

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL HARAMİDERE - KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ ARASININ  
YERLEŞİME UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASINDA  
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ YAKLAŞIMLARININ İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Neslihan OKUTGEN**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Uygulamalı Jeoloji Programı**

**HAZİRAN 2012**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL HARAMİDERE - KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ ARASININ  
YERLEŞİME UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASINDA  
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ YAKLAŞIMLARININ İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Neslihan OKUTGEN  
(505091317)**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Uygulamalı Jeoloji Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mahir VARDAR**

**HAZİRAN 2012**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505091317 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Neslihan OKUTGEN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**İSTANBUL HARAMİDERE - KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ ARASININ YERLEŞİME UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASINDA MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ YAKLAŞIMLARININ İRDELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Prof. Dr. Mahir VARDAR**      .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL**      .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Seval SÖZEN**      .....

İstanbul Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi :**      **04 Mayıs 2012**  
**Savunma Tarihi :**      **06 Haziran 2012**



*Eşime ve oğluma,*



## ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın amacı, İstanbul Küçükçekmece gölü ile Haramidere arasının yerleşime uygunluğunun araştırılmasında mühendislik jeolojisi yaklaşımlarının irdelenmesidir.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bilimsel ve manevi desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mahir VARDAR 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince değerli görüş ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Erdoğan YÜZER, Dr. Muhterem DEMİROĞLU ve Uz. Yük. Müh. Cenk KOÇAK 'a teşekkür ederim.

Bölgede yapmış olduğu çalışmalardan edindiği bilgi ve verileri açık gönüllülükle vererek tez çalışmamda önemli bir aşamaya gelmemi sağlayan Arş. Gör. Gökhan ŞANS, Dr. Rahmi EYÜBOĞLU, Yük. Müh. İsmail ERİŞ, Jeoloji ve Geoteknik Müh. Nejat Güven ve Prof. Dr. Süleyman DALGIÇ 'a teşekkür ederim.

Verilerin kullanılmasında izin veren Avcılar Belediyesine teşekkür ederim.

Birbirimizi kısa sürede tanımamıza rağmen iyi bir dost, iyi bir arkadaş, iyi bir meslektaş olan ve özellikle de tez çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Jeo. Müh. Ezgi GÜLBAR, Yük. Müh. Duygu DEMİR ve Yük. Müh. Murat ORUÇ 'a teşekkür ederim.

Mayıs 2012

Neslihan Okutgen  
(Jeoloji Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY .....	xix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>23</b>
1.1 Çalışmanın Amacı ve İçeriği.....	23
1.2 Çalışma Yöntemi ve Kullanılan Araçlar .....	24
1.2.1 Veri katmanlarının oluşturulması ve değerlendirilmesi.....	26
1.2.1.1 Jeoloji haritasının hazırlanması.....	29
1.2.1.2 Ortam türü .....	29
1.2.1.3 Su durumu .....	30
1.2.1.4 Eğim .....	31
1.2.1.5 Kütle hareketleri yoğunluk haritası.....	31
1.2.1.6 Depremsellik .....	31
1.2.1.7 Zeminlerin sıvılaşmaya yatkınlık haritası .....	32
1.2.1.8 Taşkın riski.....	32
1.2.1.9 Arazi sınıfları .....	33
1.2.2 Kentsel alan kullanım kararında kullanılan yöntemler .....	33
1.2.2.1 Karşılıklı etkileşim yöntemi.....	34
1.2.2.2 Analitik hiyerarşi süreci yöntemi .....	34
1.2.3 Kentsel alan kullanım kararında kullanılan yöntemlerin değerlendirilmesi .....	35
1.3 Literatür Araştırması .....	35
<b>2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI .....</b>	<b>41</b>
2.1 Coğrafi Konum ve Ulaşım .....	41
2.2 Morfoloji .....	41
2.3 İklim ve Bitli Örtüsü .....	42
2.4 Ekonomik Durum .....	43
<b>3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>45</b>
3.1 Çalışma Alanının Jeolojisi.....	45
3.2 Stratigrafi.....	45
3.2.1 Soğucak formasyonu (Ts) .....	47
3.2.2 Ceylan formasyonu (Tc) .....	48
3.2.3 Gürpınar formasyonu (Tg).....	49
3.2.4 Çukurçeşme formasyonu (Tç).....	52
3.2.5 Güngören formasyonu (Tgn) .....	55
3.2.6 Bakırköy formasyonu (Tb).....	57

