

İSTANBUL'UN ZEMİN KOŞULLARI VE GEOTEKNİK SORUNLAR

Kutay ÖZAYDIN ve Mustafa YILDIRIM
Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
Bölümü, Geoteknik Anabilim Dalı

1. GİRİŞ

Yerel zemin koşullarının depremler sırasında meydana gelen yapısal hasar üzerinde önemli oranda etkili olduğu bilinmektedir. Bu nedenle yapılar için gerçekleştirilen temel zemini etüdlerinde, temel zemini tabakalarının olası bir deprem sırasında göstereceği davranışın da incelenmesi gerekmektedir.

Depremler sırasında oluşan yer hareketleri yapılara etkileyen sismik kuvvetleri etkilediği gibi, aynı zamanda zemin tabakalarında oluşan etkiler ve olası zemin göçmesi açısından da önemlidir. Bu gözlemler ışığında gerek arazi kullanımı ve imar planlamalarına yönelik mikrobölgeleme çalışmalarında, gerekse yapıların depreme dayanıklı tasarımında, yerel zemin koşullarını dikkate almak gerekmektedir.

Deprem sırasında bir inşaat alanında oluşacak yer hareketleri kaynak, izlenen yol ve arazi özellikleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenle, oluşacak yer hareketlerinin değerlendirilmesi için

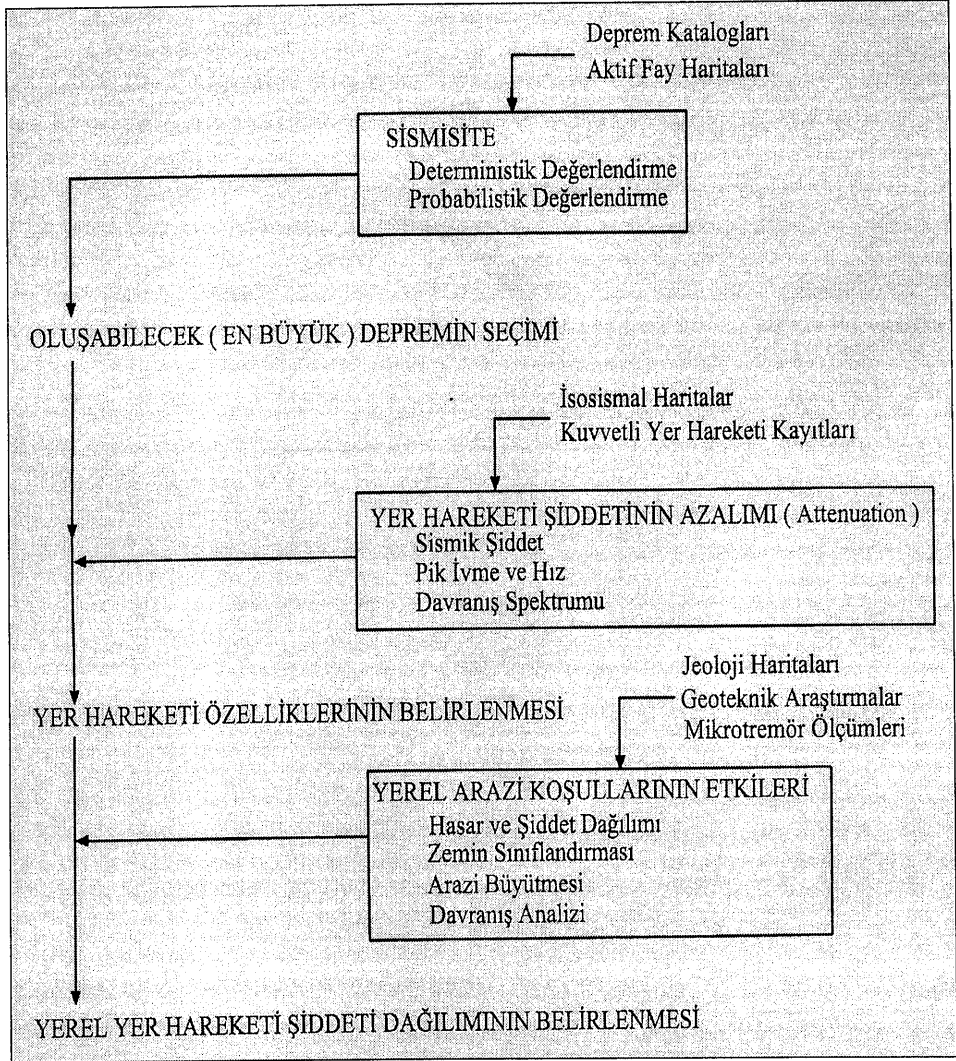
- a) Bölgesel sismisite
- b) Yer hareketlerinin sönümlenmesi (azalım ilişkileri)
- c) Yerel arazi koşulları

dikkate alınmalıdır. Şekil 1'de sismik değerlendirme çalışmalarında izlenebilecek yöntemi özetleyen bir akım diyagramı gösterilmiştir.

İstanbul'un sismisitesi ve mikrobölgeleme konuları bu sempozyumda başka konuşmacılar tarafından değerlendirilecektir. Fakat kanımca, normal bina tipi yapıların tasarım ve yapımında halen geçerli olan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nın göz önüne alınması gerekmektedir. Yapılacak olan ilave bilimsel araştırmalar sonucunda İstanbul'daki deprem bölgelerinin yeniden tanımlanmasına yeterli olacak bilgiler üretip bunlar şartnamelere yansıtılınca kadar uygulamada karmaşaya yol açacak yaklaşımlardan sakınılması gerektiği düşünülmektedir.

Bu durumda öncelikli olarak yerel arazi koşullarının yapıların deprem davranışı üzerindeki etkilerinin sağlıklı olarak göz önüne alınması önem kazanmaktadır. Genel olarak, yerel zemin koşullarının depremlerin yol açtığı hasar üzerindeki etkisi aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir:

- a) Zemin büyütmesi (arazi zemin koşullarının yapılara aktarılacak sismik etkiler üzerindeki etkisi)
- b) Zemin oturmaları
- c) Zemin sıvılaşması ve taşıma gücü kaybı
- d) Toprak kaymaları ve şev stabilitesi



Şekil 1. Sismik bölgelendirme çalışmalarında izlenebilecek yol

İstanbul gibi büyük bir metropolde, yerel zemin koşullarındaki büyük değişkenliğe bağlı olarak, olası bir deprem sırasında yukarıdaki etkilerin değişik oranlarda yapıların deprem davranışını olumsuz etkilemesi beklenilebilir. Bu nedenle mutlaka parsel bazında zemin etüdları yapılması ve yerel zemin koşullarından kaynaklanacak sismik etkilerin tasarımda dikkate alınması gerekmektedir.

Bu konuşmada, önce İstanbul'un genel jeolojisi hakkında özet bilgiler sunulduktan sonra, kentin farklı bölgelerinde rastlanılan zemin koşulları hakkında örnekler verilecektir. Bu örneklerden de gözlenebileceği üzere, İstanbul'un zemin koşulları bölgeden bölgeye büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle özellikle geleceğe yönelik arazi kullanımı ve imar planlaması çalışmalarına yön göstermek üzere bütün kentin, 1/5000

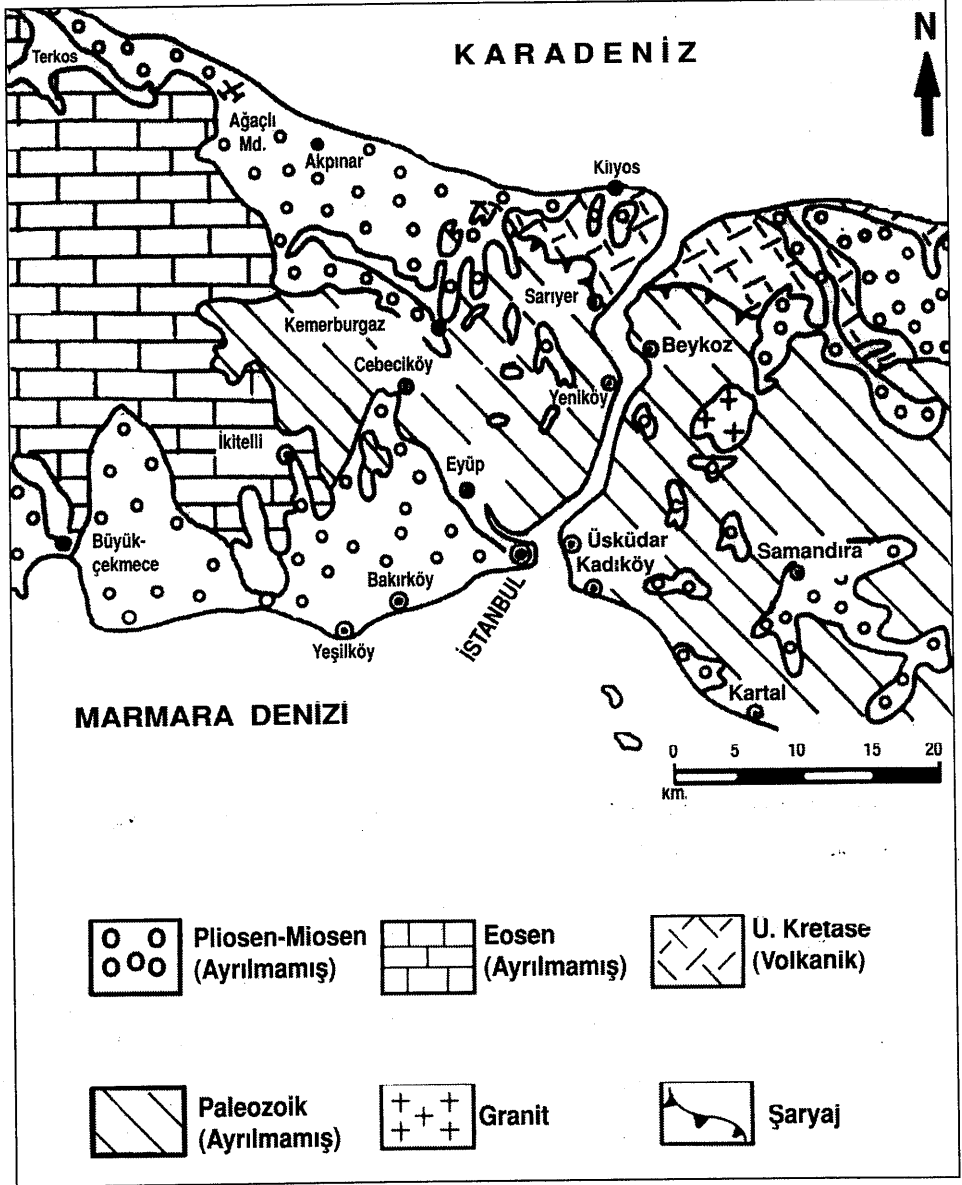
ve 1/1000 ölçekli jeoloji haritaları ve yerleşime uygunluk haritalarının hazırlanması, zeminlerin olası bir deprem sırasında davranışını da dikkate alan mikrobölgeleme çalışmalarının yapılması çok yararlı olacaktır. Bu çalışmalar aynı zamanda mevcut yerleşim bölgelerinin deprem riskinin belirlenmesi ve deprem senaryoları hazırlanması çalışmalarına da ışık tutacaktır.

