

BEŞYOL MAHALLESİNDE BİRLEŞTİRİLMİŞ JEOLJİK, JEOFİZİK VE JEOTEKNİK ARAŞTIRMALARLA ZEMİN İNCELENMESİ

Beste Koçak Dinç^{1*}

¹*Yüksek Mühendis, İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.*

**bestekocak@aydin.edu.tr*

Özet

Bu çalışma İstanbul Aydın Üniversitesi' ne ait parsellerin zemin parametrelerinin 'Jeoloji-Jeoteknik-Jeofizik Yöntemlerle İncelemesi' projesi dahilinde yer alan çalışmaları ve değerlendirmeleri kapsamaktadır. İnceleme alanının zemin özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmış olan sondajlar ve laboratuvar sonuçları arazi gözlemleriyle bir araya getirilerek birlikte değerlendirilmiştir.

Birinci aşamada, büro çalışmaları kapsamında arazi ile ilgili tüm veriler kaydedilmiş, proje alanında yapılan jeolojik haritalar ve sayısal datalar incelenmiştir. İkinci aşamada saha çalışmaları kapsamında düşey hidrolik sondaj çalışmaları ve jeofizik yöntemler kullanılarak inceleme alanının jeoteknik özellikleri belirlenmiştir. Üçüncü aşamada ise İAU İnşaat Laboratuvarında zemin türleri sınıflandırılmış ve bunların taşıma gücü, kıvamlılık özellikleri incelenmiş, yeraltı özelliklerinin saha içindeki dağılımları ortaya çıkarılmış, proje alanının morfolojik ve jeoteknik özellikleri belirlenmiştir. Dördüncü ve son aşamada yapılan tüm çalışmalar sonucunda inceleme alanının yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zemin Etüd, Jeoloji, Jeofizik, Jeoteknik.

INTEGRATED GEOLOGICAL, GEOPHYSICAL AND GEOTECHNICAL EXPLORATION FOR SITE CHARACTERIZATION IN BEŞYOL REGION

Abstract

This study includes the investigations and assessments about the project named 'Research with Geological – Geotechnical – Geophysical Methods' in order to determine the soil properties of the parcels that use belongs to Istanbul Aydın University. The conducted drillings and laboratory tests are used to specify the soil properties of the project area and are evaluated together with the findings of the visual site inspection. During first phase, all data belonging to the project area is collected. Geological maps and numerical data are evaluated. Under site investigations that cover the second phase, the geotechnical properties of the project area are defined by using the vertical hydraulic drillings and geophysical methods. For third phase, the soil types are classified in the Civil Engineering Laboratory of Istanbul Aydın University. Their strength and compactness characteristics are analyzed and the distribution of the soil in the project area is found out. Finally the morphologic and geotechnical properties of the project area are specified. In the fourth and last phase, the residential suitability of the project area is assessed in accordance with the results of the performed studies and investigations.

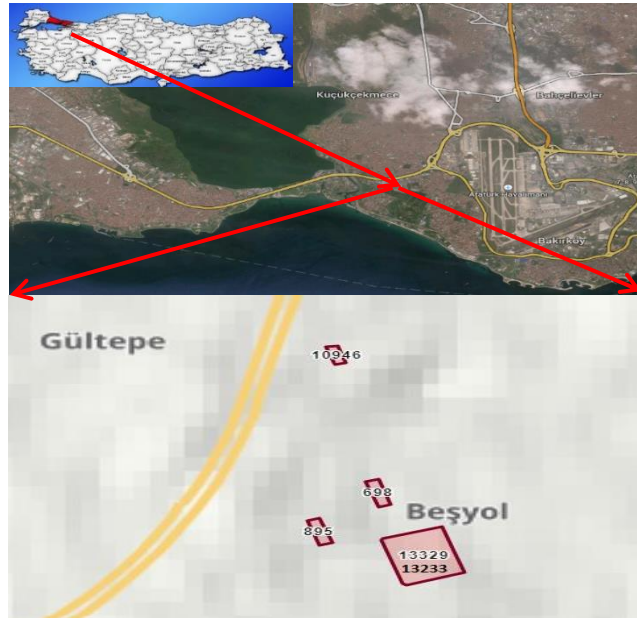
Keywords: Ground Research, Geology, Geophysics, Geotechnical.

1. GİRİŞ

İstanbul İli, Avrupa yakasında bulunan Küçükçekmece ilçesi birçok araştırmacı tarafından zemin mekaniği alanında incelenmiştir. Zarif, İ. H., tarafından yapılmış çalışmada Küçükçekmece ve Büyükçekmece gölleri arasındaki yamaçların stabilitesini etkileyen ve yapılarda hasarların oluşmasına neden olan zemin özellikleri parametreleriyle birlikte ortaya konulmuştur [28]. Ardından Tohumcu., P., vd. tarafından yapılan araştırmalarda bölge genelinde yerleşime uygunluk kapsamında arazi ve laboratuvar koşulları bir araya getirilerek değerlendirilmesi yapılmıştır [23]. Demir., H., Küçükçekmece-Halkalı yerleşim alanının MERM (2003)'e göre mikrobölgelemesi gerçekleştirilerek, zemin profilleri ve sınıflaması yapılmıştır [4]. Dalgıç., S., vd tarafından Avrupa yakasında kazı çalışmaları sonrasında meydana gelen jeoteknik sorunlar irdelenmiştir [3]. Okutgen., N., Haramidere-Küçükçekmece Gölü arasındaki hat boyunca yerleşime uygunluk çalışması yapılmıştır [12].

Çalışmaların büyük bir kısmı, ilçe sınırları içerisinde bulunan ilçenin adıyla bilinen Küçükçekmece Gölü çevresinde gerçekleştirilmiştir. Başlıca inceleme konuları olarak sahada yapılan arazi topografik gözlemleri, tektonik - stratigrafik özellikleri, jeomorfolojik haritalanması, hidrojeoloji potansiyeli, heyelan vb. afet riskleri açısından çeşitli mesleki disiplinlerinde ele alınmıştır. Özellikle göl ve çevresinin yerleşime uygunluk tespitinde, bölgesel planlamalara temel olacak şekilde yapılan değerlendirmeler dikkat çekici olmuştur.