3.2.7 Alüvyon (Qal) .....	59
3.2.8 Yapay dolgu (Qyd).....	60
3.3 Yapısal Jeoloji .....	61
3.3.1 Tabakalar .....	61
3.3.2 Kıvrımlar .....	62
3.3.3 Çatlak sistemleri .....	62
3.3.4 Faylar.....	63
3.4 İnceleme Alanının Jeolojik Evrimi .....	63
3.5 Hidroloji ve Hidrojeoloji .....	65
3.5.1 Hidroloji .....	65
3.5.1.1 Akarsular .....	66
3.5.1.2 Kaynaklar .....	66
3.5.1.3 Taşkın Alanları .....	67
3.5.2 Hidrojeoloji .....	68
3.5.2.1 Formasyonların hidrojeolojik özellikleri.....	69
3.6 Mühendislik Jeolojisi.....	71
3.6.1 Eğitim durumu.....	71
3.6.2 Kütle hareketleri .....	71
3.6.3 Sıvılaşma .....	74
3.6.4 Depremsellik .....	78
3.6.5 Arazi sınıfları.....	84
3.6.6 Jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri .....	87
3.6.6.1 Soğucak formasyonu .....	88
3.6.6.2 Ceylan formasyonu .....	88
3.6.6.3 Gürpınar formasyonu .....	88
3.6.6.4 Çukurçeşme formasyonu .....	89
3.6.6.5 Güngören formasyonu .....	90
3.6.6.6 Bakırköy formasyonu .....	92
3.6.6.7 Alüvyon .....	94
3.6.6.8 Yapay dolgu .....	94
<b>4. ARAZİ KULLANIMINA YÖNELİK YAPILAN ANALİZLER .....</b>	<b>95</b>
4.1 Arazi Kullanımına Yönelik Yapılan Analizlerde Kullanılan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri .....	96
4.1.1 Karşılıklı etkileşim yöntemi .....	97
4.1.1.1 Kriter ağırlıklarının hesaplanması ve değerlendirilmesi .....	100
4.1.1.2 Sonuç analizi .....	103
Yerleşime uygun alanlar .....	104
Önlemliler alanlar .....	104
Önlemliler alanlar 1 .....	106
Önlemliler alanlar 2 .....	107
Önlemliler alanlar 3 .....	107
Yerleşime uygun olmayan alanlar .....	108
4.1.2 Analitik hiyerarşi süreci yöntemi .....	109
4.1.2.1 Kriter ağırlıklarının hesaplanması ve değerlendirilmesi .....	112
4.1.2.2 Sonuç analizi .....	117
4.2 Yöntemlerin Karşılaştırılması ve Yorumlanması .....	119
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>123</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>133</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>139</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>141</b>

## KISALTMALAR

<b>m</b>	: Metre
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>km</b>	: Kilometre
<b>kPa</b>	: Kilopascal
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>lt</b>	: Litre
<b>sn</b>	: Saniye
<b>°</b>	: Derece
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>%</b>	: Yüzde
<b>W<sub>L</sub></b>	: Likit limit
<b>I<sub>p</sub></b>	: Plastisite indisi
<b>CH</b>	: Yüksek plastisiteli kil
<b>CL</b>	: Düşük plastisiteli kil
<b>I<sub>c</sub></b>	: Kıvam konsistans
<b>V<sub>s</sub></b>	: S dalga hızı
<b>M<sub>s</sub></b>	: Magnitüd büyüklüğü
<b>T</b>	: Zemin hakim titreşim periyodu
<b>A</b>	: Zemin büyütmesi
<b>e<sub>i</sub></b>	: Kodlama sayısı
<b>f<sup>e</sup></b>	: Etki ağırlığı
<b>f<sup>d</sup></b>	: Dengeleme çarpanı
<b>CI</b>	: Tutarlılık oranı
<b>RI</b>	: Rastlantısal katsayı
<b>λ<sub>max</sub></b>	: Maksimum özdeğer
<b>n</b>	: Kriter sayısı
<b>S</b>	: Uygunluk
<b>W<sub>i</sub></b>	: İ kriterinin ağırlığı
<b>X<sub>i</sub></b>	: İ kriterinin potansiyel puanlaması
<b>RDK</b>	: Risk değerlendirme kriteri
<b>ÇKB</b>	: Çok Katlı Binalar
<b>OKB</b>	: Orta Katlı Binalar
<b>AKB</b>	: Az Katlı Binalar
<b>SA</b>	: Sanayi Alanları
<b>AYA</b>	: Açık Yeşil Alanlar
<b>SPT</b>	: Standart Penetrasyon Deneyi
<b>SPT-N</b>	: Standart Penetrasyon Darbe Sayısı
<b>F<sub>m</sub></b>	: Formasyon
<b>TEM</b>	: Trans European Motorway
<b>E-5</b>	: Eski Ankara-İstanbul Karayolu

<b>RQD</b>	: Kaya Kalite Değeri
<b>SW</b>	: İy Derecelenmiş Kum
<b>Cu</b>	: Zemin üniformluk katsayısı
<b>CBS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>AİGM</b>	: Afet İşleri Genel Müdürlüğü
<b>NEHRP</b>	: National Earthquake Hazards Reduction Program
<b>BSSC</b>	: Building Seismic Safety Council
<b>FEMA</b>	: Federal Emergency Management Agency
<b>DMİ</b>	: Devlet Meteoroloji İşleri
<b>İSKİ</b>	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
<b>İBB</b>	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
<b>İMP</b>	: İstanbul Metropolitan Planlama
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik ve Arama
<b>AHS</b>	: Analitik Hiyerarşi Süreci
<b>KE</b>	: Karşılıklı Etkileşim
<b>UA</b>	: Uygun Alanlar
<b>ÖA</b>	: Önemli Alanlar
<b>UOA</b>	: Uygun Olmayan Alanlar
<b>AHP</b>	: Analytical Hierarchy Process