2. GENEL JEOLJİ

İstanbul bölgesi ve çevresinde görünür temelde yer alan Paleozoyik yaşlı formasyonlar yakından incelendiklerinde, bunların kumtaşı (grovak), silttaşı ve kilttaşlarından oluştukları gözlenmektedir. 2000 m kalınlığa ulaşabilen bu litolojiler çoğunlukla İstanbul Boğazı'nın doğusunu oluşturan Kocaeli Yarımadası'nın büyük bir kısmında mostra vermektedir (Şekil 2, 3). İstanbul Kocaeli Yarımadası'ndaki Paleozoyik, Ordoviziyen dönemiyle başlamakta ve "Arkoz Serisi" olarak adlandırılan kırıntılı kayalardan oluşmaktadır. İstif üstü doğru Silüryen yaşlı alacalı şeyl ve grovaplardan; Devoniyen, Kireçtaşı ve şeyllerden; Karbonifer dönemi ise çörtlerden, grovaplardan ve silttaşlarından (Trakya Formasyonu) meydana gelmişlerdir [1], [2]. Arkoz serisi, İstanbul Boğazı Anadolu Yakası'nda yer yer granitgranodiyorit tarafından kesilmektedir.

İstanbul ve çevresinin görünür temelinde Paleozoyik yaşlı formasyonlar yer almaktadır. Bu formasyonların üst kesimleri, Karbonifer yaşlı ve Trakya Formasyonu olarak adlandırılan kumtaşı (grovak), silttaşı ve kilttaşlarından oluşmakta, bu kırıntılı sediment istifini yer yer andezit veya diyabaz daykları kesmektedir. Birimde ileri derecede tektonik deformasyonlar sonucu, mühendislik jeolojisi verilerine etken olan kıvrılma, kırılma ve değişik doğrultularda çatlak sistemleri gelişmiştir. Grovaplara yüzeylendiği çoğu yerde, zemin yüzeyinden itibaren yaklaşık 20 metre derinliğe kadar gri, kahverengi, yer yer geçiş kayacı niteliğindeki ayrık zonun hemen altında ayrışmamış grimsi mavi renkli dayanıklı seviyeleri yer almaktadır [3]. Yapılan deneylerden bu seviyelerin dirençli -çok dirençli kayalar olduğu anlaşılmaktadır [4], [5]. Paleozoyik istifini, kırmızı renkli bir konglomera- kumtaşı serisiyle başlayan Triyas yaşlı formasyonlar diskordan örtmektedir. Triyas üzerine ise Üst Kretase yaşlı açılı uyumsuzlukla transgresif olarak konglomera (Hereke Pudingleri) ve kireçtaşları ya da volkanitleri gelmektedir. Bu oluşukların üst seviyeleri fliš, marn ve kireçtaşlarıyla devam etmektedir.

Yaygınca gözlenen Paleozoyik istifini oluşturan grovaplara üzerinde yer yer Eosen yaşlı ve Kırklareli Formasyonu olarak adlandırılan beyaz renkli, sert, kırıklı, yer yer marn, karbonatlı kumtaşı ara katkılı kireçtaşları örtmekte ve dirençli kaya niteliğindeki bu istif, kırıklı-karstik yapısıyla, yeraltı suyu açısından önemli bir akifer niteliği taşımaktadır. Daha üstte Neojen yaşlı genç çökeller, Eosen yaşlı formasyonlar üzerinde uyumsuz olarak gelişen karasal-gölsel oluşukları meydana getirmişlerdir. Bunlar alttan üste doğru aşırı konsolide kil (Gürpınar Formasyonu), çakıllı siltli kum (Çukurçeşme Formasyonu), bataklık ortam ürünü organik kil (Güngören Formasyonu) marn-kireçtaşları (Bakırköy Formasyonu) ve çakıllı kumlu killerdir (Samandıra Formasyonu). İstanbul bölgesinde özellikle Gürpınar ve Güngören Formasyonları'nın yaygın olarak yüzeylendiği kesimlerdeki mevcut yamaçlar, ve açılan şevler potansiyel heyelan alanlarını oluşturmaktadır [6].



Şekil 2. İstanbul ve civarının sadeleştirilmiş jeoloji haritası

Şekil 2’de de görüldüğü gibi, İstanbul’un önemli bir kısmının gerek Anadolu ya-
kasının, gerekse Avrupa yakasının önemli bir kısmında kayaların yüzeylendiği gözlen-
mektedir. Bazı kesimlerde, zemin çökelleri bilhassa düşük kotlarda ve sahil kesimler-
inde bu kayaları örtmektedir. Bu haritalar bize İstanbul’un zemin koşullarının çok farklı
birçok bölgesi olduğunu göstermekte, fakat bu tür çok küçük ölçekli haritalardan, her-
hangi bir mühendislik tasarımına yönelik bilgi elde etmek mümkün olmadığı anlaşılmaktadır.

SENZOYİK					Üst Sistem
TERTİYER					Sistem
					Seri
					Formasyon
					Kalınlık (m)
					LİTOLOJİ
					AÇIKLAMALAR
PALEOZOYİK	ORDOVİSİYEN → KARBON.	Trakya	>500	>2500	KUMTAŞI (Grovak) , SİLT TAŞI-KİLT AŞI: Mavimsi gri, kahverenkli, kireç taşı mercekli
					SİLİSLİ ŞEYL-RADYOLARYALI ÇÖRT.
					YUMRULU KİREÇ TAŞI: Mavimsi boz renkli
					KİREÇ TAŞI-SEYL: Kumlu, siltli
					KİREÇ TAŞI: İri, yumrulu
					KİREÇ TAŞI-ŞEYL-SİLT TAŞI.
					KUMTAŞI-SİLT TAŞI-KUARSİT.
					KUARSİT: Beyazimsi gri, çok sert
					ARKOZ-ŞEYL Alacalı, pembe, çapraz tabakalı
					KONGLOMERA-KUMTAŞI: Mor renkli, iri çakıllı, arkoz görünümlü (ölçeksiz)
MESOZOYİK	KRETASE	Üst Kretase	>250	>250	KİREÇ TAŞI-LAV-TÜF: Grimsi, mor, kahve renkli, sert, yer yer çok ayrılmış, bloku, çörtlü
					KİREÇ TAŞI-KONGLOMERA-FLİŞ: Kahverenkli, ince-orta katmanlı, yanal geçişli
					Uyumsuzluk
					KİLT AŞI-MARN-KİREÇ TAŞI: Beyaz, sarımsı bej, gri renkli, ince-orta katmanlı, bol fosilli
					RESİFAL KİREÇ TAŞI: Beyaz, bej renkli, sert, karstik, orta-kalın katmanlı, bol fosilli
					ÇAKIL TAŞI -MARN: Grimsi bej renkli, bol grovak çakıllı, kum-silit-kil ardalı
					Uyumsuzluk
					KİL: Grimsi yeşil renkli, aşırı konsolide, ince-orta-kalın katmanlı, yaygın kum mercekli, ince kömür bantlı
					Uyumsuzluk
					KUM: Sarımsı gri, açık kahverenkli, Çakıl ve siltli, kil ara katmanlı, tutturulmamış veya çok gevşek tutturulmuş seyrek kireç taşı bloku
TERTİYER		Eosen	Kırklareli	>250	KİL: Koyu gri, boz renkli, az karbonatlı ve siltli, bitki kırıntılı
					Uyumsuzluk
					KİREÇ TAŞI-MARN: Beyaz, tebeşirimsi, maktrali, kil ara katlı
					Uyumsuzluk
					SİLT Lİ KİL: Kızıl renkli, kumlu, yuvarlak-az yuvarlak kuvarsit çakıllı, çok katı-sert, sıkı tutturulmuş
					Uyumsuzluk
					KUM, SİLT, KİL (alüvyon): Seyrek çakıllı
					Uyumsuzluk
					KİL: Koyu gri, boz renkli, az karbonatlı ve siltli, bitki kırıntılı
					Uyumsuzluk
SENZOYİK		Oligosen	Gürpınar	200	KİL: Koyu gri, boz renkli, az karbonatlı ve siltli, bitki kırıntılı
					Uyumsuzluk
					KUM: Sarımsı gri, açık kahverenkli, Çakıl ve siltli, kil ara katmanlı, tutturulmamış veya çok gevşek tutturulmuş seyrek kireç taşı bloku
					Uyumsuzluk
					KİL: Grimsi yeşil renkli, aşırı konsolide, ince-orta-kalın katmanlı, yaygın kum mercekli, ince kömür bantlı
					Uyumsuzluk
					KİL TAŞI-MARN-KİREÇ TAŞI: Beyaz, sarımsı bej, gri renkli, ince-orta katmanlı, bol fosilli
					RESİFAL KİREÇ TAŞI: Beyaz, bej renkli, sert, karstik, orta-kalın katmanlı, bol fosilli
					ÇAKIL TAŞI -MARN: Grimsi bej renkli, bol grovak çakıllı, kum-silit-kil ardalı
					Uyumsuzluk
SENZOYİK		Eosen	Kırklareli	>250	KİL TAŞI-MARN-KİREÇ TAŞI: Beyaz, sarımsı bej, gri renkli, ince-orta katmanlı, bol fosilli
					RESİFAL KİREÇ TAŞI: Beyaz, bej renkli, sert, karstik, orta-kalın katmanlı, bol fosilli
					ÇAKIL TAŞI -MARN: Grimsi bej renkli, bol grovak çakıllı, kum-silit-kil ardalı
					Uyumsuzluk
					KİL: Grimsi yeşil renkli, aşırı konsolide, ince-orta-kalın katmanlı, yaygın kum mercekli, ince kömür bantlı
					Uyumsuzluk
					KİL TAŞI-MARN-KİREÇ TAŞI: Beyaz, sarımsı bej, gri renkli, ince-orta katmanlı, bol fosilli
					RESİFAL KİREÇ TAŞI: Beyaz, bej renkli, sert, karstik, orta-kalın katmanlı, bol fosilli
					ÇAKIL TAŞI -MARN: Grimsi bej renkli, bol grovak çakıllı, kum-silit-kil ardalı
					Uyumsuzluk
SENZOYİK		Eosen	Kırklareli	>250	KİL TAŞI-MARN-KİREÇ TAŞI: Beyaz, sarımsı bej, gri renkli, ince-orta katmanlı, bol fosilli
					RESİFAL KİREÇ TAŞI: Beyaz, bej renkli, sert, karstik, orta-kalın katmanlı, bol fosilli
					ÇAKIL TAŞI -MARN: Grimsi bej renkli, bol grovak çakıllı, kum-silit-kil ardalı
					Uyumsuzluk
					KİL: Grimsi yeşil renkli, aşırı konsolide, ince-orta-kalın katmanlı, yaygın kum mercekli, ince kömür bantlı
					Uyumsuzluk
					KİL TAŞI-MARN-KİREÇ TAŞI: Beyaz, sarımsı bej, gri renkli, ince-orta katmanlı, bol fosilli
					RESİFAL KİREÇ TAŞI: Beyaz, bej renkli, sert, karstik, orta-kalın katmanlı, bol fosilli
					ÇAKIL TAŞI -MARN: Grimsi bej renkli, bol grovak çakıllı, kum-silit-kil ardalı
					Uyumsuzluk