Zemin etüd çalışmalarında birçok farklı disiplin metotları geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Jeoteknik, jeolojik ve jeofizik bilimleri bir araya gelerek zemin araştırmalarının tamamlanmasına katkı sunmaktadır. Çalışma kapsamında Beşyol Mahallesi sınırlarında birbirine yakın aynı zemin koşullarını taşıyan yaklaşık 11500 m² lik bir sahada G21CB01B2C Pafta, 698, 865, 10946, 13329 ve 13233 Parsellerin geoteknik özellikleri incelenmiştir. Birçok eğitim kurumuna ev sahipliği yapmasından dolayı kullanım yoğunluğu yüksek olan Beşyol bölgesinin yapısal yerleşime uygunluğu açısından önemlidir. İncelenen parsellerde ayrılmış birimleri yansıtan formasyonlara ait fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Formasyonlar üzerinde detaylı çalışmalar yapılarak çalışma alanına ait litolojik birimler belirlenmiş ve yapı-zemin ilişkileri araştırılmış, arazinin nitelikleri göz önüne alarak inşaat uygulamaları açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası [8]

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada inceleme alanını jeolojik ve tektonik yapısını belirleyebilmek adına bölgesel inceleme gerçekleştirilmiştir. Proje alanı, Türkiye' nin kuzeybatısında yer alan İstanbul il sınırları içinde olup Küçükçekmece Gölü kuzey doğusunda kalmaktadır. Bölgede yüzeleyen Miyosen yaşlı Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonları altında Trakya formasyonunun paleojeolojik izlerin görüldüğü araştırmacılar tarafından ortaya çıkarılmıştır [1; 2; 3; 11; 13; 14; 16; 25]. Çalışma sahasında yer alan stratigrafik birimleri yansıtan kesit Şekil 3 üzerinde gösterilmiştir. Şehirleşmenin etkisiyle inceleme sahasında formasyon özelliklerini yansıtan mostralara gözlenmemiştir. Bu nedenle bölgesel stratigrafik temelleri yansıtan saha sondaj uygulama verileri ile jeolojik kesitler hazırlanmıştır. İnceleme sahasına ait jeoloji kesit Şekil 1' de yer almaktadır.

2.1 Bakırköy Üyesi (Tçb)

Araştırmacılar tarafından hazırlanan stratigrafik kesitte inceleme alanında üst seviyelerdeki hakim formasyon olduğu belirlenmiştir. Tabakalar arasında sarımsı yeşil renkli killi birimler bulunmaktadır. Ara seviyelerde ise beyazımsı bej renkli dayanımı düşük ayrılmış, parçalı kireçtaşları yer almaktadır. Katmalar arasında bir alt formasyon izleri olan; yer yer yeşilimsi mavi renkli killi ve marnlı düzeyleri gözlenmiştir. Kireçtaşları yer yer eriyik boşluklu kalker yapısından dolayı karbonat kaplı dairesel çekirdek benzerliğinde ve dayanımı düşük kayaç özelliğini yitirdiği ifade edilmiştir.

Katmanlar arasındaki seviye kalınlıklarına bakıldığında, tabakaların boyutlarının inceden artarak kalına doğru değişen bir düzende ve karbonat çökellerinin erimesinden dolayı cep görünümünde ve bol kırıklı olduğu gözlenmiştir. Formasyon özelliği itibariyle akarsu çökeltme ortamında oluştuğundan birimler arasında fosil örneklerine rastlanıldığı belirtilmiştir. Bakırköy Formasyonu altında yer alan Güngören Formasyonu ile uyumludur [3;8].

2.2 Güngören Üyesi (Tcg)

İnceleme alanındaki Çekmece Formasyonunun alt üyesi olup Miyosen zamanında çökeldiği tespit edilmiştir. Güngören Üyesi' nde yeşilimsi koyu mavi renkli, üst katmanlarında grimsi kirli beyazımsı renkli parçalı kireçtaşı bantlı, kısmen kum ara cepli, yüksek derecede konsolide olmuş killi ve marnlı birimler yer almaktadır.

Birim olarak sarımsı koyu yeşilimsi renkli killi, kirli beyaz renkli marnlar ile tabakalar arasında ince seviyeli düzensiz geçişli orta zayıf kalker, beyaz dayanımı düşük karbonat birikimlerinden oluştuğu ifade edilmiştir. Konsolide olmuş killerde fosil özelliği taşıyan bitki kalıntıları, siltli ve kumlu katkılı mercerlere rastlanılmıştır. Kil katkılı kireçtaşı birimler üst seviyelerde kireçtaşı yoğunluğuna artmış göstermekte olduğu ortaya çıkarılmıştır. Killer ince fisürlü tabakalı olup yapraklanmış görünümlüdür. Ayrıca içlerinde ince kum bantları bulunmaktadır. Üst seviyelerde birim içerisinde organik madde miktarının artmasıyla killi seviyeler kahvemsı sarı renkli bir görünüm kazandığı belirtilmiştir.

Güngören Üyesi, Fatih ilçesi, Yedikule semtinden başlayarak Zeytinburnu ilçesi, Kazlıçeşme mevki, Osmaniye, Rami, Bağcılar ilçesi Atışalanı - Esenler ilçeleri arasında ve Güngören ilçesinin doğusunda geniş bir alanda yüzeylemiştir. Ayrıca Şirinevler-Yenibosna-Kocasinan-Mahmutbey mevkiilerinin doğu ve batı yamaç sırtlarında ve Bakırköy-Küçükçekmece ilçelerinin tepelerinde doğu ve batı yamaçlarında gözlemlenmiştir. Bu durum İstanbul stratigrafik kesitinde söz konusu birimin geniş bir yelpazede bulunduğunu ispatlamıştır. Güngören üyesi çökeltme durgununa bağlı olarak alt üyesi olan Çukurçeşme ve üst üyesi gelen Bakırköy üyesi ile kademeli geçişli olarak birbirine ilişkilendirilmiştir. Güngören üyesinin en yüksek gözlenmiş kalınlığı 30 m. olarak tespit edilmiştir.

Güngören üyesi çökeltme ortamına bakıldığında karadan iri toprak birikintinin az olduğu, ince çökel malzemenin geldiği akarsu ortam koşullarında oluşmuştur. Bazı araştırmacılar bu üyeyi, Süleymaniye üyesi adı altında da incelemiştir [3].

