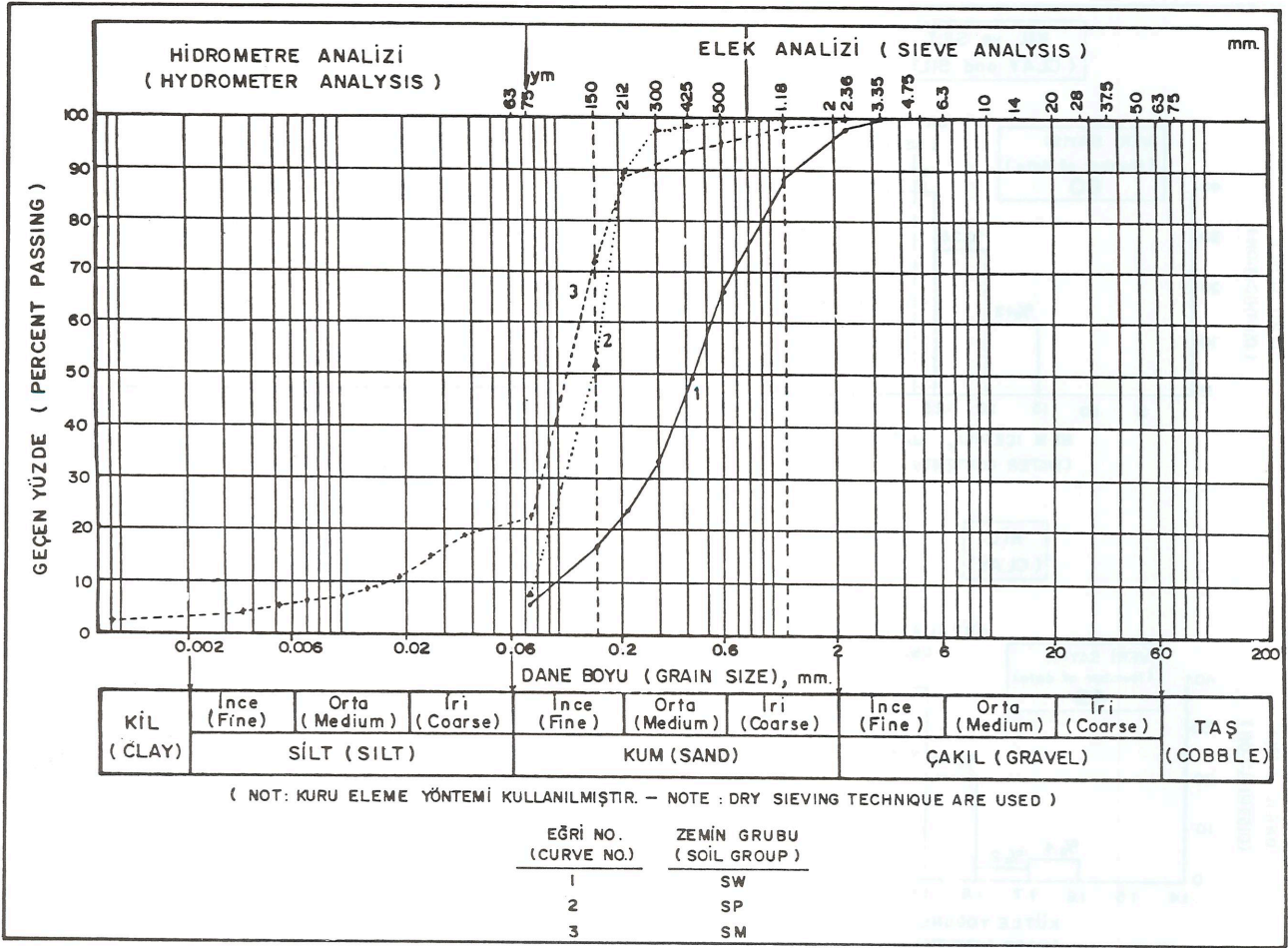
Test sonuçlarına göre, likit limit değerlerinin % 41 ile % 83 arasında değiştiği ve örneklerin % 65'inde LL % 50 olduğu saptanmıştır. Kaolinitin egemen olduğu killerde  $LL < 50$  olmasına karşın, volkanik kökenli ve organik madde içeren killerde  $LL > 100$ 'dür ve likit limitin % 50'yi geçmesi koşulu, kilin montmorillonitik bir karakter taşıdığına işaret etmektedir (Means ve Parcher, 1963). Bu özellik, test edilen kil örneklerinde yüksek şişme potansiyeline sahip montmorillonit mineralinin egemen olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Kil örneklerinin % 17-49 arasında değişen plastik

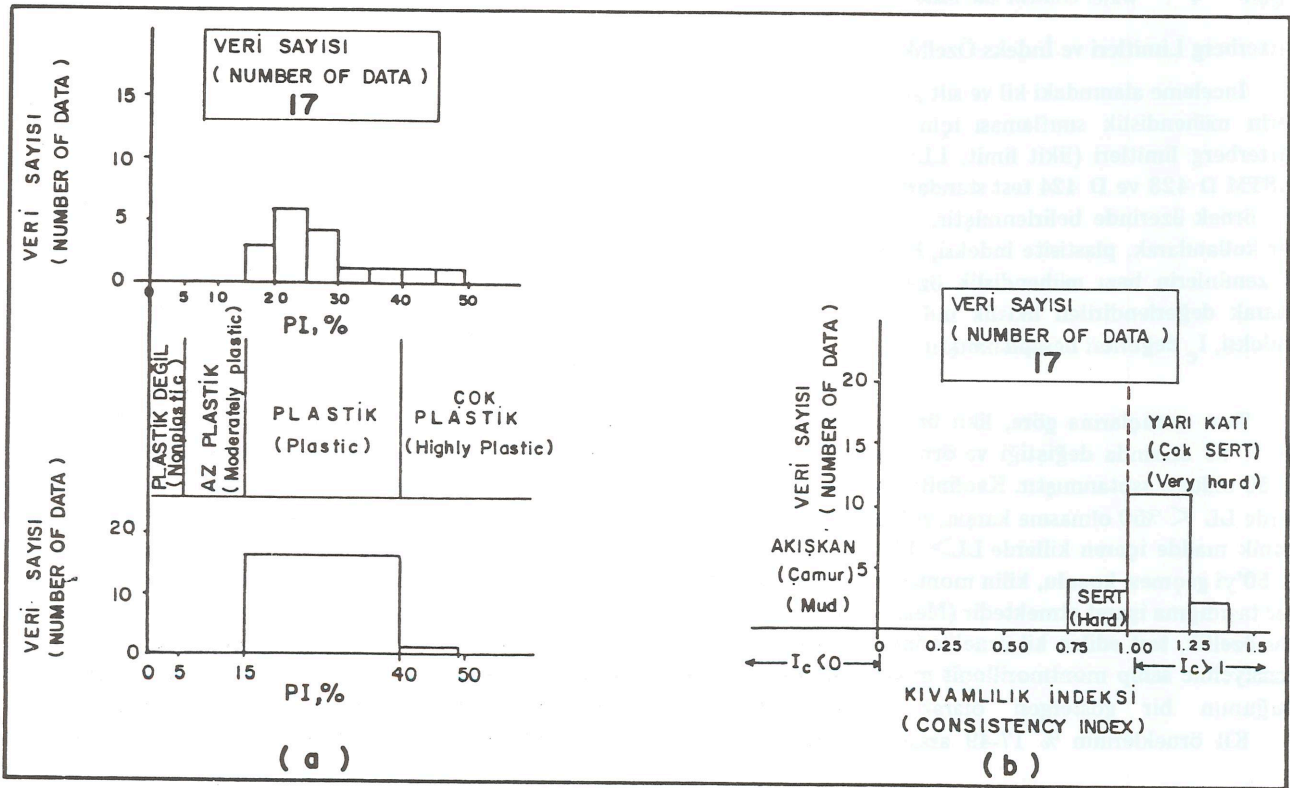
limit değerleri, Leonards (1962) tarafından önerilen sınıflama sistemine göre değerlendirilerek, bu killerin plastik ve çok plastik özelliğe sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 6a).