Şekil 3. İstanbul ve civarının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti

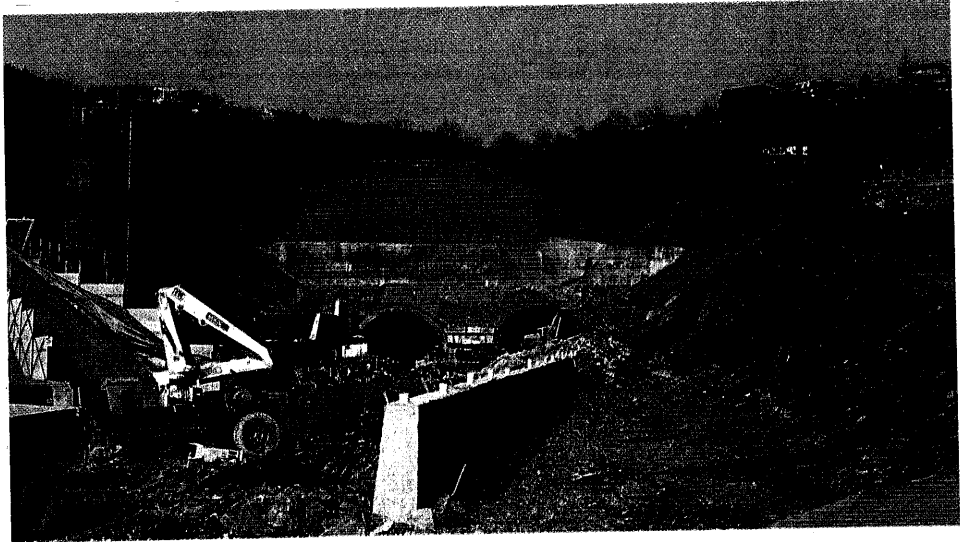
İstanbul ve çevresinin Şekil 3'de verilen genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesitinden de görüldüğü üzere, İstanbul'un görünür temelinde Paleozoyik yaşlı çökeller yer almakta, bunlar arkozlardan başlayıp, değişik türde kumtaşı, silttaşı ve kiltası ardalanmaları şeklinde devam etmektedir. İstanbul'un çoğu yerinde yaygınca mostra veren birimler ise Gürpınar Formasyonu olarak isimlendirilen aşırı konsolide sert kil tabakası, onun üzerinde Çukurçeşme Formasyonu olarak nitelendirilen kum ağırlıklı bir çökel ve daha üstte tekrar Güngören Formasyonu olarak adlandırılan başka bir kil tabakası yer almakta, bu litolojiler, yer yer birbirleriyle girik oldukları gözlenmekte, daha üst seviyelere doğru gidildikçe marn-kireçtaşı ardalanmalı Bakırköy Formasyonu, bunun üzerinde de daha genç çökellerden Belgrad Formasyonu (Samandıra Formasyonu) ve en üstte de genç alüvyal çökeller ile son bulmaktadır.

3. YEREL JEOLojİ VE ZEMİN KOŞULLARI

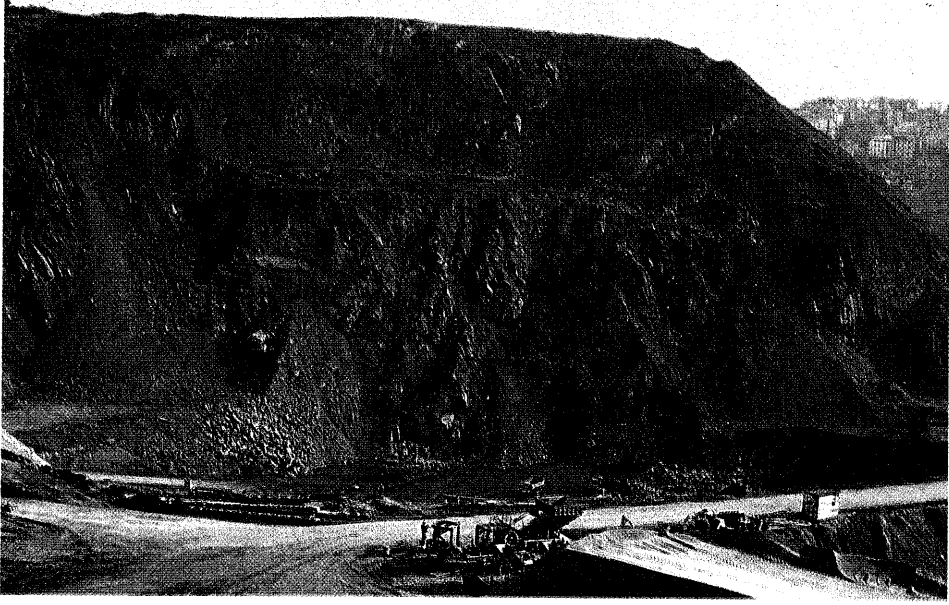
İstanbul ve çevresinin jeolojik yapısını oluşturan ve bölgenin aşınmasıyla tabandan tavana doğru sıkça değişebilen litolojilere sahip başlıca formasyonları, değişik bölgelerde açılmış kazı yüzeylerinde ve doğal yamaçlarda gözlemek mümkün olmaktadır. Bunlara ait bazı örnekler aşağıdaki resimlerde görülmektedir.

3.1. Arkoz ve Kuvarsitler

İstanbul'un görünür tabanındaki en eski birim olduğu kabul edilen ve mor-pembe renkli arkozik kayalara tipik bir örnek Kavacık-Beykoz tüneli ayna kazısında görülmektedir (Resim 1, 26.3.1997). Bu arkozlar, bazı yerlerde çok sert kaya görünümünde olduğu kadar, tamamen kumlaşmış kesimlerini de içermektedir. Bu tünel içinde sadece maddi hasara neden olan yersel bir göçük, pasif fayların oluşturduğu tamamen ayrık ve kuma dönüşmüş birimleri içinde oluşmuştur.



Resim 1 (26.3.1997)



Resim 2 (14.5.1997)

3.2. Trakya Formasyonu (Grovaklar)

İstanbul'un büyük bir kesiminde rastlanılan ve mostra veren Trakya Formasyonu'nun bütün özellikleri, Alibeyköy'de Haliç'ten taranan taban çamurunun depolandığı eski taş ocakları çukurunda gözlenmektedir (Resim 2, 14.5.1997) [7] [8] [9].

Yaklaşık 80m'lik dik şevde de görüldüğü gibi, yüzeyde çok ayrılmış, killeşmiş kesimlerin altında kalınlıkları 15m-20m'ye varan çok çatlaklı, ayrılmış kahverengimsi grovaklar, daha altta ise grovakların mavimsi gri renkli, daha sağlam ayrılmadan korunabilmiş kesimleri yer almaktadır. Kumtaşı ve silttaşı olarak da adlandırılan kahverengi ve mavi grovaklar bile kendi içlerinde farklı davranışlar göstermekte, sonuçta, grovak kelimesinin tek başına bir anlam ifade etmeyerek yeterli olmadığı, buna karşılık, çok farklı mühendislik özelliklerini içerdiği anlaşılmaktadır [10], [11]. Örnek olarak Beşiktaş'taki "Conrad Hilton Oteli"nin kazısında binanın temelleri çok farklı kotlara oturmuş ve zemin emniyet gerilmesi olarak, aynı arsa ve aynı Trakya Formasyonu grovaklarında, 10 kg/cm² ile 3 kg/cm² arasında değişen farklı değerler kullanılabilmektedir.

Kemberburgaz'da katı atık depolama alanı olarak değerlendirilen eski bir kömür ocağı çukurunu gösteren Resim 3'de (2.6.1995) yine Trakya Formasyonu'nun kahverenkli, sağlam, ortakalın katmanlı grovaklarında, tabakalaşma yüzeylerinin olumsuz olması durumunda kaya kayması türü hareketlerin olabileceği görülmektedir [12-16].

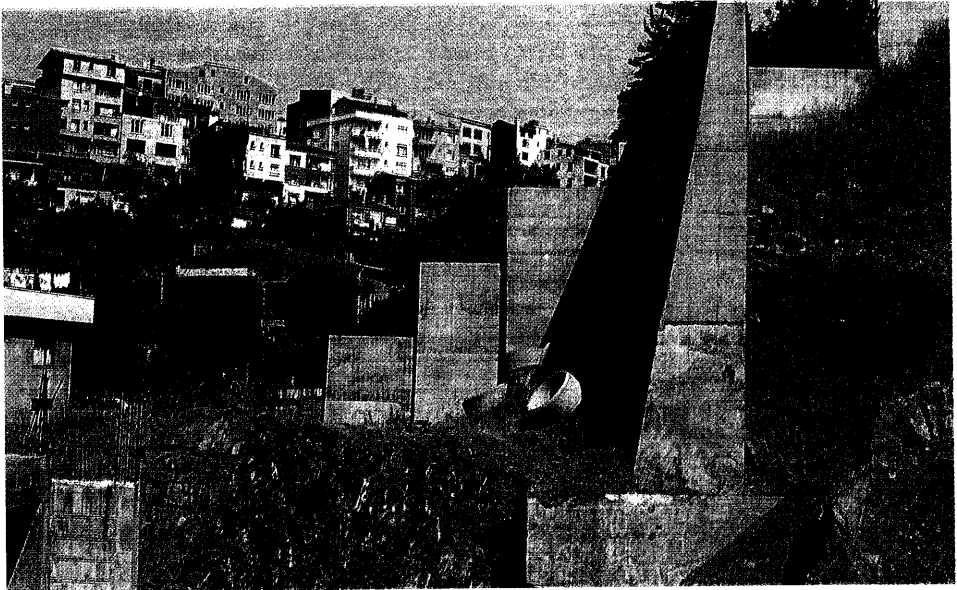
Haliç'in kuzey yamaçlarında Trakya Formasyonu birimlerinin yüzeylendiği yüzeye yakın ayrıntı kesimleri gösteren Resim 4'de (9.6.1997) görüldüğü gibi, çok dik yamaçlarda, her ne kadar kaya diye nitelendirilebilecek grovaklar olsa da, yüzey kesimlerinin ne kadar bozuşmuş olabileceği görülmektedir. Buradaki uygulamanın da inşaat mühendisleri ve mühendisliği açısından pek doğru bir uygulama olmadığı fark edilmekte-



Resim 3 (2.6.1995)

dir. Çünkü, okul alanı olarak seçilen bu yer, gerek topoğrafik, gerek zemin özellikleri açısından son derece elverişsiz bir alan olup, muhtemelen okulun maliyetinin üzerinde ek harcamayı gerektirmiştir.