2.3 Yapısal Jeoloji Ve Aktif Tektonik

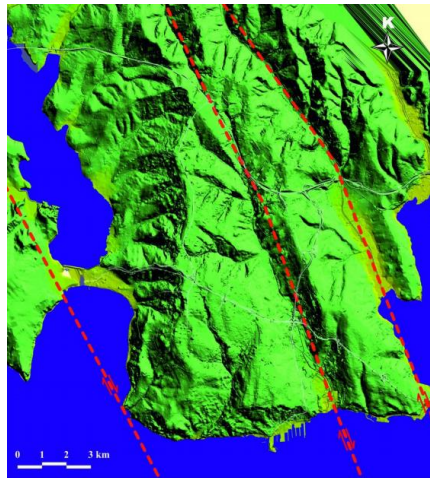
2.3.1 Faylar

2.3.1.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)

Avrupa Asya plakası ile Anadolu Yarımadası arasındaki tektonik aktivitenin büyük bir bölümünün birleştiği sağ atımlı bir fay zonu olduğu tespit edilmiştir [5; 6]. Marmara bölgesinde sismik hareketi en yüksek Kuzey Anadolu Fayı' dır. Fayın geçiş bölgesine bakıldığında doğuda Karlıova' dan başlayarak ülkemizin kuzey yarısının doğu batı yönünde kapsamaktadır. KAF karmaşık bir yapıda olup, tek bir kırık düzlemine sahip olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Farklı kollarda gelişen birçok fay parçalarından oluşmuş bir tektonik sistem durumundadır [9]. Adapazarı dolaylarında üç ana kola ayrılan Kuzey Anadolu Fayı' nın kuzey kolu inceleme sahasına yaklaşık 8.5 km. uzaklık olduğu hesaplanmıştır. Aktivitesi günümüzde de yüksek olan büyük magnitudlü yıkıcı depremler üretmiş bir fay olduğu belirlenmiştir [15]. Yüksek deprem potansiyelinden dolayı fayın geçtiği bölgeler birinci deprem kuşağı konumundadır. Tarihsel ve aletsel deprem verilerine göre risk taşıyan fayın kuzey kolu üzerinde olabilecek ve inceleme bölgesini etki altına alabilecek depremin yüzey dalgası büyüklüğü maksimum $M_s=7.5$ olabileceği hesaplanmıştır. Bu nedenle bölge genelinde yapılaşma faaliyetleri 18 Mart 2018 tarihli Türk Bina Deprem Yönetmeliği kanunu çerçevesinde uygulanmalıdır [17].

2.3.1.2 Küçükçekmece Fayı

Küçükçekmece gölünde güneyden başlayarak kuzeye doğru ilerleyen bir fay olduğu ortaya çıkarılmıştır. Gölün morfolojik oluşumdan kaynaklı sağ ve sol yakasından bir yükselme gerçekleştirerek bir boşluktespit edilmiştir. Bu oluşumu destekler yönde yapılan çalışmalar gölün doğu yakasında yapılan araştırma sondajları sonucunda ortaya çıkarılmıştır [11]. Küçükçekmece fayının oluşumunda gölün katkısı yüksek olduğu ifade edilmiştir. Fayın karasal olarak yüzeylenmesinde ise İstanbul Üniversitesi Avcılar kampüsünün doğu yönüne göle bakan yamaçlarında doğrusal bir yapı görülmekte, kuzey batı yönü devamında taşınmış alüvyonel birimler içerisinde kaldığı belirlenmiştir. İnceleme alanındaki karada gözlenen genç faylara ilişkin verilerin denizdeki izleri deniz içi sismik ölçülerde tespit edilmiştir (Şekil 4). Sismik araştırmalarda yüksek eğimli tabakalanmaların varlığı ve bunların sağ-yanal atımlı faylarla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, derin sismik kesitlerde Küçükçekmece ilçesinin doğusunda ve Büyükçekmece ilçesinin batısında kıta sahanlığı altındaki tabakaların bu tür bir deformasyona uğramadıkları ortaya çıkarılmıştır [5]. Bu verilerde Küçükçekmece ile Büyükçekmece arasında genç fayların olduğunu göstermiştir [3;9].



Şekil 4. Küçükçekmece İlçesinde olası fayların konumları [3]

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Proje sahasında zemin geometrisini ve formasyona ait litolojik özellikleri, düşey doğrultudaki değişimleri ve yeraltı suyu potansiyeli ile mühendislik parametreleri gibi temel bilgileri belirlemeye yönelik olarak derinlikleri 20.00-35.00 m. arasında değişen 21 adet zemin araştırma sondajları yapılmıştır. Sondaj lokasyonları Şekil 5 de yer alan inceleme haritası üzerinde kuyu numaralarına göre kodlandırılmıştır.

Yapılan sondaj çalışmalarının tamamında nizami şekilde UD numune alınarak zeminin mühendislik parametreleri elde edilmiştir. Sahada gerçekleştirilen temel araştırma sondajlarında her 1.5 m.' lik seviye için SPT testleri ile örselenmiş zemin örneği alınarak kuyu içeriisinde ilerleme sağlanmıştır.

Arazi sondajlarına göre üç farklı katmana rastlanılmıştır. İlk olarak jeolojik birim olarak Kabul görmeyen, kalınlıkları 1.50–7.00 m. arasında gözlenen dolgu seviyeleri yer almaktadır. Sondaj kuyu numaralarına göre Sk-20 nolu kuyuda en yüksek 7.00 m. seviyesinde, en düşük ise Sk-17 nolu sondaj kuyusunda 1.50 m. derinliğinde dolgu birimi yer almaktadır. Bu dolgunun nedenleri olarak genellikle bahçe toprağı, taşınmış killi birimler, çöp ve inşaat, asfalt (beton parka blok) malzeme birikintisinin katkısı olduğu söylenebilir. İkinci birim olarak en düşük 7.00 m. ve en derin 31.00 m. seviyesine kadar devam eden Bakırköy Formasyonu özelliklerini yansıtan kirli beyazımsı bej renkli, kil ara bantlı, kireçtaşı birimleri gözlemlenmiştir. Araştırma sahasında tek bodrum ya da iki bodrumlu yapılaşmanın olduğunda rastlanan katmandır. Ayrıca bölgede inşaa edilen birçok mühendislik yapısının temel seviyesi bu formasyonda bulunmaktadır. En düşük 31.00 m. ve yapılan sondaj çalışmalarının en derin seviyesi olan 35.00 m. seviyesinde son olarak üçüncü birim olan Güngören Formasyonu yer almaktadır. Bu formasyon hakim olarak koyu mavi renkli, killi birimlerden oluşmaktadır.