Negatif kıvamlilik indeksi ( $I_c$ ) değerleri, kohezyonlu zeminlerin örselenmeleri koşulunda akışkan hale geçebileceklerini ifade eder. Test örnekleri için pozitif  $I_c$  değerlerinin hesaplanmış olması, bu zeminlerde böyle bir davranışın büyük bir olasılıkla gelişmeyeceğini, dolayısıyla çok sert zemin özelliği taşıdıklarını göstermektedir (Şekil 6b).

Kohezyonlu zeminlerde zeminin yüklenme tarihçesinin bir göstergesi olarak değerlendirilen likitlik indeksi (LI) değeri, aşırı veya çok aşırı derecede konsolidasyona uğramış killerde sifıra eşit veya sifırdan küçüktür (Wu, 1969). Test örneklerinin hesaplanan LI değerlerinin 0.09 ile -0.4 arasında değişiyor olması ve genel olarak negatif değerler elde edilmesi, bu killerin aşırı konsolide killer olabileceklerinin bir göstergesidir. Örselendikleri zaman dayanımlarında önemli ölçüde azalma görülen duyarlı killerde  $LI > 1$  (Mesri, 1980) olmasına karşın, duyarlı ve aşırı konsolide killerde duyarlılığın ihmal edilebilir boyutta olacağı ifade edilmektedir (Smith, 1974). Sek



Şekil 5 : Kum örnekleri için tipik dane boyu dağılım eğrileri.  
Figure 5 : Typical particle size distribution curves for sand samples.

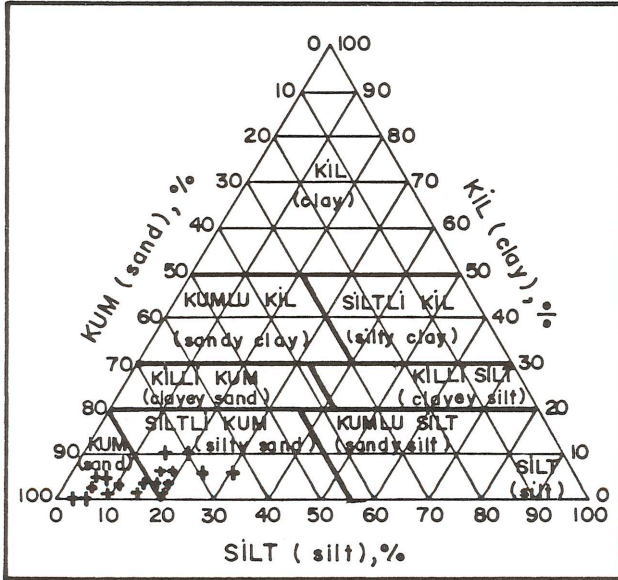


Şekil 6 : Kil örnekleri için: (a) plastisite indeksi histogramı, (b) kıvamlilik indeksi histogramı.  
Figure 6 : (a) Plasticity index histogram, (b) consistency index histogram, for clay samples.

tördeki killere için  $LI < 1$  hesaplanmış olması, bu killerin duyarlı killere olmadığına işaret etmektedir.

### Zeminlerin Mühendislik Sınıflaması

**Üçgen Sınıflama:** Dane boyu dağılımı analizi uygulanan 18 örneğin kum, silt ve kil yüzdelere göre, U.S. Engineer Department (1953; Hough, 1957'den) tarafından önerilen üçgen sınıflama abağı üzerindeki dağılımları Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu dağılıma göre, söz konusu örneklerin % 50'si "kum", % 50'si de "siltli kum" olarak sınıflandırılmışlardır.



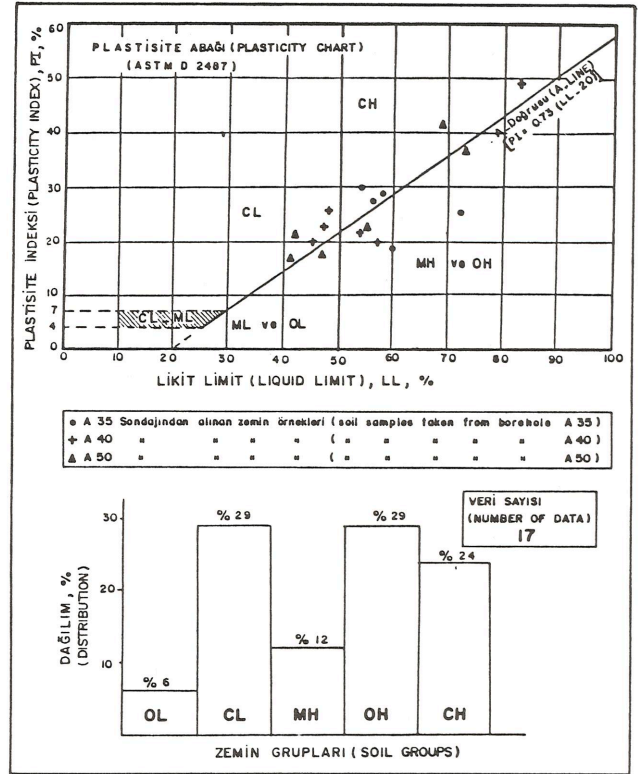
Şekil 7 : Kum örneklerinin üçgen sınıflama abağı üzerindeki dağılımı.