Resim 5 (10.1.1997), Haliç'in güney tarafında Eyüp sırtlarında diğer bir dik yamacı göstermektedir. Her ne kadar grovak diye nitelendirilen bu kesim, kaya ortamını temsil etmiş olsa da, bu yer, problemlı bir yamaç ve bir petrol istasyonu inşaaası için yer kazanılmak gayesiyle, çok pahalı iksa tedbirlerinin alındığı görülmektedir.

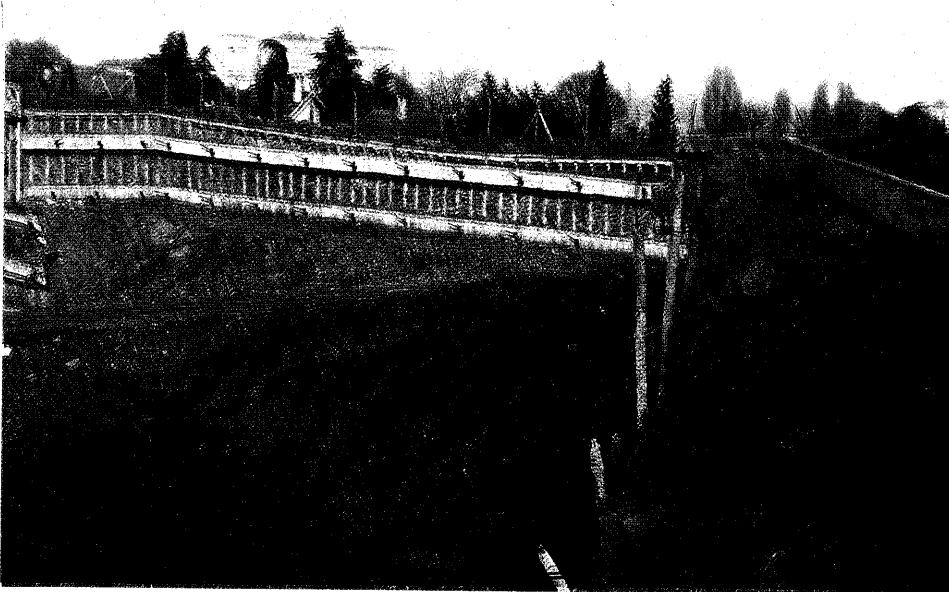


Resim 4 (19.6.1997)



Resim 5 (10.1.1997)

Resim 6 (1993), İş Bankası Blokları'nın temel çukuru olup, Trakya Formasyonu'nun çok bozuşmuş üst seviyelerinin, iyi tasarlanmış ve uygulanmış bir iksa sistemine rağmen yarattığı problemleri göstermektedir.



Resim 6 (1993)



Resim 7 ise, iksa sistemlerinin yakından görünümü olup, kayma nedeniyle ortaya çıkmış ankrajlar görülmektedir.

Resim 7

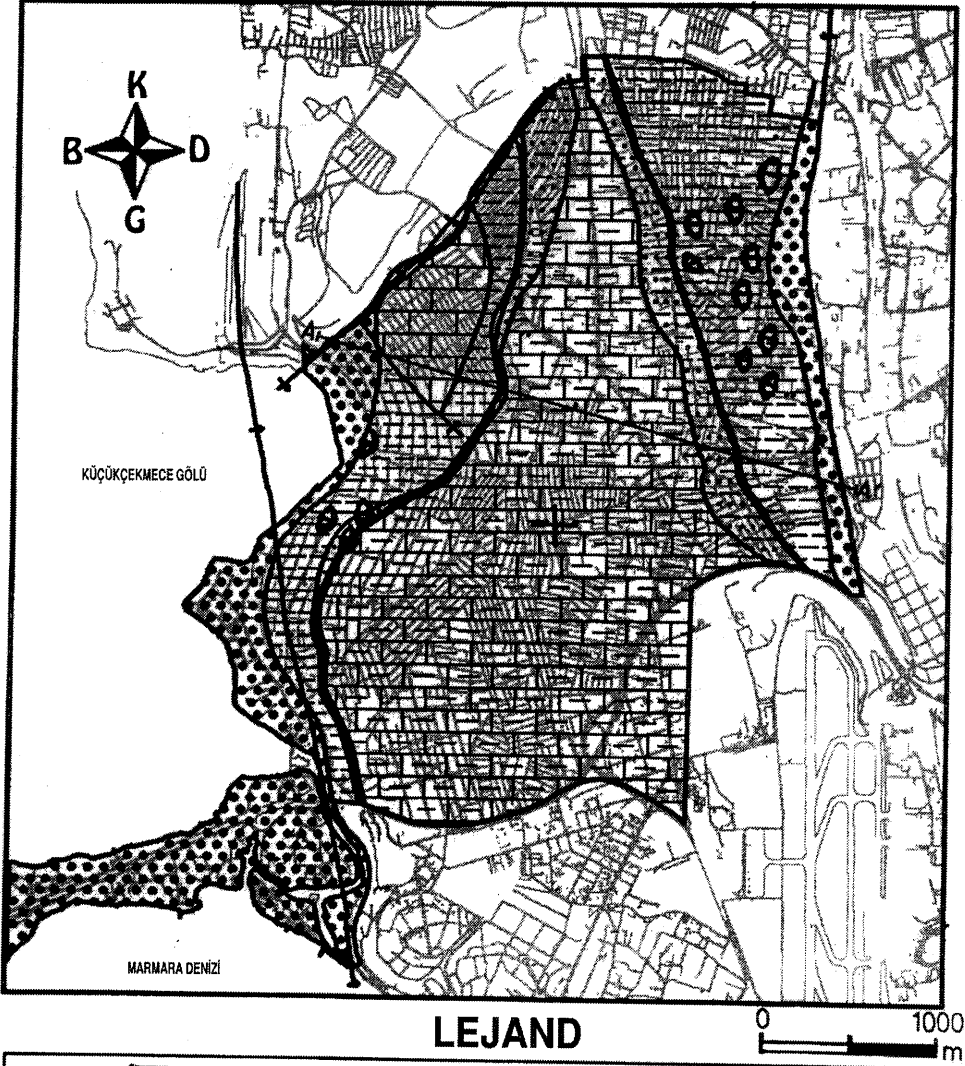
3.3. Gürpınar-Çukurçeşme-Güngören-Bakırköy Formasyonları

Arazi kullanımı ve imar planları hazırlanması ve İstanbul'un mikrobölgeleme çalışmaları için ilk aşama olarak İstanbul'un 1/1000 ölçekli jeoloji-mühendislik jeolojisi haritalarının hazırlanması gerekmektedir. Birçok ilçe belediyesi bu konuda elden geldiğince gerekli gayreti göstermektedir. Örnek olarak böyle bir çalışma, alan olarak İstanbul'un en büyük alanına sahip, Küçükçekmece İlçesi Belediyesi'nde başlatılmıştır. Ve imkanlar elverdikçe, ilçenin tüm alanını kapsayacak şekilde parça parça devam ettirilmesi planlanmıştır. 14.63 km² lik alanı kapsayan Küçükçekmece ve Sefaköy yerleşim birimlerinin olduğu yerlerin Mühendislik Jeolojisi haritası Şekil 4'de, yörede rastlanılan stratigrafik sütun kesiti Şekil 5'de görülmektedir. Bu kesitte de görüldüğü gibi Trakya Formasyonu üzerinde yer alan Eosen kireçtaşları, daha üste doğru, Gürpınar, Çukurçeşme, Bakırköy ve en üstte alüvyon bu bölgede de görülmektedir. Jeolojik haritadan batı-doğu doğrultusunda alınan jeoloji enine kesitini gösteren Şekil 6'da ise, Küçükçekmece yöresinde batıda Küçükçekmece Gölü'nden başlayarak, doğusunu sınırlayan Ayamama Deresi vadisine kadar değişik formasyonlar ve tabakalaşmaları göstermektedir [17].

Bu jeolojik çalışmalar, imar durumuna esas olacak planlama çalışmaları için çok değerli bilgiler olmakla birlikte, parsel bazında mühendislik tasarımı için sadece bu bilgilere güvenmek doğru bir yaklaşım olmamaktadır.

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ HARİTASI

KÜÇÜKÇEKMECE - İSTANBUL



GÜNCEL		ALÜVYON		ENİNE KESİT DOĞRULTUSU
MİYOSEN		BAKIRKÖY FORMASYONU		DOKANAK
		GÜNGÖREN FORMASYONU		FAY
		ÇUKURÇEŞME FORMASYONU		YATAY KATMANLANMA
OLİGOSEN		GÜRPINAR FORMASYONU		DOĞRULTU VE EĞİM
EOSEN		KIRKLARELİ FORMASYONU		KAYMA ALANI

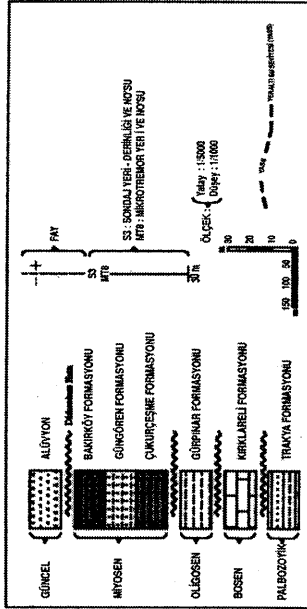
Şekil 4. Küçükçekmece-Sefaköy yerleşim birimi sahasının mühendislik jeolojisi haritası