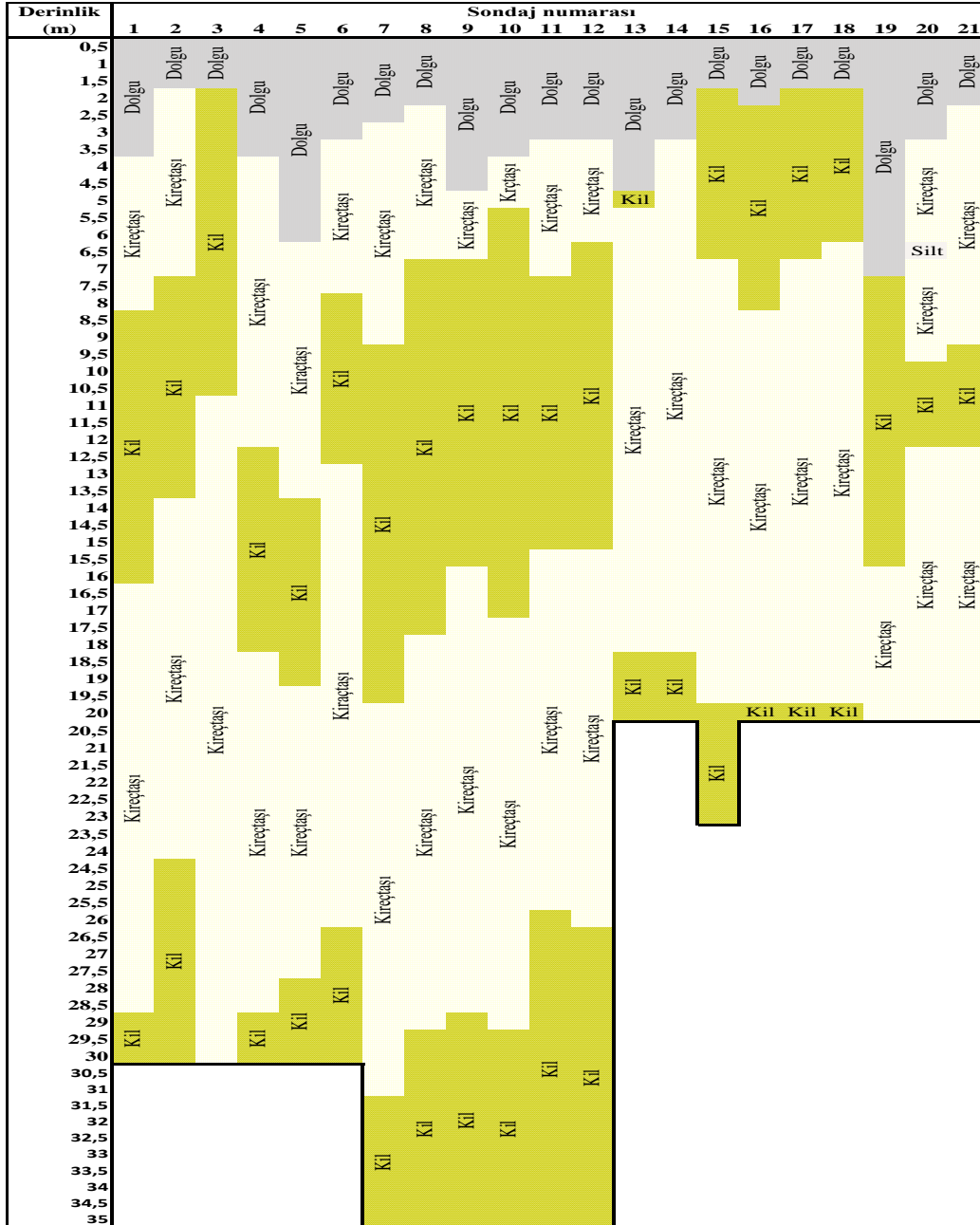


Şekil 5. İnceleme alanında sondaj kuyusu lokasyonları

3.1. Arazi Araştırmaları ve DeneYleri

3.1.1 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

İnceleme alanında açılan sondaj kuyularında rotary sistem sondaj makinası kullanılmıştır. Sondaj çalışmalarına ait kuyu logunu temsil edecek katman geçişleri Şekil 6’ da gösterilmiştir. Her bir sondaj kuyusu için 1.50 m. de bir SPT (Standart Penetrasyon Deneyi) gerçekleştirilmiş olup, örselenmemiş ve örselenmiş örnekler toplanmıştır. Ardından zemin sondaj logları ve N30 değerleri elde edilmiştir. Sahada yapılan SPT deney sonuçlarından N30 değerlerinin 21- refü (N30>50) arasında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 6. İnceleme sahasında sondaj derinlikleri ve katman geçişleri