Figure 7 : Distribution of sand samples on triangular classification chart.

**Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması:** Bu sınıflama sisteminde, zemin örnekleri önce, iri daneli (kumlar) ve ince daneli (kil ve siltler) zeminler olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. İri daneli zeminler birleştirilmiş zemin sınıflamasındaki sınıflama ölçütlerine, ince daneli zeminler ise, Şekil 8'de verilen 'Plastisite Abağı' üzerinde, LL ve PI değerlerine göre sınıflandırılmışlardır.

Sınıflandırmaya göre, kum zeminlerin genel olarak SM grubunda yer aldıkları ve çok az miktarda örneğin de SP ve SW grubuna girdikleri belirlenmiştir. Dolayısıyla sınıflanan kum örnekleri, genel olarak, siltli, kötü derecelenmiş özellikler taşıyan nisbeten düşük drenajlı zeminlerdir.

Şekil 8'deki histogramdan görüleceği gibi, sektördeki ince daneli zeminler içerisinde yüksek plastisiteli (CH, MH ve OH) ve kil oranı daha yüksek (CH, CL ve OH) zeminlerin egemen olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 8 : İnce daneli zemin örneklerinin plastisite abağı üzerindeki dağılımı ve zemin gruplarının histogramı.

Figure 8 : Distributions of fine grained soil samples on plasticity chart and histogram of soil groups.

### Zemin Örneklerinin Geçirgenliği

Sondajlarda, jeolojik birimlerin niteliği gereği, kuyuların güvenliği açısından sürekli bentonit çamuru ile çalışılmak zorunda kalmıştır. Bu zorunluluk, zemin birimlerinin kütleli geçirgenlik katsayılarının sondaj kuyularında belirlenmesini kısıtlayıcı bir rol oynamıştır. Bu nedenle, sektördeki birimlerin geçirgenlik katsayıları dane boyu dağılımı analizlerinin sonuçları ve belirlenen zemin grupları esas alınarak tahmin edilmiştir.

Allen Hazen (1982; Hough, 1957'den) tarafından temiz kumlar için önerilen,

$$k = 100d_e^2$$

eşitliği kullanılarak, temiz kum olarak nitelendirilen 4 örneğin geçirgenlik katsayısının  $5.6 \times 10^{-3}$  cm/s ile  $8.1 \times 10^{-3}$  cm/s arasında değişebileceği hesaplanmıştır.

Diğer kum zemin örnekleri ve ince daneli zeminlerin geçirgenlik katsayıları için, Şekil 9'daki çizelgeden (Jumikis, 1967, Gillot, 1968), zemin grupları dikkate alınarak, geçirgenlik katsayısının kumlarda  $10^{-3} - 10^{-6}$ /s, ince daneli zeminlerde ise  $10^{-8} - 10^{-9}$  cm/s arasında değişebileceği tahmin edilmiştir.

k (cm/s)	GEÇİRGENLİK KATSAYISI ( COEFFICIENT OF PERMEABILITY )												
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	1.0	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	
DRENAJ ÖZELLİĞİ (DRAINAGE PROPERTY)	ÇOK İYİ DRENAJ (Very good drainage)		İYİ DRENAJ (GOOD DRAINAGE)				ZAYIF DRENAJ (POOR DRAINAGE)			PRATİK OLARAK GEÇİRİMSİZ (PRACTICALLY IMPERVIOUS)			
ZEMİN TİPİ (SOIL TYPE)	Temiz Çakıl (Clean Gravel)		Temiz kumlar, temiz kum ve çakıl karışımları (Clean sands, clean sand and gravel mixtures)				Çok ince kumlar; organik ve inorganik siltler; kum silt ve kil karışımları; tabakalı killer; buzul sedimanları (Very fine sands; organic and inorganic silts; mixtures of sand, silt and clay; stratified clays; glacial till deposits)			"Geçirimsiz" zeminler bozunma zonu altındaki homojen killer (Impervious soils, e.g. homogenous clays below the weathering zone)			
BİRLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN GRUBU (UNIFIED SOIL GROUP)	GP	GW	SP	SW	GM SM SC			CL CH OH			Bitki ve bozunma etkisiyle değişmiş geçirimsiz zeminler (Impervious soils which are modified by the effects of vegetation and weathering)		

Şekil 9 : Zeminler için geçirgenlik katsayısı çizelgesi.  
Figure 9 : Table of coefficient of permeability for soils.

### Zemin Örneklerinin Dayanımları

$$S = C + \delta \tan \phi$$

Serbest Sıkışma Testleri: İnceleme alanındaki kohezyonlu zeminlerin dayanımlarının tayin edilmesi amacıyla, ASTM D 2166 standardına uygun olarak, örselenmemiş nitelikteki 60 test örneği üzerinde 'serbest sıkışma testleri' yapılmıştır.

Kohezyonlu zeminlerde drenajsız koşullarda gelişen yenilmelere ilişkin pekçok sayıdaki araştırma, laboratuvarında elde edilen değerler ile sahadaki yenilmelerde belirlenen gerçek makaslama dayanımı arasındaki en yakın uyumun, serbest sıkışma dayanımının yarısı alınarak sağlanabildiğini göstermektedir (Tschebotarioff, 1951). Bu husus dikkate alınarak, test sonuçlarının değerlendirilmesinde  $q_u$  serbest sıkışma dayanımının yanısıra,

$$C = S_u = \frac{q_u}{2}$$

eşitliğinden belirlenen drenajsız makaslama dayanımı ( $S_u$ ) değerleri de ayrıca hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlar, çoğunluğunu killerin oluşturduğu test örneklerinin serbest sıkışma dayanımlarının 202kPa (2kgf/cm<sup>2</sup>) ile 4458kPa (44.6kgf/cm<sup>2</sup>) arasında değiştiğini göstermektedir. Serbest sıkışma dayanımı değerleri iki sisteme (Leonards, 1962; Hoek ve Bray, 1977) göre sınıflandırılmış (Şekil 10) ve bu zeminlerin dayanımları açısından genel olarak katı zemin veya çok zayıf kayac grubunda yer aldıkları belirlenmiştir.

Makaslama Testleri: Çeşitli stabilite problemlerinde, özellikle şeylerin stabilitesinde zemin kütlelerinin makaslama dayanımları etkin bir rol oynar ve,

Coulumb eşitliği ile verilen bu dayanım, maden işletmesi gibi uzun sürede gerçekleştirilen kazılarda ve özellikle aşırı konsolide killer içerisinde açılan şevlerde, drenaja bağlı olarak zamanla azalır. Bu koşullarda stabiliteyi yönlendiren en kiritik durum 'uzun süreli stabilite'dir.