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Kalınlık (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENZOYİK	TERSİYER	HOLOSEN		5-30		ALÜVYON: Çakıl-kum-silt-kil,
		MİYOSEN	BAKIRKÖY	20		MARN-KİREÇTAŞI: Beyazımsı krem renkli, tebeşirimsi, poroz, kırılğan, ince-orta katmanlı, Maktara'lı, kil ve kum arakatmanlı,
			GÜNGÖREN	10-30		KİL: Gri-yeşilimsi gri, koyu gri renkli, organik yüksek plastisiteli, orta-katı, marn-kireçtaşı ve kum arakatmanlı,
			ÇUKUR ÇEŞME	10		KUM: Sarımsı gri-gri, açık gri renkli, çakıl ve siltli, muskovitli, çapraz katmanlı, kil ve marn arakatmanlı, ince-orta taneli
PALEZOYİK	KARBONİFER	OLİGOSEN	GÜRPINAR	>50		KİL: Yeşil, grimsi yeşil renkli, az siltli, katı-çok katı, aşırı konsolide, sıkı tutturulmuş ince-orta katmanlı, yaygın kum mercekli, ince kömür bantlı
			KIRKLARELİ	>50		KİREÇTAŞI-KİLLİ KİREÇTAŞI: Beyazımsı krem renkli, ince-orta, yer yer kalın katmanlı, sert, mikritik, dayanımlı, karstik, bol fosilli, karbonatlı kumlu kil arakatmanlı
		TRAKYA		>1000		KUMTAŞI (GROVAK) - SİLT TAŞI-KİLT AŞI: Mavimsi gri, kahverenkli, çatlaklı, ince-orta-kalın katmanlı, dayanımlı, mavi renkli kireçtaşı mercekli

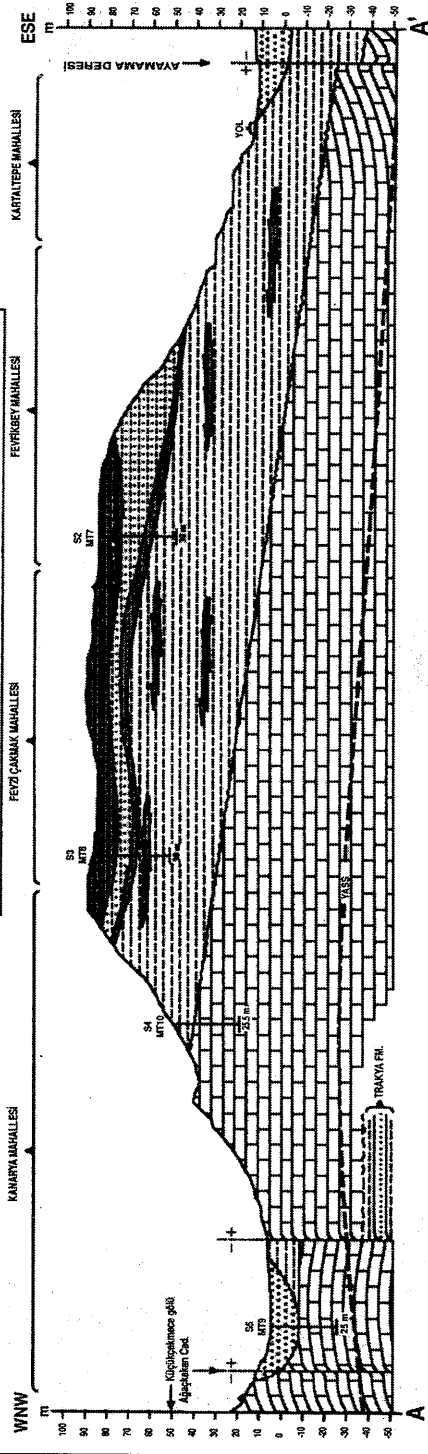
Şekil 5. Küçükçekmece-Sefaköy yerleşim birimi sahasının geliştirilmiş stratigrafik sütun kesiti

KÜÇÜKÇEKMECE İLÇESİ

LEJAND



TC. KÜÇÜKÇEKMECE BELEDİYE BAŞKANLIĞI	İSTANBUL
ŞERHAT VE ÇİZİMLERİ	İSTANBUL
YERLEŞİM BÖLGELERİNİN PLANLARINA	İSTANBUL
ESAS OLUŞTURULACAK JEOLJİK VE JEOTEKNİK	İSTANBUL
İNCELEME PROJESİ	İSTANBUL
PROJE: YATAY PROJE - JEOTEKNİK AMANLILIK DÜZÜ	İSTANBUL
TARİH: 10.05.2007	İSTANBUL
İNCELEME ALANI ZEMİN KESİTİ	İSTANBUL
ÖLÇEK: 1:1000	İSTANBUL
JEOLJİK ÇİZİMİNİN	İSTANBUL
TRAKYA FİL. İNCELEME ALANI	İSTANBUL
KARTALTEPE MAHALLESİ	İSTANBUL
KONTROL: 11.05.2007	İSTANBUL



Şekil 6. Küçükçekmece-Sefaköy yerleşim birimini sahasının zemin kesiti



Resim 8

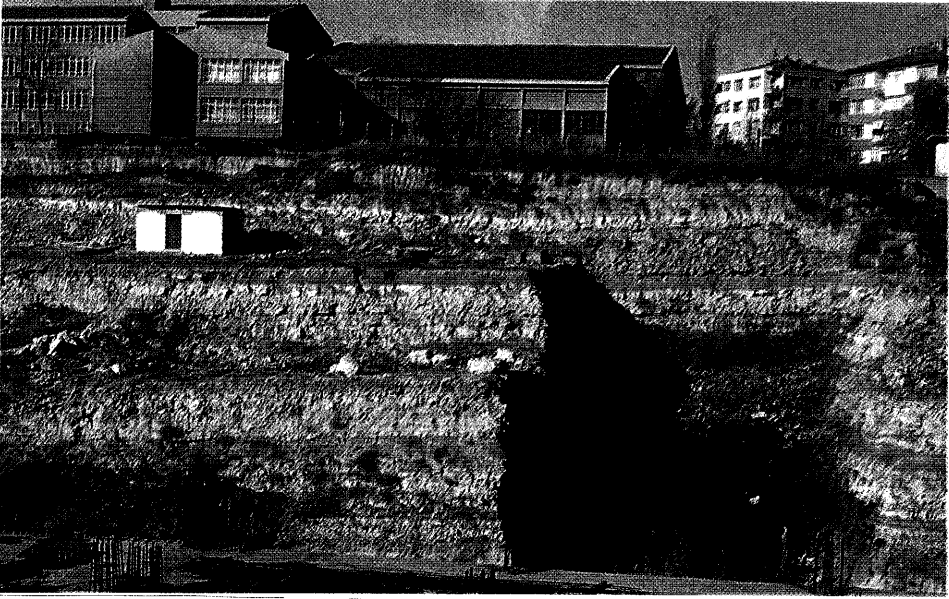
İstanbul civarında Trakya Formasyonu üzerinde yer alan ve Küçükçekmece batı ve kuzeybatı kesimlere doğru gidildikçe yaygınca gözlenen ve Kırklareli Formasyonu olarak adlanan Eosen yaşlı kireçtaşı mostrasının yakından görünümü Resim 8’de verilmektedir. Burada da görüldüğü gibi, sert, dayanımlı, sağlam kireçtaşı düzeyleri arasında yer yer killi seviyeleri içeren ve yer yer gevşek tutturulmuş marn, ya da karbonatlı kil düzeyleri yer almaktadır.



Resim 9 (15.10.1995)

Stratigrafik olarak daha üst seviyelerde yer alan ve Şile’de eski bir kil ocağında gözlenen Gürpınar (kil) ve Çukurçeşme (kum) formasyonları Resim 9’da (15.10.1995) gösterilmektedir. Kil ocağı işletmelerinin oluşturduğu bu büyük çukurlardan bir tanesi, çöp depolama alanı olarak değerlendirilmiştir. Kil ocağından çekilmiş bu kesitte de görüldüğü gibi, alt seviyeler, gri renkli, aşırı konsolide geçirimsiz killerden, üst kesimleri ise açık kahverengi siltli kumlardan oluşmaktadır.

Daha üstte yer alan ve adını en iyi mostralarının yüzeylendiği Bakırköy’den alan Bakırköy Formasyonu kireçtaşlarının en tipik kesiti, İncirli civarında, E5 yolu üstündeki Metro İstasyonu Girişi için açılmış hafriyatta görülmektedir (Resim 10, 1993). Açık krem renkli ve gri kil ara katmanlı bu kireçtaşlarında tabakalanmalarının yatay olması nedeniyle, oldukça dik şevler, en azından kısa bir süre için kendini ayakta tutabilmektedirler [18] [19].



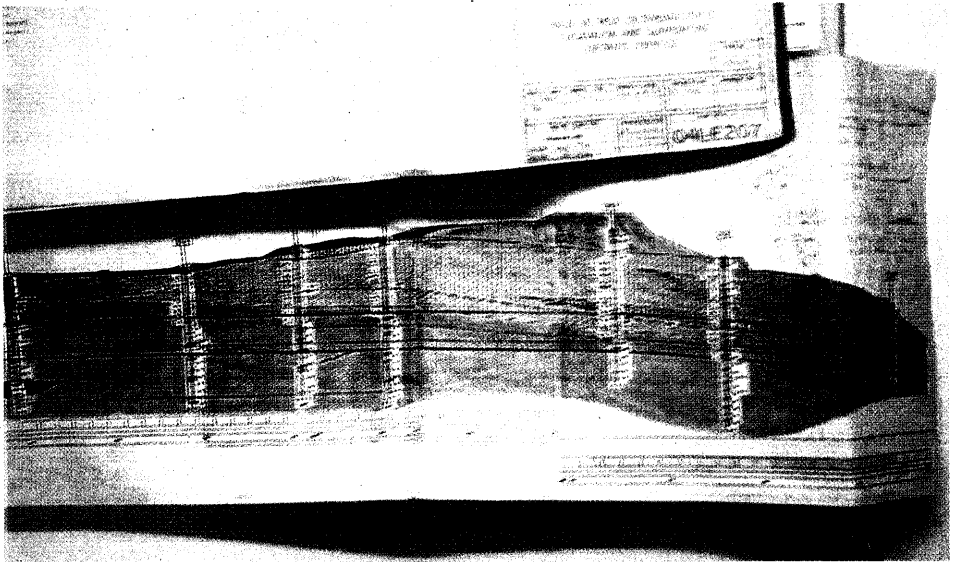
Resim 10 (1993)

1993 yılında çekilen aşağıdaki Resim 11 ve Resim 12’de, İncirli tüneli ve kesiti görülmektedir. Burada, Gürpınar Formasyonu’nun geçirimsiz killeri üzerinde, Bakırköy Formasyonu’nun poröz, oldukça sağlam ve kaya niteliği ile ayırd edilebilen kireçtaşları yer almaktadır. Bu litolojiler belirlendiği halde, tünel açılırken resimlerde de görüldüğü üzere, tünelin bir kesimi Gürpınar killeri içinden, diğer bir kesimi de killeri ile dokanağa gelen Bakırköy Formasyonu kireçtaşlarının kontak zonlarının içinde açılmıştır. Tünel açısından bu kontakt zonunda açılan kesimlerde su problemleriyle karşılaşmış ve bu yüzden de önlem alınmak zorunda kalmıştır. Bakırköy Formasyonu içinde yeraltı suyu seviyesine rastlanılmasından dolayı suyun içine mümkün olduğu kadar girmeyelim, daha yüksekinden geçelim düşüncesinin burada geçerli olmadığı görülmektedir. Daha alt seviyelerde, kil katmanları içinde ise herhangi bir su probleminin olmadığı resimlerde gözlenmektedir. Dolayısıyla tünel güzergahı daha derindeki Gürpınar killeri içinden geçirilmiş olsa idi, muhtemelen su problemi ile karşılaşılmayabilecekti.