Tablo 1. Sondaj kuyularına ait SPT değerleri

Kuyu No	Derinlik (m.)	SPT değeri				N ₃₀	N _{30ort}	Kuyu No	Derinlik (m.)	SPT değeri				N ₃₀	N _{30ort}
Sk-1	9.00 - 9.45	9	13	18	31	38	Sk-8	16.50 - 16.95	21	27	35	R	39.4	39.7	
	10.50 - 10.95	11	15	19	34			18.00 - 18.45	34	R	R	R			
	12.00 - 12.45	13	18	21	39			30.00 - 30.45	34	R	R	R			
	13.50 - 13.95	12	20	26	36			31.50 - 31.95	40	R	R	R			
	15.00 - 15.45	14	21	29	50			7.50 - 7.95	9	10	12	22			
Sk-2	7.50 - 7.95	10	13	20	33	39.4	Sk-9	9.00 - 9.45	11	10	14	24	39.4	39.7	
	9.00 - 9.45	12	16	16	32			10.50 - 10.95	13	14	16	30			
	10.50 - 10.95	14	20	21	41			12.00 - 12.45	15	17	21	38			
	12.00 - 12.45	15	20	23	43			13.50 - 13.95	17	20	24	44			
	27.50 - 27.95	18	23	25	48			15.00 - 15.45	20	26	39	R			
Sk-3	1.50 - 1.95	11	13	17	30	34.3	Sk-10	30.00 - 30.45	36	R	R	R	37	37	
	3.00 - 3.45	13	16	20	36			31.50 - 31.95	34	R	R	R			
	4.50 - 4.95	9	11	16	27			33.00 - 33.45	R	R	R	R			
	6.00 - 6.45	11	12	15	27			4.50 - 4.95	27	20	14	34			
	7.50 - 7.95	13	16	21	37			6.00 - 6.45	10	12	13	25			
Sk-4	9.00 - 9.45	17	21	28	49	37	Sk-11	7.50 - 7.95	9	9	11	20	36.8	42.4	
	13.50 - 13.95	16	20	22	42			9.00 - 9.45	11	13	14	27			
	15.00 - 15.45	12	16	16	32			10.50 - 10.95	10	14	17	31			
	12.00 - 12.45	8	11	14	25			12.00 - 12.45	12	15	19	34			
	13.50 - 13.95	10	14	19	33			13.50 - 13.95	13	17	20	37			
Sk-5	15.00 - 15.45	11	16	20	36	36.8	Sk-15	15.00 - 15.45	15	26	32	R	36.8	42.4	
	16.50 - 16.95	13	18	22	40			16.50 - 16.95	21	29	41	R			
	18.00 - 18.45	15	21	29	50			30.00 - 30.45	30	R	R	R			
	7.50 - 7.95	7	12	16	28			31.50 - 31.95	45	R	R	R			
	9.00 - 9.45	9	14	19	33			7.50 - 7.95	8	8	9	17			
Sk-6	10.50 - 10.95	11	16	21	37	38	Sk-17	9.00 - 9.45	10	12	13	25	38	42.4	
	12.00 - 12.45	12	18	24	42			10.50 - 10.95	11	13	17	30			
	27.00 - 27.45	R	R	R	R			12.00 - 12.45	13	15	21	36			
	1.50 - 1.95	2	5	9	14			13.50 - 13.95	13	17	24	41			
	3.00 - 3.45	11	14	25	39			15.00 - 15.45	R	R	R	R			
Sk-7	9.00 - 9.45	9	11	13	24	34	Sk-19	25.50 - 25.95	19	28	41	R	34	40	
	10.50 - 10.95	12	15	16	31			27.00 - 27.45	31	47	R	R			
	12.00 - 12.45	13	17	21	38			28.50 - 28.95	39	48	R	R			
	13.50 - 13.95	12	18	22	40			30.00 - 30.45	36	R	R	R			
	15.00 - 15.45	15	17	23	40			31.50 - 31.95	44	R	R	R			
Sk-8	16.50 - 16.95	19	20	26	46	36.6	Sk-20	6.00 - 6.45	11	13	16	29	36.6	47.5	
	6.00 - 6.45	15	12	15	27			3.00 - 3.45	10	12	25	37			
	7.50 - 7.95	9	11	13	24			9.00 - 9.45	R	R	R	R			
	9.00 - 9.45	10	13	14	27			10.50 - 10.95	8	14	18	32			
	10.50 - 10.95	12	16	14	30			12.00 - 12.45	9	16	23	39			
Sk-8	12.00 - 12.45	15	17	23	40	36.6	Sk-21	13.50 - 13.95	9	14	25	39	36.6	47.5	
	13.50 - 13.95	12	14	18	32			3.00 - 3.45	8	10	11	21			
	15.00 - 15.45	15	26	34	R			10.50 - 10.95	9	13	16	29			
								9.00 - 9.45	11	17	28	45			

Arazi üzerinde yapılan jeoteknik çalışmalardan sismik yöntemlerden MASW ve düşey hidrolik temel sondajlarına örnekler Şekil 7' de gösterilmiştir.



Şekil 7. İnceleme sahasında sondaj ve sismik çalışmalarına ait görseller

3.1.2 Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (Masw)

Sismik çalışmalardan MASW ölçüleri 9 ayrı profilde olmak üzere; P dalga hızları için düz ve ters, S dalga hızları için düz atışlar yapılarak ölçümler tamamlanmıştır. Proje dahilinde, Sara DOREMİ marka, 12 kanallı sismik kırılma cihazı kullanılmıştır. Ölçüm profillerinde jeofon aralığı ve ofset uzaklığı en küçük 3.00 m. en büyük 5.00 m. olarak belirlenmiştir. Yapılan sismik çalışmaları sonucunda V_{s30} en düşük 363 m/s en yüksek ise 539 m/s olarak tespit edilmiştir. Yüzeyde P ve S dalga hızları V_{p1} : 400-661 m/s ve V_{s1} : 193-200 m/s olan ve derinliği 1.50-6.50 m arasında değişen örtü tabakası tespit edilmiştir. Dolgu olarak düşünülen tabakanın altında ise P ve S dalga hızları, V_{p2} : 599-656 m/s ve V_{s2} : 363-540 m/s arasında değişen ikinci bir tabaka olduğu tespit edilmiş ve kuyu verilerinden Bakırköy Formasyonu olarak yorumlanmıştır. Üçüncü tabaka olan V_{p3} : 620-1100 m/s ve V_{s3} : 467-630 m/s arasında değişen üçüncü tabaka tespit edilmiş ve kuyu verilerinden bu katmanın Güngören Formasyonu olduğu yorumlanmıştır.

Sismik çalışmalar ve sondaj logundan elde edilen numune örnekleri kıyaslandığında, arazi çalışmalarının birbirini desteklediği ifade edilebilir.