Yukarıda özetle değinilen hususlar dikkate alınarak, sektördeki ince daneli zeminlerin makaslama dayanımı parametrelerinin drenajlı koşullar altında tayin edilmesi öngörülmüştür. Bu amaçla ASTM D 3080 test standardına uygun olarak 12 adet "deformasyon kontrollu-drenajlı makaslama testi" yapılmıştır. Tüm test sonuçları derlenerek " $\tau_{pc}$  doruk makaslama dayanımları", " $\delta_{nc}$  normal gerilmeler'e karşı grafiğe geçirilmiş ve genel yenilme zarfı çizilmiştir (Şekil 11), " $\delta_{nc} - \tau_{pc}$  ilişkisinin güvenilirlik derecesinin araştırılması için yapılan ikili doğrusal regresyon analizine göre,

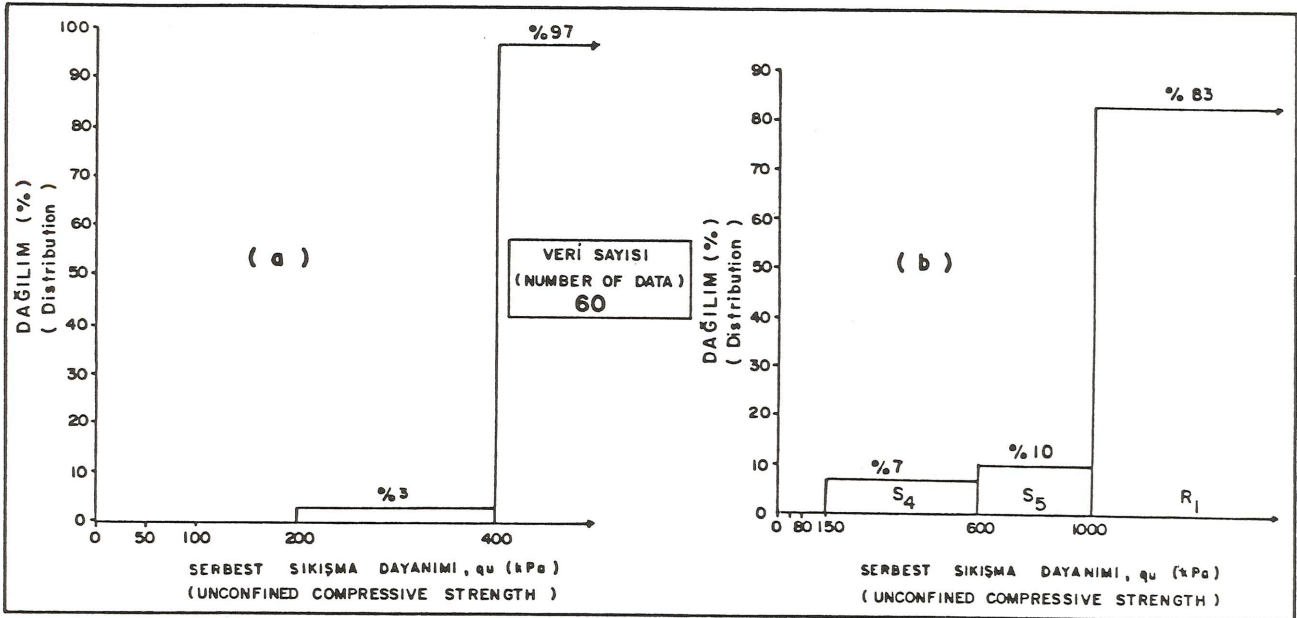
$$\tau = 52.3 + 0.567 \sigma$$

ilişkisi ve  $c_d = 52.3 \text{ kPa}$  (0.5kgf/cm<sup>2</sup>) ve  $\phi = 29.5^\circ$  değerleri belirlenmiştir.

0.633 gibi nisbeten düşük bir korelasyon katsayımın elde edilmesinde, kil örneklerinin değişik miktarlarda kum ve silt içermeleri etkin bir rol oynamıştır. Nitekim iri dane yüzdesi fazla olan örneklerde daha yüksek  $\phi$ , daha düşük c değerleri elde edilmiştir.

Kum zeminlerde, örnekleme sırasında karşılaşılan güçlükler nedeniyle örselenmemiş örnek alımı mümkün olmamış, ayrıca standart penetrasyon testi (SPT) için gerekli ekipman olmadığı için bu test de yapılamamış ve





Şekil 10 : Kohezyonlu zemin örneklerinin serbest sıkışma dayanımı histogramları: (a) Leonards (1962) sınıflaması, (b) Hoek ve Bray (1977) sınıflaması.

Figure 10 : Histograms of unconfined compression strength of cohesive soil samples: (a) Leonards (1962) classification, (b) Hoek and Bray (1977) classification.

dolayısıyla bu zeminlerin makaslama dayanımı parametreleri belirlenememiştir. Ancak, Acısu Sektöründe olduğu gibi, gevşek ve üniform özellikteki kumlarda  $\phi$  içsel sürtünme açısının, dane şekline de bağlı olmak üzere, 30-35 derece arasında değişebileceği bazı araştırmacılar (Lambe ve Whitman, 1969) tarafından ifade edilmektedir.

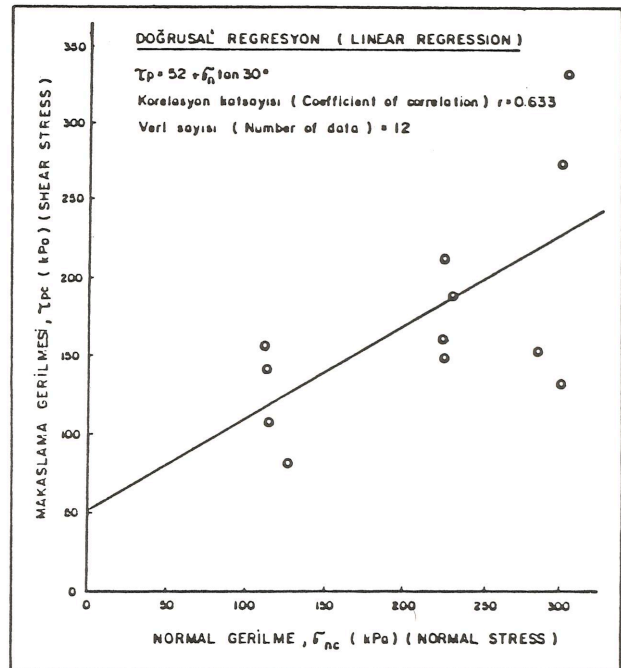
#### X-Işınları Difraksiyonu (XRD) Analizleri