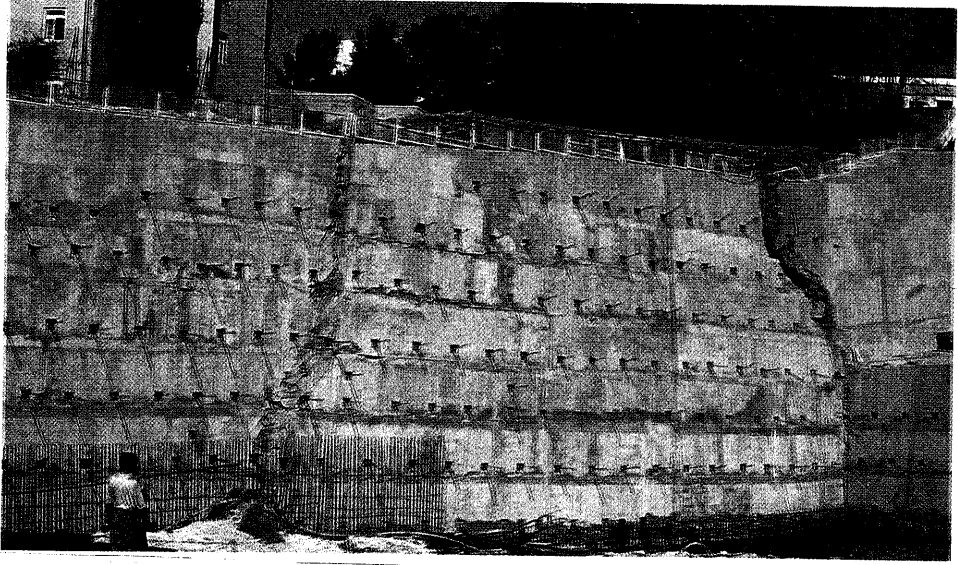
Resim 13'de (1998) Ayazağa'da, açılan bir derin temel çukurunda görüldüğü üzere tabanda Trakya Formasyonu'nun kumtaşları, üzerinde iksa duvarlarının arkasında kalan kesimlerin tamamı ise yüzeye kadar, yaklaşık 20m kalınlığa erişen Çukurçeşme Formasyonu'nun kumları yer almaktadır. Bu iksa duvarının arkasında kazıkların tabandaki grovak içine yeterince girmemiş olmasından dolayı aşırı deplasmanlar meydana geldiği gözlenmiştir [20] [21].



Resim 11 (1993)

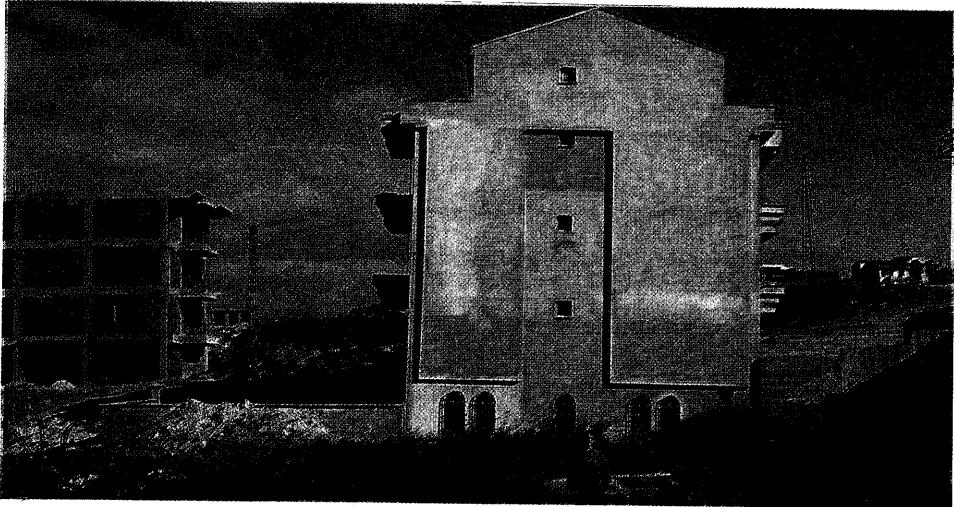


Resim 12 (1993)

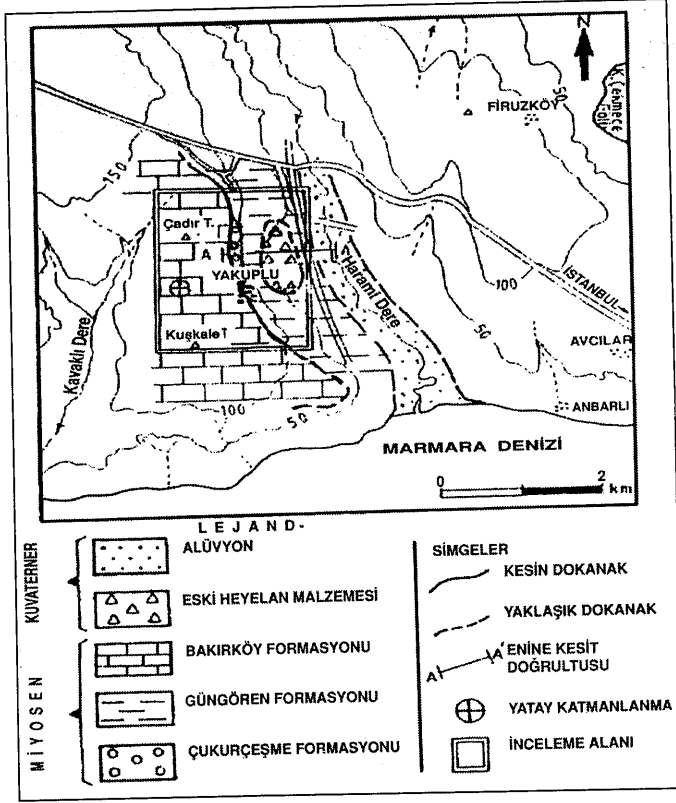


Resim 13 (1998)

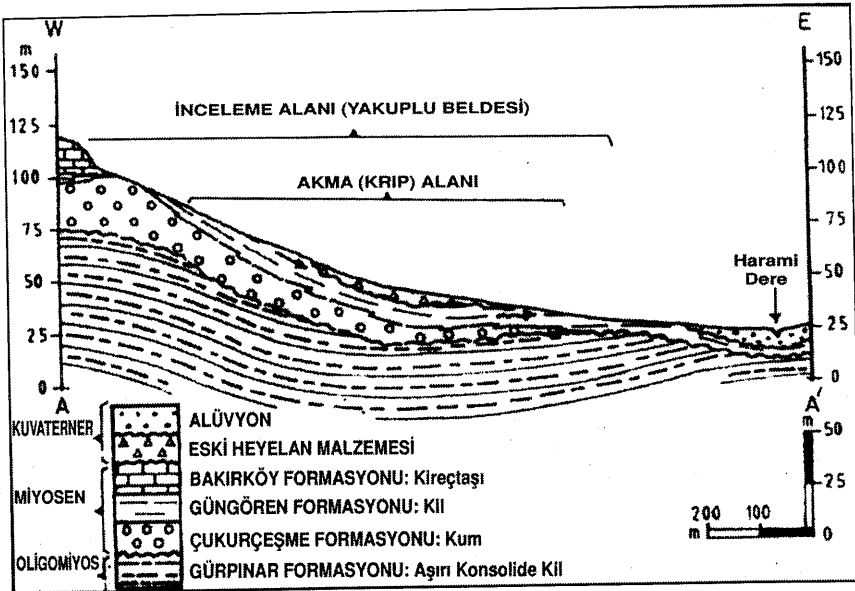
İstanbul'da heyelanların en sık görüldüğü yörelerden biri de, Yakuplu Beldesi'dir [22]. Burada da yine tipik formasyonların sıralı olmasına rağmen yamaç eğimleri ve litolojiden de kaynaklanan irili, ufaklı kripheyelan problemi ile karşılaşmış ve binaların çoğu daha sonra yıkılmak zorunda kalmıştır. Şekil 7'de Yakuplu Beldesi'nin jeoloji haritası, Şekil 8'de ise Yakuplu doğu yamacında, bodrumsuz inşa edilen binaların üzerinde yer aldığı zemin kesitini, Resim 14 (15.10.1995) ve Resim 15 (19.11.1997), bu binalar üzerinde yer alan binaların kullanılamaz durumlarını ve yine bu yöreye ait Resim 16'da da (3.8.1995), bina temellerinin taşıma gücünün aşılmasından dolayı meydana gelen taban kabarmasından dolayı çatlayan döşemeleri göstermektedir. Döşemeler yanında, bağ kirişlerinin kırılması, temellerin bu formasyona göre yetersiz olduğuna güzel bir örnek teşkil etmektedir. Bu binalar, daha sonra yıkılmak zorunda kalmıştır.



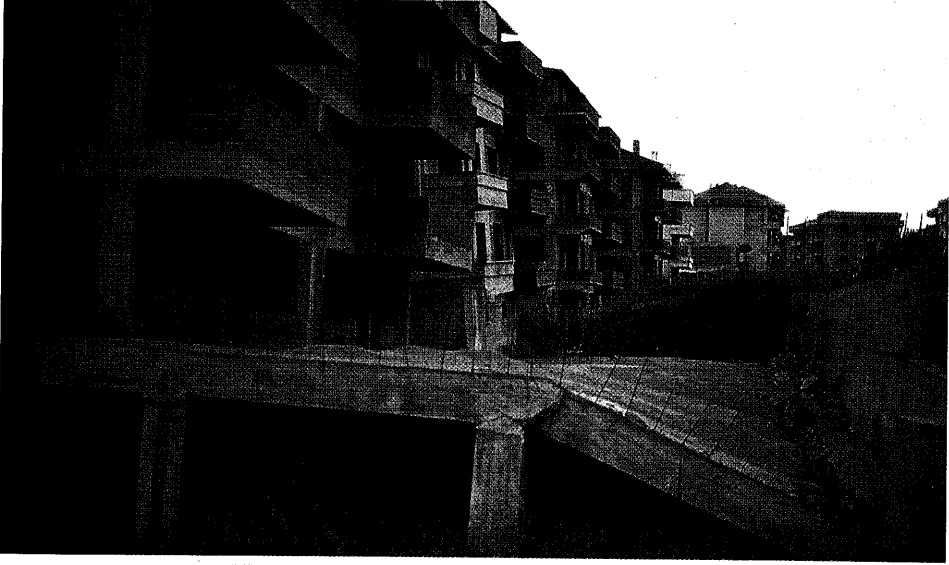
Resim 14 (15.10.1995)



Şekil 7. Yakuplu Beldesi ve civarının jeoloji haritası



Şekil 8. Yakuplu Beldesi zemin kesiti



Resim 15 (19.11.1997)



Resim 16 (3.8.1995)



Resim 17 (17.11.1998)

3.4. Belgrad (Samandıra) Formasyonu

İstanbul sütun kesitine göre üstte yer alan, ancak her yerde gözlenmeyen en genç formasyon, Belgrad Formasyonu'dur. Tipik özellikleri Samandıra'da görüldüğünden, tarafımızca Samandıra Formasyonu olarak nitelendirilen aşağıdaki Resim 17'de (17.11.1998) gözlenen bu birim, karasal nitelikli, taşınmış bir zemin çökeli olduğu için, içinde çok değişik orijinde malzeme içermektedir [23].