Her bir serim sonucuna göre yapılan MASW uygulaması sonucunda elde edilen temsil ettiği katman derinliği değerine karşılık gelen zemin dinamik elastik parametreler hesaplanmış ve Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2. Vp ve Vs dalga hızlarına göre hesaplanan zemin dinamik elastik parametreleri

Sismik Serim No	Vp (m/s)	Vs (m/s)	İnceleme Derinliği (m)	Yoğunluk (g/cm ³)	Poisson Oranı	Kayma Modülü (g/cm ²)	Elastisite Modülü (g/cm ²)	Bulk Modülü (g/cm ²)
1	1302	363	-6.4	1,86	0,458	2,454	7,154	28,296
2	1020	254	-5.3	7,75	0,467	1,133	3,324	16,716
3	687	361	-4.1	1,59	0,309	2,068	5,416	4,733
4	645	363	-4.1	1,56	0,249	2,059	5,221	3,755
5	1376	524	-5.0	1,89	0,42	5,184	14,672	2,836
6	1565	551	-2.5	1,95	0,43	5,920	16,925	3,986
7	1012	501	-6.5	1,75	0,34	4,388	11,741	12,055
8	1306	683	-3.5	1,86	0,31	8,693	22,804	20,194

3.1.3 Laboratuvar Deneyleri

İnceleme alanındaki Şekil 5 üzerinde işaretlendirilmiş lokasyonlarda yer alan 20 adet temel sondajında ve farklı seviyelerdeki derinliklerden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde, TS 699, TS 1900-1 ve TS 1900-2, TS 14688-1, TS 17892-1-2-3-4-5 standartlarına uygun doğal su içeriği, Atterberg limitleri, özgül ağırlık, tane boyu dağılımı deneyleri; örselenmemiş numuneler üzerinde ise birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç, üç eksenli basınç, konsolidasyon deneyleri; kaya özelliği taşıyan karot numunelere ise porozite yoğunluk, nokta yükü deneyleri gerçekleştirilmiştir [17; 18; 19; 20; 21; 22]. Delgilerden alınan zemin numuneleri üzerinde gerçekleştirilen doğal birim hacim ağırlık değerleri 17.30-2.00 kN/m³ arasında değişmektedir. Güngören formasyonu içerisinde yer alan bu birimlerden elde edilen elek analizi deney sonuçlarına göre ağırlıklı olarak ortalama % 85-90 kil ve siltli zeminlerden oluştuğu, yüzde kalan miktarının ise kum ve çakıllı zeminlerden oluştuğu yaklaşık ortalama % 5-15 arasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Atterberg (Kıvam) Limitleri deney sonuçlarına göre temsili numunelerin çoğunluğunun zemin sınıflamasında CH grubu yüksek plastisiteli inorganik aşırı konsolide killerden oluştuğu belirlenmiştir. Deneylerde likit limit (LL) % 34,72–66,33, plastik limit % 21,33–35,75 ve plastisite indisinin (PI) % 1–24 arasında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Likit limit, su muhtemvası ve elek analizi sonuçlarına göre; Güngören Üyesinde gözlenen koyu yeşilimsi renkli sert killerin bulunması sınıflama riskini azaltmaktadır. Üye, özellikle üst kesimlerinde, makrofosil kavkılı Bakırköy Üyesi' nin kireçtaşlarına benzer özellikte, 5-30 cm kalınlıkta kireçtaşı, killi kireçtaşı, kireçli kiltası arakatlıdır. Yapılan sınıflama analizine göre sınıflama riski düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kıvam limitleri sonuçları değerlendirildiğinde proje alanı için şişebilen malzeme özelliği gösteren üstte kireçtaşı parçalı tabaka altında sert kil içeriğine sahip birimler yer almaktadır. Bölge genelinde yapı temellerinin oturacağı formasyon ana birim olan zemin profili dikkate alındığında görülmektedir ki yüksek miktarda ayrılmış parçalı kayalardan oluşması su içeriği artması durumunda bile şişme potansiyeli söz konusu değildir. Zemin sınıflamasına göre CH sınıfında kalan killerin üzerinde UU (Konsolidasyonsuz Drenajsız) üç eksenli basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiş ve taşıma gücü parametreleri olan kohezyon değerlerinin $17 < c < 68 \text{ kN/m}^3$, içsel sürtünme açısı değerlerinin $1 < \phi < 4$ derece aralığında olduğu hesaplanmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı testine göre taşıma gücü değerinin $0,536 < q_u < 2,174 \text{ kg/cm}^2$ aralığında olduğu sonucu anlaşılmaktadır.

Serbest basınç deney sonuçları dikkate alındığında taşıma gücünün ortalama bir değerde olduğu ve yer yer düşük çıkmasının bir sebebi olarak ise killerin içeriğindeki karbonat miktarından dolayı su içeren birimlerde erime boşluklarının olmasına bağlı olduğu varsayımı yapılmıştır.

Bakırköy Formasyonu özelliği taşıyan kayaçlarda karotiyer ile alınan karot kaya numuneleri üzerinde nokta yükleme deneyi yapılmıştır. Deneyler sonucunda nokta yükü değerleri $1.35 < I_{s50} < 6.16$ olarak

bulunmuştur. Tüm laboratuvar deney çalışmalarına ait sayısal sonuçlar ve zemin sınıflamaları Tablo 3 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 3. Zemin mekaniği deney sonuç parametreleri