Likit limiti %50'den büyük olan örneklerden 6 tanesi üzerinde X-ışınları difraksiyonu analizleri yapılmıştır. Tüm örnek için yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre, bu zeminlerde kil minerallerinin yanısıra, kuvars, feldispat ve kalsit minerallerinin de bulunduğu anlaşılmıştır. Kil fraksiyonu analizleri ise, bu zeminlerdeki egemen kil mineralinin montmorillonit olduğunu göstermiştir. İkinci derecede yaygın kil minerali olarak kaolinit saptanmıştır. Analizler, Ca-montmorillonitin, Na-montmorillonite oranla çok daha fazla bulunduğunu göstermiştir. Ca-montmorillonitin orta-yüksek derecede şişme özelliğine karşın, Na-montmorillonitte serbest şişme büyük boyutlara ulaşabilmekte, kaolinitte ise düşük olmaktadır (Tourtelot, 1974). Buna göre, sektördeki kil zeminler genel olarak orta-yüksek şişme özelliğine sahip, montmorillonitik karakterli killer olarak değerlendirilmiştir.

#### MADEN İŞLETMECİLİĞİNİN JEOTEKNİK FAKTÖRLER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sektörde bu aşamada bazı belirsizliklerin varlığı, etüdlerin ön fizibilite çalışmalarına hizmet edecek şekilde planlanmış olması ve dolayısıyla bir ön işletme projesinin mevcut olmayışı gibi nedenlerle, bu aşamada ma-

den dizaynında gereken jeoteknik parametrelerin belirlenmesi hususu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Bu nedenle, sektördeki zeminlerin belirlenen jeomekanik özellikleri esas alınarak; jeoteknik faktörler açısından yeraltı ve yerüstü işletmeciliğinde karşılaşılabilecek zemin davranışları ile maden işletme yöntemlerinin sahada uygulanabilirlikleri tartışılmıştır.



Şekil 11 : Kil örneklerinin genelleştirilmiş Mohr yenilme zarfı.

Figure 11, Generalized Mohr failure envelope of clay samples.

## Yeraltı Kazılarında Zeminlerin Davranışı

İnceleme alanında derin kesimlerde bulunan daha kalın linyit damarlarının 'örtü/kömür' oranları dikkate alındığında, bu damarların kapalı işletme yöntemiyle üretilebilecekleri anlaşılmaktadır. Bu damarların tavan ve tabanlarında genel olarak kum ve kil zeminlerin bulunması nedeniyle, zeminlerin davranışı, kohezyonsuz (kum) ve kohezyonlu (kil ve silt) zeminler olarak, iki başlık altında incelenmiştir.

**Kohezyonlu Zeminler:** Çevresindeki gerilme koşulları değişen yeraltı kazı boşluklarında ilerleme hızı ve kazı maliyeti, boşluğun duraylılığıyla ve tahkimatsız olarak duraylı kalabildiği süreyle yakından ilişkilidir. Jeolojik birimlerin serbest sıkışma dayanımların yanal gerilmelere oranla daha büyük olması koşulunda tahkimatsız kalabilme süresinin artması beklenir. Ayrıca, özellikle yeraltı su düzeyinin altındaki çok yumuşak killerde, siltli ve gevşek kum ve çakıllarda bu süre çok kısa, buna karşın çok sıkı kumlar ile sıkı ve sert killerde daha uzun olabilmektedir (Megaw ve Bartlett, 1981). Acısu Sektörü'nün Neojen yaşlı genç çökellerden oluşması ve büyük tektonik hareketlerin izlerine rastlanılmamış oluşu (Bozkuş, 1978 ve Kara, 1982) nedeniyle, genel olarak yanal gerilmelerin düşey gerilmelere oranla düşük olacağı tahmin edilmektedir. Ortalama birim ağırlık değeri  $19 \text{ kN/m}^3$  alınarak, örneğin 100 metre derinlikteki örtü basıncı  $1900 \text{ kPa}$  ( $19 \text{ kgf/cm}^2$ ) hesaplanmıştır. Tutucu bir yaklaşımla bu derinlikteki yanal gerilmelerin düşey örtü basıncına eşit olabileceği varsayılabilir, kil zeminler için bu değerden daha büyük serbest sıkışma dayanımı değerlerinin belirlenmiş olması, bu zeminlerin tahkimatsız duraylı kalabilme sürelerinin çok kısa olmayacağına işaret etmektedir.

Plastisitesi yüksek kil zeminler içerisinde açılan tünel veya galerilerin duraylılığı, kazı boşluğunu çevreleyen zemine etkileyen gerilmelerin büyüklüğüne bağlıdır. Bu konuda yapılan araştırmalar sonucunda, plastik killer için Broms ve Bennemark (1967; Peck, 1969, Heuer, 1974 ve West, 1978'den) tarafından önerilen ' $N_t$ , duraylılık faktörü'nden duraylılığın göstergesi olarak yararlanılmaktadır.  $N_t$ 'nin değeri,

$$N_t = \frac{P_z - P_a}{S_u}$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte,

$P_z$ : z derinliğindeki tünel veya galeride etkileyen örtü basıncı ( $= \gamma \cdot z$ )

$P_a$ : kazı sırasında kullanılan hava basıncı

$S_u$ : kilin drenajsız makaslama dayanımı ( $= q_u/2$ )'ni ifade etmektedir. Basınçlı hava kullanılmıyorsa  $P_a$  terimi ihmal edilir.

Tahkimat sistemlerine etkileyen sıkıştırıcı yüklerden kaynaklanabilecek sorunlarla karşılaşılması için;

$N_t < 2$ , tercihan  $N_t = 1$  olması gerekmektedir birlikte (West, 1978),  $N_t < 4$  koşulu genel olarak kazı sırasında sorun yaratmamaktadır.  $N_t$ 'nin çeşitli sınır değerlerine bağlı olarak, karşılaşılabilecek olası duraysızlıklar (Heuer, 1974) aşağıda belirtilmiştir:

a.  $N_t > 5$  ise, kil zemin sıkışır

b.  $N_t > 6$  ise, kazı boşluğunda makaslama yenilmesi ve aynaya doğru bir hareket gelişir.