3.5. Alüvyon Çökelleri

İstanbul bölgesi ve çevresinde yüzeyde yer alan en genç çökeller alüvyonlardır. Jeoloji haritalarında görüldüğü üzere, İstanbul'da en kalın alüvyon çökellerine Haliç çevresinde rastlanılmakta, ayrıca değişik bölgelerdeki akarsuların çevresinde de alüvyon çökelleri üzerinde yerleşim alanları bulunmaktadır.

Alüvyon çökellerine ait en iyi bilinen örnekler, İstanbul Boğazı ve Haliç dip çökelleridir. Resim 18'de Haliç'in genel görünümünü, Resim 19'da ise Unkapanı Köprüsü'ne yakın yeni yapımı tasarlanan metro köprüsü güzergahı ile, Resim 20'de zemin kesiti görülmektedir.

Burada da görüldüğü gibi, her iki sahilde de Haliç civarında kalın yapay dolgular yer almakta ve bu dolguların altında da Haliç'in tabanında, deniz dibinden itibaren kalınlığı 40m'ye varan, değişik kohezyonlu, killi, siltli çökeller gözlenmektedir. Bu güncel çökellerin tabanını ise yine grovak kayaları oluşturmaktadır. Her iki yaka boyunca da bir takım birbirine paralel uzanan faylar da bu kesitte gözlenmektedir.

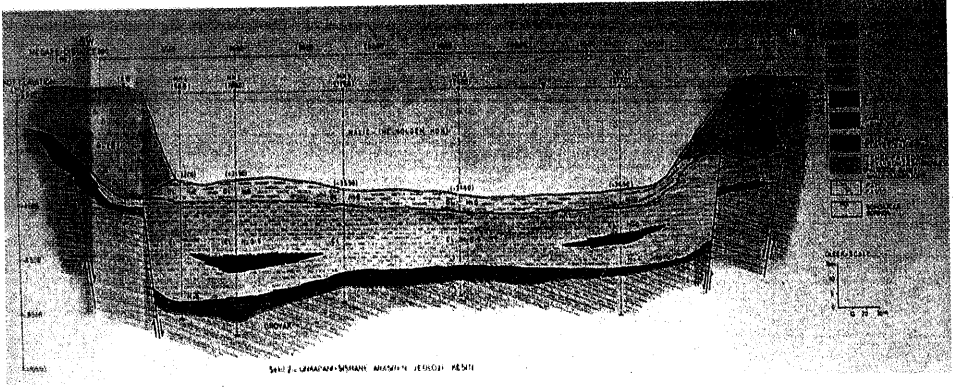


Resim 18

Şekil 9'da ise Haliç-Unkapanı civarından başlayıp, İstanbul Boğazı'nı boydan boya geçip, Üsküdar-Salacak'a kadar uzanan ve sondajlardan yararlanılarak çizilmiş bir deniz dibi zemin kesiti görülmektedir. Bu kesitten de anlaşılacağı üzere, Haliç'in boğaza kavuştuğu yerde, deniz tabanında eşik şeklinde bir yükselti olup, Haliç'i bir asılı vadi konumuna getirmektedir. Bu eşiğe kadar, Haliç genç taban çökellerinin 40m kalınlığına varan, durgun ortamda çökmüş killi litolojilerinin, eşikten sonra daha derinleşen ortamda yer alan boğaz kesitinde ise, akıntılı bir çökme ortamını temsil eden kumlu litolojilerin egemen olduğu seviyelerden oluştuğu anlaşılmaktadır.



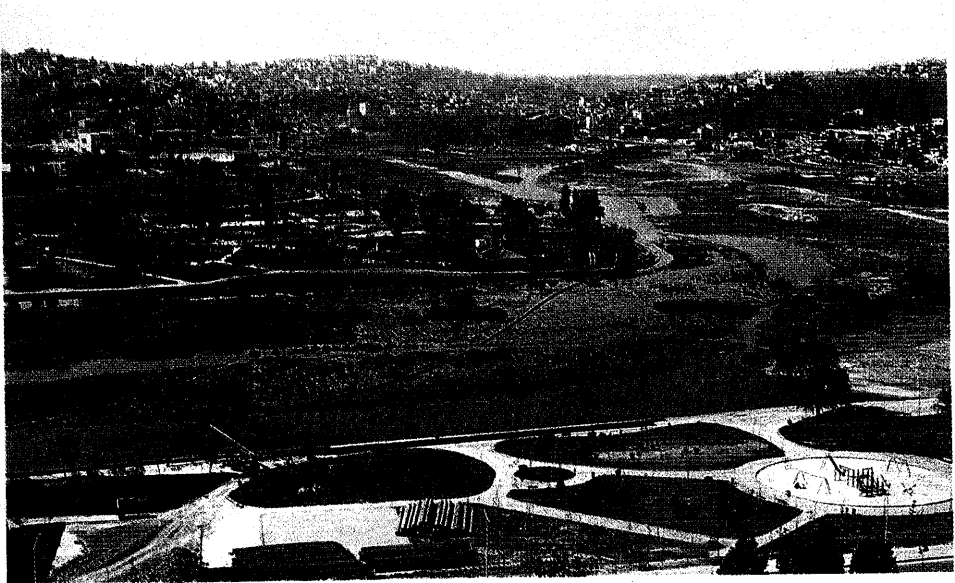
Resim 19



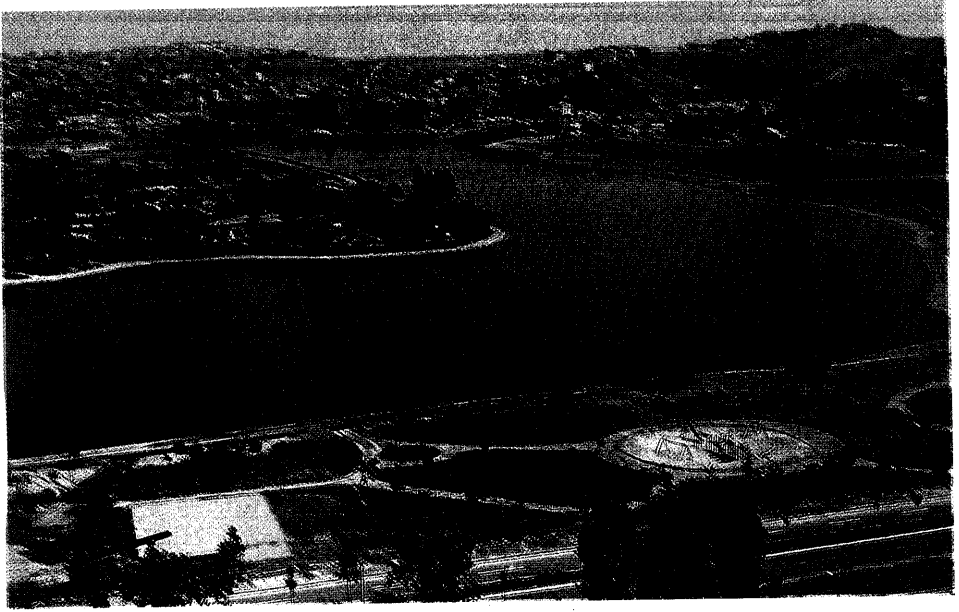
Resim 20

Haliç'in taranmasından önce ve tarandıktan sonra Haliç görünüşleri Resim 21 ve Resim 22'de gösterilmektedir. Haliç çevresinde rastlanılan tipik zemin kesiti, Feshane Binası restorasyon çalışmaları çerçevesinde açılan bir sondaj logunda görülmektedir.

Yumuşak çökeller, sadece Haliç civarında değil, İstanbul'un diğer yörelerinde de gözlenmektedir. Örnek olarak ekte verilen, Zeytinburnu civarında Veliefendi Hipodromu'nun içinde, bu yöreden geçen Ayvalı Dere Islah Çalışmaları sırasında 16m'ye kadar yapılmış sondaj logunda da görüldüğü gibi, yumuşak çökellerin killi, siltli'alüvyon çökellerin devam ettiği anlaşılmaktadır. Aynı yörede, dere vadisi alüvyal çökellerin biraz kenarında açılan sondajlarda ise, İstanbul'un tipik profili gözlenmekte, bir miktar dolgu ve killi zemin altında, Bakırköy Formasyonu kireçtaşları ve onun altında da Güngören ve Gürpınar killeri yer almaktadır.