Kuyu No	Doğal Birim Hacim Ağırlık	Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Elek Analizi		Üç eksenli Basınç Dayanımı		Serbest Basınç Dayanımı	
		LL	PL	IP		10 No %	-200 No %	c kN/m ²	Ø Derece	q _u kg/cm ²	c kg/cm ²
Sk-1	1,925	47,82	26,29	21,53	CL	0,00	77,66			2,1	1,04
Sk-1	1,973	32,64	24,50	8,14	CL	4,05	87,10	63	10		
Sk-1	1,865	36,24	22,57	13,67	CL	32,40	67,60			2,6	1,3
Sk-1	1,825	48,82	22,59	26,24	CL	0,00	83,22	149,3	8,3	2,1	1,04
Sk-1	1,925	44,38	27,09	17,29	CL	0,00	77,66				
Sk-2		30,09			NP	1,43	36,74				
Sk-2	1,902	38,52			NP	3,04	60,78	87,5	18		
Sk-2		56,49	29,45	27,04	CH	1,89	82,35				
Sk-2		49,96	21,77	28,18	CI	4,34	56,37				
Sk-2		53,25	28,31	24,94	CH	7,21	81,76				
Sk-2	1,855	52,12	32,98	19,13	MH	0,00	68,48	4,54	2,27		
Sk-3		35,44			NP	1,02	75,82				
Sk-3	1,989	53,03	33,03	20,00	MH						
Sk-3	1,853	51,42	27,38	24,04	CH	7,64	78,72				
Sk-3	1,926	34,72			NP	5,84	61,86				
Sk-4		38,13			NP	8,88	61,24				
Sk-4	1,817	51,79	31,17	20,62	MH	7,49	61,03	93,7	7,6		
Sk-4	1,850	50,94	27,41	23,53	CH	3,28	82,55	99,4	1,2		
Sk-4	1,926	63,57	25,02	38,55	CH					5,4	2,7
Sk-5	1,859	65,57	33,29	32,28	MH					0,77	0,38
Sk-5	1,855	51,62	29,95	21,67	MH	12,17	68,76			1,5	0,76
Sk-6	1,950	43,27	25,29	17,98	CI			208,3	5,4		
Sk-6	1,845	61,23	43,47	17,76	MH			114,3	7,8		
Sk-7	1,960	67,61	30,46	37,15	CH	4,89	72,54	52	4		
Sk-7	1,800	58,48	35,75	22,73	MH	3,73	77,72	18	3		
Sk-7	1,740	91,40	27,08	64,32	CH						
Sk-8	1,730	46,74	20,34	26,40	CI	0,00	92,64				
Sk-9	1,910	44,52	26,27	18,26	CI	0,00	100	68	1		
Sk-10		38,13			NP	8,88	61,24				
Sk-10	1,817	51,79	31,17	20,62	MH	7,49	61,03	93,7	7,6		
Sk-10	1,850	50,94	27,41	23,53	CH	3,28	82,55	99,4	1,2		
Sk-11	1,855	51,62	29,95	21,67	MH	12,17	68,76			1,5	0,76
Sk-12		66,33	43,84	22,49	MH	2,28	54,08				
Sk-13	1,896	57,10	28,06	29,04	CH			0,750	14,5		
Sk-14		50,96	32,50	18,45	MH	0,00	65,59				
Sk-14	1,799	62,45	34,26	28,20	MH	0,00	93,00			20,5	9,4
Sk-15	1,840	43,93	22,93	20,81	CL	0,08	69,43			0,536	0,268
Sk-16	1,843	42,12	22,95	19,18	CL	0,05	75,40			0,579	0,289
Sk-17	1,895	40,73	21,33	19,40	CL	00	64,42			1,075	0,538
Sk-18	1,818	49,85	25,09	24,76	CL	0,06	84,26			1,616	0,818
Sk-19	1,753	45,06	25,12	19,94	CL	0,04	60,65			2,078	1,039
Sk-20	1,882	51,96	25,22	26,74	CH	1,88	75,48			0,732	0,366
Sk-21	1,861	52,02	21,99	30,04	CH	1,94	59,51			2,174	1,087

4. SONUÇ

Küçükçekmece İlçesi, bölgesel jeolojik koşullarından dolayı birçok zemin araştırmasına konu olmuştur. Ancak eğitim sahası olarak tescillenen Beşyol Mahallesi için bu ölçütte bir zemin inceleme çalışması gerçekleştirilmemiştir. Bunun üzerine söz konusu mahallede eğitim yapılarının inşaa edileceği ve birbirine yakın parseller üzerinde yapılan jeolojik, jeofizik ve jeoteknik çalışmaların yer aldığı yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapılmıştır.

Bölgesel olarak inceleme sahası tektonik faaliyetlerine göre birinci derecede deprem riski taşımaktadır. Bu nedenle özellikle çok katlı yapılaşmalarda zemin etüd incelemeleri dikkate alınarak riski ortadan kaldıracak şekilde yapılaşmaya izin verilmelidir. Arazi üzerinde yapılan sondaj faaliyetleri ve jeofizik etüdüleri jeolojik açıdan paralellik sağlamaktadır. Birimlerin tamamı literatürde bölgeyi tanımlayan formasyon ile uyumlu olduğu ortaya çıkarılmıştır. Saha gözlemlerine göre proje sahası ve çevresinde, kütle hareketi, şev riski vb. afet riski bulunmadığı ifade edilebilir. Ancak formasyon özelliğinden kaynaklı yeraltı su seviyesi yüksek olan geçirimli birimlerin temel seviyesi olarak seçilmesi durumunda gerekli drenaj önlemleri alınarak yapılaşma gerçekleştirilmelidir.

Çalışma alanında Miyosen yaşlı Bakırköy ve Güngören Formasyonları bulunmaktadır. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre sahada yer alan Güngören Formasyonuna ait killi birimler genel olarak CH grubu zemini olup, yer yerde siltli seviyeler içermektedir. Bakırköy Formasyonu ise ayrışmış, parçalı kaya birimlerden oluşmaktadır. Bu seviyelere ait farklı derinliklerde dayanım deneyleri gerçekleştirilerek kayaların mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Kireçtaşı killi birimlerin hakim olduğu formasyon temel seviyesi seçilmesi durumunda taşıma gücü kriterlerini büyük ölçüde karşılamaktadır. Bu birim için karstik ceplerin bulunması durumunda yeraltı su seviyesine dikkat edilmelidir. Proje sahasında yapılan zemin deneylerinde yüksek plastisiteye sahip kil numunesinin düşük plastisiteli kil numunelerine göre elastisite modülünün azaldığı sismik hızlarla gözlemlenmiştir. Düşük plastisiteli kil numunesi için dayanım parametrelerine bakıldığında gerilme değerlerinin yüksek plastisiteli kil numunesinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Laboratuvar sonuçlarına göre aşırı derecede konsolide olan Güngören killerine ait şişme ve oturma miktarları sınır değerleri karşılamaktadır. İncelenen alan, temel zemininin jeoteknik özellikleri, tabakaların ortalama derinlikleri, yeraltı su seviyesi ve kıvamlilik - geçirgenlik özellikleri dikkate alındığında, yerleşime uygunluk açısından gerekli ölçütleri büyük ölçüde karşılamaktadır.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, İstanbul Aydın Üniversitesi' ait parsellerin zemin etüdü kapsamından gerçekleştirilmiş olup, çalışmalara katkılarından dolayı İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederim.