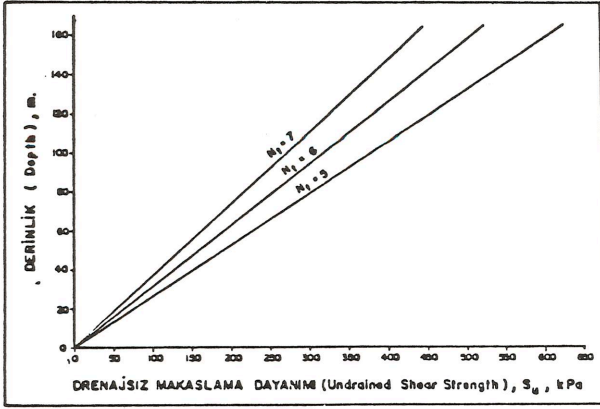
c.  $N_t > 7$  ise, zemin çok büyük bir gerilmeden etkileneneği için, boşluk çevresinde büyük ölçekli bir makaslama yenilmesi ve sıkışma hareketi gelişerek tahkimat kontrolü güçleşebilir.

Sektörde 20 metreden itibaren her 5 metrelik derinlik artışında,  $N_t$  faktörünün yukarıda belirtilen sınır değerleri bilgisayar çözümlemesi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar,  $N_t = 5$ ,  $N_t = 6$  ve  $N_t = 7$  koşulları için " $S_u$  derinlik" grafiğine işlenerek Şekil 12'de verilmiştir.  $N_t$  faktörünün bu 3 sınır değeri için belirlenen kil zeminlerin drenajsız makaslama dayanımlarının, testlerle saptanan drenajsız makaslama dayanımı değerlerinden düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, söz konusu kohezyonlu zeminlerde açılacak yeraltı boşluklarında karşılaşılabilecek olası duraysızlıkların çok kısa süreler içinde gelişmesi zayıf bir olasılık olarak görülmektedir. Bununla birlikte, düşük dayanımlı bazı silt seviyelerinin varlığının bu duruma ters düşecekleri de dikkate alınmalıdır.

$N_t$  duraylılık faktörü, genel anlamda münferit kazılara ilişkin değerlendirmelerde bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Ancak yeraltı işletmeciliği uygulamalarında açılan çok sayıda üretim panolarındaki gerilme dağılımları, münferit kazılardakine oranla daha karışıktır ve bu kazılar daha değişik gerilme konsantrasyonları tarafından etkilenir. Bu nedenle, Şekil 12'de gösterilen ilişkilerin, kil zeminlerde açılacak münferit kazı boşluklarının duraylılığına ilişkin genel bir değerlendirme olacağı gözönünde bulundurulmalıdır.

Montmorillonit mineralinin yapısında suyun absorbe edileceği yüzey alanının geniş olması nedeniyle, kristalin arasındaki su miktarının artmasına bağlı olarak kil şişmekte ve kolaylıkla deforme olabilmektedir. Bunun yanı sıra, aşırı konsolidasyona uğramış killerdeki kazılarda, örtü yükünün kaldırılması sonucunda kilin kabarması oldukça yaygın bir davranıştır. Test sonuçlarına göre montmorillonitik ve aşırı konsolide bir özellik taşıdıkları anlaşılan kil zeminlerde şişme ve kabarma türünde davranışlarla karşılaşılabilir. Bu olumsuzlukların giderilebilmesi veya minimum düzeyde tutulabilmesi için, kil zeminlerin suyla olan temaslarının kısa sürede kesilmesine özen gösterilmelidir.

**Kohezyonsuz Zeminler:** Sektörde yapılabilecek yeraltı kazılarında, kazıtavanını gevşek, kötü derecelenmiş ve siltli özellikteki kumların oluşturacağı ortamlarda, özellikle yeraltı su düzeyi altında, tahkimatsız duraylı kalabilme süresinin çok kısa olması beklenmelidir.



Şekil 12 :  $N_t$  duraylılık faktörünün kritik değerleri için, inceleme alanındaki kohezyonlu zeminlerin dre-najsız makaslama dayanımlarının derinlikle değ-işimi.

Figure 12 : Alteration of undrained shear strengths of cohesive soils in investigated area with depth, for the critical values of stability factor  $N_t$ .

Sektördeki kum zeminlerde karşılaşılabilecek davranışlar, başlıca yeraltı suyu koşullarına ve zemin kütle-sindeki ince daneli malzeme içeriğine bağlı olarak değ-işecektir. Çok düşük miktarda ince dane içeriğine ve genel olarak gevşek özelliğe sahip olmaları nedeniyle, içsel sürtünmeli bir malzeme gibi davranmaları beklenen bu kumların, kazı tavanlarında yer almaları koşulunda boş-luğa dökülmeleri söz konusudur. Özellikle yeraltı su düze-yi altında gerçekleştirilecek kazılarda, suyun da etkisiyle-bu davranışın ilerleyici bir karakter kazanarak hızlanma-sı olasıdır.

Geçirgenlik katsayılarının  $10^{-3}$  cm/s düzeyinde olabi-leceği tahmin edilen ve ince daneli malzeme oranı düşük olan bu kumların, sızıntı basınçlarının gelişmesine paralel olarak, ağır bir sıvı gibi davranıp, kazı boşluğuna ak-maları beklenebilir. Söz konusu olumsuzlukların mini-mum düzeye indirilebilmesi açısından, bu kumların altın-da daha sağlam olan kil veya linyit seviyelerinin tavan olarak bırakılıp çalışılması, dikkate alınması gerekebi-lecek bir husustur.

### Zemin Davranışları Açısından Yeraltı İşletme Yöntem-lerinin Uygulanabilirliği

İnceleme alanında olduğu gibi, ön fizibilite aşamasın-daki çalışmaların sürdürüldüğü maden yataklarında, işletme yönteminin seçimi ve dizayn parametrelerinin be-lirlenmesi konusunda bazı belirsizlikler söz konusu ola-bilmektedir. Bu nedenle, aşağıdaki bölümlerde, belirlen-en jeoteknik faktörler ve olası zemin davranışları esas alınarak, çeşitli yeraltı işletme yöntemlerinin sahada uy-gulanabilirliği, karşılabilecek sorunlar ve sınırlamalar tartışılmıştır.