Resim 21

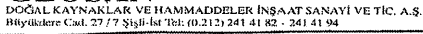


Resim 22

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

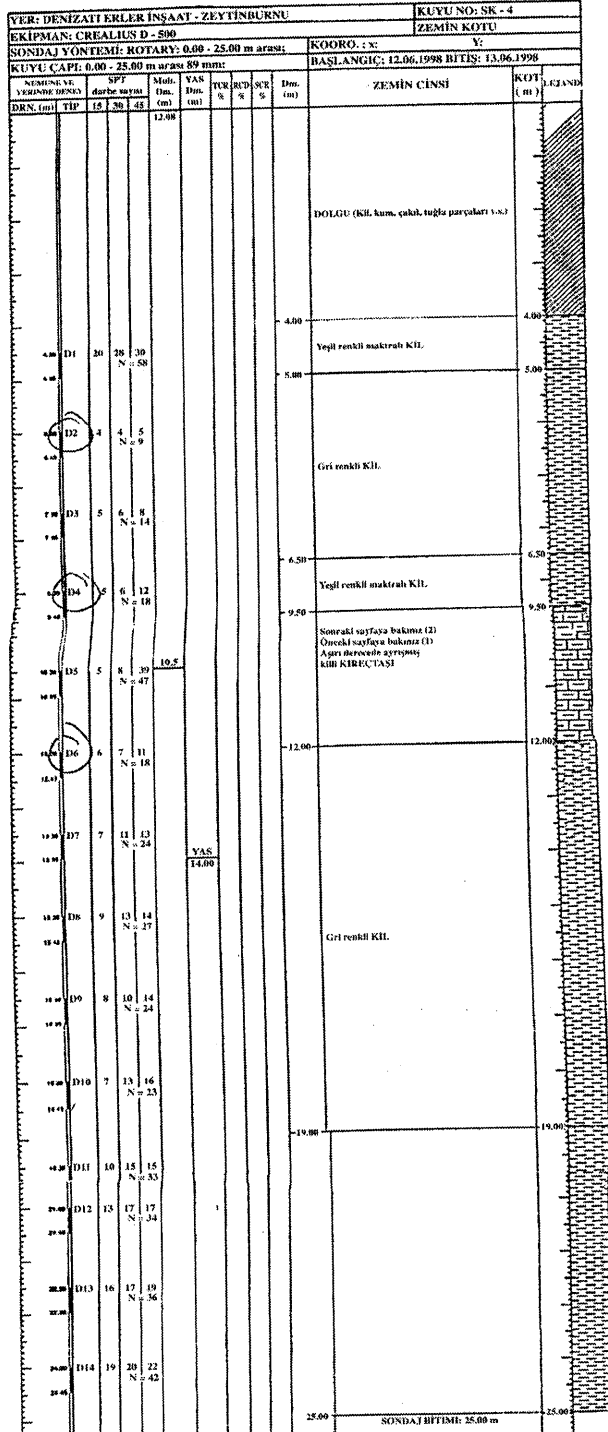
Yukarıdaki örneklerden gözlendiği üzere, İstanbul'un zemin koşulları çok büyük farklılıklar göstermektedir. İstanbul'u en azından inşaat mühendisliğine yönelik olarak zemin koşulları açısından yerleşime uygun ve uygun olmayan bölgeler olarak nitelendirmek gerçekçi bir yaklaşım değildir. Çok ayrıntılı mikrobölgeleme haritaları, hazırlanmasının ileriye yönelik planlama çalışmaları için yol gösterici olacağı açıktır. Ancak, günlük gazetelerde farklı renklerle boyanarak İstanbul'un değişik bölgelerini kötü ve iyi zeminlere sahip bölgeler olarak nitelendirmek son derece yanlış bir yaklaşımdır. Ayrıca bu şekilde genellendirmeler yeni bir riski de beraberinde getirmektedir. İstanbul hem deprem ile yaşamak, hem de sahil şeridinde yaşamak zorundadır. Çünkü, daha kuzeye gidildikçe, İstanbul'un nefes aldığı tek yer olan bütün yeşil alanlarının ve su havzalarının da, yapılaşmayı kontrol edemeyen düzensiz yapılaşma sistemimiz içinde, isteyerek veya istemeyerek yok edilmesi durumu ile karşı karşıya kalınacaktır. Dolayısıyla zemin koşullarının doğru belirlenmesi ve ona uygun tasarım yapmak koşuluyla İstanbul'un her yerinde güvenli yapı inşa edilmesi mümkündür. Sorun, ne zemin, ne de başka faktörlerin tek tek öne çıkmasıdır. Sorun zemininden temeline, üst yapısına kadar depreme dayanıklı tasarım ve uygulama yapılmasının gerekliliğidir.

Ayrıca, tek faktörün zemin olduğunu düşünmeyip, zeminin bu işin sadece bir parçası, belki bazen küçük bir parçası, bazen de daha önemli bir parçası olarak düşünmek gerekmektedir. Ama, depreme dayanıklı yapı bir bütündür. Zemin, ne kadar sağlam olursa olsun, üzerine inşa olunan yapı zayıfsa, deprem güvenliği yok demektir. Tabii ki, zemine uygun tasarım için, temel sistemi de ona uygun olmalıdır.



SONDAJ NO:
S-2

SONDAJ YERİ : Ayvansaray



5. KAYNAKLAR

- [1] KETİN, İ., "Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış", 1. Cilt, 1. Baskı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul, 1983, 68-74.
- [2] EROSKAY, O., KALE, S., "İstanbul Boğazı Tüp Geçişİ Güzergahında Jeoteknik Bulgular", Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, s. 8, İstanbul, (1986), 2-7.
- [3] EROSKAY, O., CORUK, Ö., "EdirneKınalı Otoyolunun Mühendislik Jeolojisi", Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bült., s. 12, İstanbul, (1991), 5-10.
- [4] VARDAR, M., "The Effect of Engineering Geological and Rock Mechanical Conditions on Planning and Realisation of İstanbul Sewage Tunnels", Geologie Felsmechanik Felsbau, Festkolloquim L. Müller Salzburg, Univ. Karlsruhe, (1988).
- [5] VARDAR, M., BAYRAKTAR, H., "İstanbul Metrosu Araştırma Galerisi Örneğinde İnSitu Dayanım ile İTUMJKM Sınıflaması, Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, s. 14, İstanbul, (1993), 13-28.
- [6] ZARİF, H. İ., TUĞRUL, A., GÜRPINAR, O. "Avcılar Kampüs Alanının Yerleşime Uygunluğunun Değerlendirilmesi", Kentleşme ve Jeoloji Sempozyumu, Uluslararası Müh. Geo. Türk Milli Komitesi, TMMOB Jeoloji Müh. Odası İstanbul Şubesi, Avcılar Belediye Başkanlığı, İstanbul, (1998), 219-232.
- [7] YILDIRIM, M.; ÖZAYDIN, K.; ERGUVANLI, A. (1992), "İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç'in Jeolojik Yapısı ve Geoteknik Özellikleri", Jeoloji Mühendisliği TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın Organı, Sayı 40, Sayfa No: 5-14, Ankara.
- [8] ÖZAYDIN, K.; YILDIRIM, M.; KILIÇ, H.; AKGÜNER, C. (1995), "İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Haliç İslah ProjesiFizibilite Raporu İçin Taban Çamurunun Geoteknik ve Kirlilik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Çamurun Taranması ve Uzaklaştırılması Projesi", 5 Cilt, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Arşivi.
- [9] ÖZAYDIN, K.; YILDIRIM, M. (Kasım, 1996), "Haliç Güncel Çökellerinin Özellikleri ve Uzaklaştırılması", III. Erguvanlı Mühendislik Jeolojisi Kollokyumu, Uluslararası Müh. Geo. TMK, Maden Fakültesi, İTÜ-İstanbul.
- [10] ÖZAYDIN, İ.K. ve YILDIRIM, M. (1997), "Rehabilitation of Golden Horn and Geoenviromental Concerns", International Symposium on Geology and Environment, 50th Anniversary of the Geological Congress of Turkey, pp. 77, İstanbul.
- [11] ÖZAYDIN, K.; YILDIRIM, M., (22 May 1997), " The Golden Horn: Its Formation, Deterioration and Hopes for Rehabilitation, V. Yerlici-Engineering' and Education, Boğaziçi University, School of EngineeringDepartment of Civil Engineering, İstanbul.
- [12] YILDIRIM, M.; ÖZAYDIN, K.; AKGÜNER, C. (1995), "İstanbul İli, Avrupa Yakası Kemerburgaz Katı Atık Depolama Alanının Çevresel Etki Değerlendirmesi Açısından JeolojikHidrojeolojik Koşulları", Jeoloji Mühendisliği TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, sayı 47, sayfa 8-13, Ankara.
- [13] YILDIRIM, M.; YILDIRIM, S.; ÖZAYDIN, K. (1995), "Bir Çöp Depolama Sahasında Gözlenen Stabilite Sorunları", Sakarya Üniversitesi II. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Sayfa No: 115-134, Sapanca, Adapazarı.

- [14] YILDIRIM, M.; ÖZAYDIN, K.; AKGÜNER, C. (1996), "Environmental Impact Assessment of Solid Waste Landfill Sites in İstanbul", International Conference on Environmental Pollution, pp. 290-297, Budapest, HUNGARY.
- [15] YILDIRIM, M. (1997), "Engineering Geology Evaluation of Solid Waste Landfill Sites: Two Examples from İstanbul, Turkey", No: 55, pp. 151-158, Bulletin of Engineering Geology The International Association of Engineering Geology, Paris-France.
- [16] YILDIRIM, M. (1997), "Kemerburgaz ve Şile Örneğinde Çöp Döküm Sahalarının Mühendislik Jeolojisi Açısından İrdelenmesi", Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi (MJTMK) Bülteni, 21. Yıl, sayı 16, sayfa 26-34, İstanbul.
- [17] YILDIRIM, M., ÖZAYDIN, K., "İkitelli Organize Küçük Sanayi Bölgesi ve Civarının Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 43, 108-120, 1993.
- [18] ÖZAYDIN, K., YILDIRIM, S., YILDIRIM, M., "İstanbul III. Aşama Hafif Metro-Metro Projesi Otogar-Bağcılar-İkitelli-Başak Konutları Güzergahı Geoteknik Raporu", İstanbul Büyükşehir Belediyesi Hafif Metro Sistemi/LRTS, YTÜ, İnş. Fak. İnş. Müh. Bölümü, Geoteknik ABD, YTÜ Vakfı Müh. ve Teknik Danışmanlık İktisadi İşletmesi, 3 cilt, Yıldızİstanbul, (1997).
- [19] ÖZAYDIN, K., YILDIRIM M., "İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Metro-su YenikapıUnkapanı Arası Güzergah Hakkında Geoteknik Rapor", YTÜ, İnş. Fak. İnş. Müh. Bölümü, Geoteknik ABD, YTÜ Vakfı Müh. ve Teknik Danışmanlık İktisadi İşletmesi, Yıldızİstanbul, (1998). 17s.
- [20] YILDIRIM, M., ÖZAYDIN, K., "İstanbul Avrupa Yakasının Mühendislik Jeolojisi", Uluslararası Müh. Geo. Türk Milli Komitesi, 1. Erguvanlı Mühendislik Jeolojisi Kollokuyumu, Maden Fak., İTÜ, (1992).
- [21] YILDIRIM, M., ÖZAYDIN, K., "İstanbul Metropolitan Alanının Mühendislik Jeolojisi", Azarbaycan Cumhuriyeti Devlet Jeoloji ve Mineral İhtiyatları Komitesi İlmi-Teknik Şurası, Bakü, Azarbaycan, (1992).
- [22] YILDIRIM, M., YILDIRIM, S., AKGÜNER, C., "HaramidereYakuplu Yöresi Zemin Davranışının Yapılardaki Temel Sistemine Etkisi", IX. Mühendislik Sempozyumu, İnşaat Mühendisliği Bildirileri Kitabı, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, (1996), Isparta, 27-35.
- [23] ÖZAYDIN, K., YILDIRIM, S., YILDIRIM M., "İstanbul İli, Kartal İlçesi, Samandıra Köyü, İkibinelli Üçüzler Alışveriş Merkezi İnşaat Alanı Hakkında Ön Zemin Değerlendirme Raporu", YTÜ, İnş. Fak. İnş. Müh. Bl.,Geoteknik, Yıldız-İstanbul, (1998).