REFERANSLAR

- [1] Alparslan, E., Yüce, H., Erkan, B., İnan, S., Ergintac, S., Saatçılar, R. Büyükçekmece ve Küçükçekmece Gölleri Arasındaki Bölgede Heyelan Duyarlılığının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Çok Kıstaslı Analizi, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Çok Kıstaslı Analizi, 2006.
- [2] Arıç, C. Haliç ve Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İTÜ Maden Fakültesi İstanbul, 1995.
- [3] Dalgıç, S., Turgut, M., Kuşku, İ., Coşkun, Ç., Coşgun, T.. İstanbul'un Avrupa yakasındaki zemin ve kaya koşullarının bina temellerine etkisi, Uygulamalı Yerbilimleri, Kocaeli, Sayı:2, s.47-70, 2009.
- [4] Demir., H., Küçükçekmece- Halkalı Yerleşim Bölgesinin Yerel Zemin Koşullarına Göre Depremselliğinin incelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi), İstanbul, 2006.
- [5] Ergintav, S., Ediger, V., Demirbağ, E., Cankurtaranlar, A., Dikbaş, A., İnan, S., Saatçılar, R., Baş, M. Büyükçekmece-Küçükçekmece Arası Kıta Sahanlığının Araştırılması ve Karadaki Fay Sistemleri ve

- Heyelanlarla İlişkilendirilmesi, Aktif Tektonik Araştırma Grubu, 13. Çalıştayı, ATAG 13, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bildiri Özleri Kitabı, s.30, 2009.
- [6] Gökaşan, E., Gazioglu, C., Alpar, B., Yücel, Z.Y., Ersoy, Ş., Gündoğdu, O., Yaltırak, C., Tok, B. Evidences of NW extension of the North Anatolian Fault Zone in the Marmara Sea; a new approach to the 17 August 1999 Marmara Sea earthquake. *Geo-Marine Lett* 21:183-199, 2002.
- [7] Gökaşan, E., İstanbul Boğazı Büyükçekmece arası Şelf ve kara alanında genç faylara ait izlerin sığ sismik ve morfolojik veriler yardımıyla incelenmesi, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Kuvaterner Çalıştayı IV, s.158-163, 2003.
- [8] Gökaşan, E., Ustaömer, T., Gazioglu, C., Yücel, Z.Y., Öztürk, K., Tur, H., Ecevitoglu, B., Tok, B.. Morpho-tectonic evolution of the Marmara Sea inferred from multi-beam bathymetric and seismic data. *Geo-Mar. Lett.* 23 (1), 19-33, 2003.
- [9] İ.B.B. Zemin Ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, 2001, İstanbul'un Avrupa Yakası Güney Bölümü 1/5000 ölçekli İmar Planlarına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu ve Haritası, (2003 Bayındırlık Bakanlığı Onaylı) İstanbul.
- [10] MTA. Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, 850 s, 2005.
- [11] MTA Özel Yayın Serisi- 3. İstanbul Metropolü Batısındaki (Küçükçekmece- Silivri- Çatalca Yöresi) Kentsel Gelişme Alanlarının Yer Bilim Verileri, 2010.
- [12] Okutgen, N., İstanbul-Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının yerleşime uygunluğunun araştırılmasında mühendislik jeolojisi yaklaşımlarının irdelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi), İstanbul, 2012.
- [13] Oktay, F. Y., Eren, R. H., Sarkınç, M., Karaburun-Yeniköy (İstanbul) Çevresinde Doğu Trakya Oligosen Havzasının Sedimenter Jeolojisi, Türkiye 9. Petrol Kongresi Bildirileri, 92-101, Ankara, 1992.
- [14] Sayar, C., The Geology of the Golden Horn (Haliç) and Surrounding Region: Bosphorus University, National Symposium on the Golden Horn. S., 355-374, 1976.
- [15] Şengör, A. M. C., The North Anatolian Transform Fault; its age, offset and tectonic significance. *Jour. Geol. Soc.*, 136, 269-282, London. 1979.
- [16] Üsküplüoğlu, Ç., Morfodinamik süreçlere Dayanarak 1/ 50 000 Ölçekli İstanbul İli ve Yakın Çevresinin Jeomorfoloji Haritası ve Açıklaması Yüksek Lisans Tezi, İÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2003.
- [17] TBDY 2018, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, AFAD; 30364 sayılı Resmî Gazete – Türkiye Cumhuriyeti.
- [18] TS 699. Tabii yapı taşları-Muayene ve deney metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 2009.
- [19] TS 1900-1. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 2006.
- [20] TS 1900-2. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 2006.
- [21] TS 14688-1. Jeoteknik etüd ve deneyler - Zeminlerin tanımlanması ve sınıflanması - Bölüm 1: Tanımlama ve tarif, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 2004.

- [22] TS 14688-1. Jeoteknik etüt ve deneyler - Zeminlerin tanımlanması ve sınıflanması - Bölüm 1: Tanımlama ve tarif, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 2004.
- [23] TS17892-1-2-3-4-5. Geoteknik etüt ve deneyler - Zemin laboratuvar deneyleri - Bölüm 7: İnce taneli zeminlerde tek eksenli basınç deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 2007.
- [24] Tohumcu, P., Kılıç, H., Özyayın, K., Yerel zemin koşullarının depremler sırasında yapısal davranış üzerinde etkileri yönünden sınıflandırılması, Araştırma makalesi, 2003.
- [25] Yıldırım, M., Tonaroğlu, M., Selçuk, M. E., Akgüner, C., , Revised Stratigraphy of the Tertiary Deposits of Istanbul and Their Engineering Properties, BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT, 72(3-4), 413-420, 2013.
- [26] Yurtsever, Ç., The Structural Organisation of Elements Master Thesis, Selçuk University, Konya. 1976.
- [27] Yüksel, A., İstanbul Hızlı Tramvay Projesi 2. Aşama İnşaatı Incirli-M.inönü Tüneli'nin Mühendislik Jeolojisi, Yapı Merkezi. İstanbul. 1994.
- [28] Yüzer, E., Eriş, İ., Bakır, A., Aydoğan, S., İstanbul'un heyelanları. İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu 3, İstanbul Teknik Üniversitesi Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul. 2007.
- [29] Zarif, İ. H., Küçükçekmece-Büyükçekmece Gölleri Arasındaki Alanın Yamaç Stabilitesi. Doktora Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 1996.