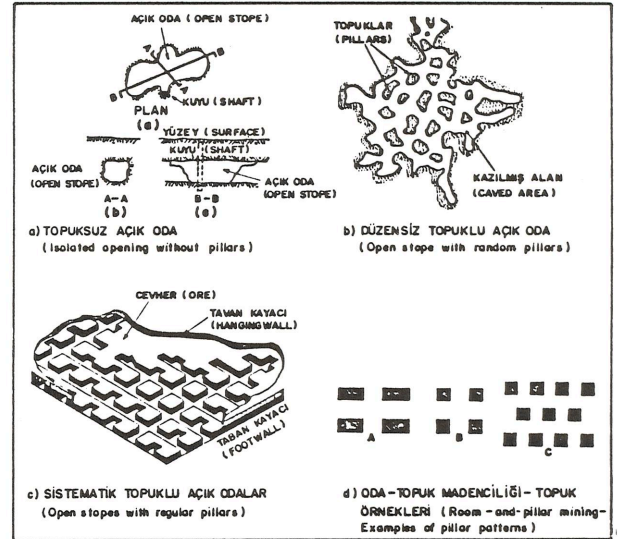
**Yapay Tahkimat Gerektirmeyen İşletme Yöntemleri:** Ka-zı boşluklarının cevher veya yan kayaç tarafından taşın-dığı, yapay tahkimatı gerektirmeyen işletme yöntemleri

- Topuksuz açık odalar,
- Düzensiz topuklu açık odalar,
- Sistemik topuklu açık odalar,
- Oda-topuk madenciligi

olarak gruplandırılabilir ( Şekil 13)

Topuksuz açık oda yöntemi, birbirleri ile bağlantı-sı olmayan mercek şeklindeki maden yataklarında; dü-zensiz topuklu açık oda yöntemi birbirlerine oldukça yak-ın ve çok sayıdaki küçük merceklerin üretiminde; üçün-cü yöntem ise cevher kalitesinin üniform olduğu yatak-larda uygulanmaktadır. İlk yöntemin uygulanmasında ta-vanın kendisini taşıyabilecek sağlamlıkta, diğer ikisinde ise tavanın nisbeten dayanıklı ve topukların yükleri taşı-yabilecek nitelikte olması gereklidir. Sektörde, mühendis-lik özellikleri yönünden söz konusu yöntemler için gerek-li koşulları sağlayamayacak nitelikteki kumların varlığı, yöntemlerin uygulanabilirliğini büyük ölçüde kısıtlamak-tadır.

Sağlam tavan ve taban koşullarını gerektiren oda-to-puk yöntemi, sistemik topuklu açık baca yöntemine benzemekle birlikte, az eğimli ve damar kalınlığı üniform olan yataklarda uygulanmaktadır. Sektördeki linyit da-marlarının eğimlerinin düşük olmasına rağmen değışken-lik göstermeleri, ayrıca mühendislik özellikleri oldukça zayıf olan kum zeminlerin varlığı, bu yöntemin uygula-nabilirliğine ilişkin olumsuzluklardır. Tavanında kum ze-minlerin yer alacağı açıklıklarda tavan kontrolünde güç-lüklerle karşılabileceği gibi, bırakılacak topukların bu tür zayıf özellikteki tavana gömülmesi de söz konusudur. Montmorillonitik karakter taşıyan kil zeminlerin suyla ilişkisi sonucunda gelişebilecek kabarmaların topuk du-raylılığını olumsuz yönde etkileyebileceği de dikkate alınmalıdır.



Şekil 13 : Tahkimat gerektirmeyen yeraltı kazıları (Mor-rison ve Russel, 1973'ten).

Figure 13 : Self supporting underground excavations (Af-ter Morrison and Russel, 1973).

**Uzun ve Kısa Ayak Yöntemleri:** Tavan kontrolünde güçlüklerle karşılaşarak geniş boyutlu topukların bırakılmasının zorunlu olduğu yataklarda, oda-topuk yöntemi yerine uzun veya kısa ayak yöntemlerinin uygulanması tercih edilmektedir. Düşük dayanımlı, kolaylıkla göçertilebilecek birimler içerisindeki yatay veya az eğimli damarların üretiminde uygulanan bu iki işletme yönteminde; örtü yükleri tavandaki birimlerin oluşturduğu bir köprü aracılığı ile kazılmış kesime doğru transfer edilerek, arınla göçük arasında oluşturulan ve gerilmeler açısından nisbeten hafifletilmiş dar bir alan yapay tahkimatlarla desteklenmektedir. Bu yöntemlerin başlıca avantajları, tavan kontrolünün ve havalandırmanın daha kolay toz kontrolünün basit ve üretimin fazla olmasıdır (Panek, 1974).

Sektördeki kum zeminlerin kolaylıkla, kil ve siltlerin de nisbeten kolay şekilde göçertilebilecek nitelikte oluşları, bu yöntemlerin uygulanabilirliği konusunda önemli bir avantaj olarak değerlendirilebilir. Ancak, killerin suyla temaslarının kesilmesi koşulunda sahip oldukları sağlamlıklarına karşın, kumların zayıf mühendislik özelliklerine sahip olmaları nedeniyle, tahkimatlar kuma gömülebilir ve tavan kontrolü güçleşebilir. Bunun yanı sıra, kil zeminlerde gelişmesi olası şişme davranışı da dikkate alındığı takdirde, yapay tahkimat gerektirmeyen işletme yöntemlerindeki kadar olmamakla birlikte, uzun ve kısa ayak yöntemlerinin uygulanması koşulunda dahi önemli güçlüklerle karşılaşılması olasıdır. Ancak, duraylılığın kontrolü açısından kısa ayak yönteminin, uzun ayak yöntemine oranla daha avantajlı olacağı da dikkate alınmalıdır.

#### **Açık İşletme Uygulamalarını Etkileyebilecek Jeoteknik Faktörler**

Mevcut verilere göre sığ derinliklerde saptanan bazı linyit damarlarının kalınlıkları ince olup, gerek kalınlık, gerekse yayılım açısından değişkenlik göstermektedirler. Gelecekte yapılacak çalışma ve değerlendirmelerin, bu damarların açık işletme yöntemiyle üretilmelerinin uygun olabileceğini göstermesi olasılığı dikkate alınmış ve elde edilen veriler yorumlanarak linyitli seri içerisinde açılacak şevlerin duraylılığına ilişkin bazı ön değerlendirmeler yapılmıştır.

Linyitli seriyi oluşturan zemin niteliğindeki birimlerin aşırı tektonik hareketlere uğramayışı ve genel olarak belirgin bir şekilde görülemeyen tabakalanmanın yatay veya çok az eğimli oluşu, sev duraylılığının süreksizlikler tarafından kontrol edilmeyeceğini göstermektedir. Bu nedenle, linyitli seri içerisinde gerçekleştirilecek şev kazılarının duraylılığının, zeminlerin kütle karakteristiklerine ve yeraltı suyunun özelliklerine bağlı olarak değişmesi ve olası kaymaların dairesel veya birleşik kayma yüzeyleri boyunca gelişmesi beklenmelidir. Dolayısıyla, makaslama testleriyle ilgili bölümde değinilen gerekçeler de dikkate alınarak, şevlerin duraylılığı drenajlı makasla-

ma dayanımı parametreleri  $c_d$  ve  $\Phi_d$  kullanılarak, uzun süreli stabilite koşuluna göre incelenmelidir.

İnceleme alanındaki kum ve kil zeminlerin düşey ve yanal yönlerdeki yayılımlarının sık sık değişkenlik göstermesi, şevlerin homojen olmayan bir ortamda açılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu koşullar altında, duraylılığın genel olarak içsel sürtünmeli bir malzeme gibi davranması beklenen kumlardan etkilenmesi söz konusudur. Daha önceki bölümlerde kum zeminlerin makaslama dayanımları hakkında, belirtilen nedenlerden dolayı, yeterli verinin toplanamadığı vurgulanmıştı. Bununla birlikte, bazı ön bilgilere dayanılarak içsel sürtünme açısının  $30^\circ$  civarında olabileceği tahmin edilen bu kumların, dizayn sırasında alışılmalı  $45^\circ$  lik genel şev açılarından daha yatık açılarının kullanılmasını zorunlu kılacağı dikkate alınmalıdır.

#### **SONUÇ**

Acısu Sektöründeki linyitli seri içerisinde yer alan birimlerin, kum, kil ve silt olarak adlandırılan zemin niteliğindeki malzemelerden meydana geldiği anlaşılmaktadır. Kil zeminler mühendislik özellikleri yönünden sağlam ve montmorillonitik bir karaktere sahip olmalarına karşın, kumlar oldukça zayıf, siltler ise orta-zayıf zeminlerdir.

Yeraltı işletmeciliği açısından killerin, şişme davranışı dışında nisbeten daha olumlu davranışlar göstereceğine ilişkin göstergeler elde edilmesine karşın, özellikle kumlarda duraylılığın çok kısa süreli olacağı, bunun yanı sıra bu zeminlerde dökülmeye ve akma gibi davranışlarla karşılaşılması olasıdır. Zeminlerin belirlenen jeomekanik özellikleri açısından, sektörde yapay tahkimat gerektirmeyen işletme yöntemlerinin uygulanabilirliğinin pek mümkün olamayacağı, buna karşın kısa ve uzun ayak yöntemleri için bazı olumlu özelliklere sahip oldukları anlaşılmaktadır.

Açık işletme uygulamalarında, kumların kütle karakteristikleri ve yeraltı suyunun özellikleri, şevlerin duraylılığını kontrol edecek en önemli faktörler olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, şevlerin oldukça yatık açılarla dizayn edilmeleri gerekecektir.

Acısu Sektörü'ndeki birimlerin jeomekanik özelliklerinin incelenmesi, Sektörde jeoteknik faktörler açısından bilinmeyenlerin sayısında sistematik bir azalma sağlamıştır. Ancak, bu inceleme ve değerlendirmeler ön fizibilite çalışmalarına yönelik amaçlarla bir pilot bölgede ve sınırlı sayıda veriye dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Sahada linyitin işletilebilirliğine dönük amaçlarla öngörülecek ek çalışmalarına yönelik amaçlarla bir pilot bölgede ve sınırlı sayıda veriye dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Sahada linyitin işletilebilirliğine dönük amaçlarla öngörülecek ek çalışmaların öncesinde tüm verilerin jeoteknik faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gereklidir. Özellikle, işletme kazılarının duraylılığı üzerinde önemli etkisi olacağı anlaşılan kum seviyelerinin yayılımının

duyarlı bir şekilde belirlenmesi ve çeşitli zemin birimleri arasında korelasyonun yapılması zorunludur. Ayrıntılı değerlendirmelerin yapılarak çalışmaların sürdürülmesi ve buna paralel olarak birimlerin hidrojeolojik karakteristiklerinin de belirlenmesi, maden dizaynına dönük amaçlarla işletme öncesinde öngörülebilecek jeoteknik çalışmaların planlanması ve değerlendirilmesinde önemli yararlar sağlayacaktır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- American Society For Testing And Materials, 1980, Natural Buliding Stones: Soil and Rock. Part 19.
- BOZKUŞ: C., 1978, Erzurum-Horasan-Aliçeyrek linyit sahasına ait jeolojik rapor. M.T.A, Enerji Hammaddeleri D., Rapor No. 308 (Yayınlanmamış).
- GİLLOT, E.J., 1968 Clay in Engineering Geology. Elsevier Publishing Comp
- HEUER, R.E., 1974, Important ground parameters in soft ground tunnelling. Proceedings on Subsurface Exploration For Underground Excavation And Heavy Construction. New Hampshire, Aug. 11-16,1974, American Society of Civil Engineers.
- HOEK, E. ve BRAY, J.W., 1977 Rock Slope Engineering. Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd., London.
- HOUGH, B.K., 1957, Basic Soil Engineering. The Ronald Press Comp., New York.
- JUMİKİS, A., 1967, Introduction to Soil Mechanics.
- KARA, H. ve KARA, S., 1982, Erzurum-Horasan-Aliçeyrek linyit havzası jeoloji raporu. M. T. A. Enerji Hammaddeleri D., Rapor No. 395 (yayınlanmamış).
- LAMBE: t. W. ve WHİTMAN, R. V., 2969, Soil Mechanics. John Wiley And Sons Inc., New York,
- LEONARDS, G.A. (ed), 1962, Foundation Engineering. Mc Graw-Hill Book Comp., Inc., Tokyo.
- MEANS, R.E. ve Parcher, J.W., 1963, Physical Properties of Soils. Charles E. Merrill Comp.
- MEGAW, T. W. ve BARTLETT, J.W., 1981, Tunnelling in soft ground' Tunnels-planning. design, construction, Ellis Horward Ltd.
- MESRİ, G., 1980, Soil Mechanics and Behavior. University of Illinois
- MORRİSON, R.G.K. ve RUSSEL, H. L., 1973, Selected a mining method-rock mechanics, other factors. SME Mining Engineering Handbook, Society of Mining Engineers, New York.
- PANEK, L.A., 1974, Longwall problems. Ground control aspects of coal mine design. Proceedings: Bureau of Mines Technology Transfer Seminar, Lexington, March 1976, Bureau of Mines Information Circular IC 8630, 97-100.
- PECK, R.B., 1969, Deep excavation and tunnelling in soft ground. 7<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics, Mechanics, Mexico City 1969, State of-the-art volume, 225-290.
- TOURTELOT, A.H., 1974, Active clays in engineering construction and practice. Bulletin of the Association of Engineering Geologist, V.11, No. 4, 259-275.
- TSCHEBOTARİOFF, G.P., 1951, Soil Mechanics, Foundation And Earth Structures. Mc Graw Hill Book Comp., Inc., Tokyo.
- WEST.G., 1978, Methods of treating the ground. Tunnels and Tunnelling, September 1978, 25-29.
- WU, T.H., 1966, Soil Mechanics. Allyn and Bacon, Inc., Boston.