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 : İnceleme alanına ait ortalama meteorolojik veriler.....	43
Çizelge 3.1 : Zarif (1996) tarafından hazırlanan göllerarası bölgede yer alan formasyonların hidrojeolojik özellikleri.....	70
Çizelge 3.2 : Sıvılaşmayı Etkileyen Faktörler.....	77
Çizelge 3.3 : Spektrum karakteristik periyotları.....	81
Çizelge 3.4 : NEHRP' e göre Zemin Sınıfları.....	81
Çizelge 3.5 : Deprem yönetmeliğine göre sınıflandırılan zemin grupları.....	83
Çizelge 3.6 : Yerel zemin sınıfı.....	84
Çizelge 3.7 : Türk deprem kodu yerel zemin belirleme tablosu.....	85
Çizelge 3.7 (devam) : Türk deprem kodu yerel zemin belirleme tablosu.....	86
Çizelge 4.1 : Karar matrisinde kullanılan yarı sayısal kodlama.....	98
Çizelge 4.2 : İnceleme alanının karar matrisi.....	99
Çizelge 4.3 : Kriterlerin etki ağırlıklarının belirlenmesi.....	100
Çizelge 4.4 : Kriterlerin sayısal kodlamasında kullanılan değerler.....	101
Çizelge 4.5 : Dengeleme çarpanları.....	102
Çizelge 4.6 : Ağırlık katsayıları.....	102
Çizelge 4.7 : Risk bölgelemede YUA için taban ve tavan değerler.....	102
Çizelge 4.8 : Risk bölgelemede ÖA için taban ve tavan değerler.....	103
Çizelge 4.9 : Risk bölgelemede YUOA için taban ve tavan değerler.....	103
Çizelge 4.10 : Standardize edilmiş potansiyel puanlar.....	113
Çizelge 4.11 : İkili karşılaştırma matrisinde kullanılan 1-9 ölçeği.....	114
Çizelge 4.12 : Kriter sayısına bağlı rastgele indeks değerleri.....	117



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Akış diyagramı. ....	25
Şekil 1.2 : İnceleme alanının sondaj lokasyon haritası. ....	28
Şekil 1.3 : CBS ortamında uygunluk haritalarının oluşturulması. ....	36
Şekil 2.1 : İnceleme alanının yer bulduru haritası. ....	41
Şekil 3.1 : İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti. ....	46
Şekil 3.2 : Gürpınar formasyonunun yeşil killeri. ....	50
Şekil 3.3 : Esenyurt Haneplus İnşaatı temel kazısında Çukurçeşme formasyonu. ....	53
Şekil 3.4 : Güngören formasyonunun plastisitesi yüksek yeşil killeri. ....	56
Şekil 3.5 : Avcılar Park İnşaatı temel kazısında Bakırköy formasyonu kireçtaşları. ....	59
Şekil 3.6 : Haramidere alüvyonları. ....	60
Şekil 3.7: Suya doymuş kum tanelerinin yapısının sismik dalgalar tarafından bozulması ve artan boşluk suyu basıncıyla sıvılaşmanın meydana gelmesi. .....	75
Şekil 3.8 : İstanbul deprem bölgeleri haritası. ....	79
Şekil 3.9 : Gürpınar kilinin plastisite kartında gösterimi. ....	89
Şekil 3.10 : Çukurçeşme Kumu N <sub>30</sub> değerinin derinlikle değişim grafiği. ....	90
Şekil 3.11 : Güngören kilinin plastisite kartında gösterimi. ....	92
Şekil 3.12 : Güngören killerinin N <sub>30</sub> değerinin derinlik ile değişim grafiği. ....	92
Şekil 3.13 : Bakırköy kil ara katmanlarının plastisite kartında gösterimi. ....	94
Şekil 4.1 : Karar matrisi ve değişken etkileşimleri. ....	98
Şekil 4.2 : KE yöntemi kullanılarak inceleme alanının yerleşime uygunluk analizi. .....	105
Şekil 4.3 : İnceleme alanının çok kriterli karar hiyerarşisi. ....	111
Şekil 4.4 : İkili karşılaştırma matrisi ve kriterlerin nisbi ağırlıkları. ....	114
Şekil 4.4 (devam): İkili karşılaştırma matrisi ve kriterlerin nisbi ağırlıkları. ....	115
Şekil 4.5 : AHS yöntemi ile inceleme alanının yerleşime uygunluk analizi haritası. .....	118
Şekil 4.6 : Kullanılan yöntemlerin sonuç analizi haritaları. ....	120
Şekil 5.1 : Binalar kategorisi ve KE yönteminde yerleşilebilirlik sınıflarının yüzde dağılım grafiği. ....	129
Şekil 5.2 : Yerleşilebilirlik sınıflarının yüzde dağılım grafiği. ....	131
Şekil 5.3 : Çalışma alanının mevcut arazi kullanım haritası. ....	131



# İSTANBUL HARAMİDERE - KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ ARASININ YERLEŞİME UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASINDA MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ YAKLAŞIMLARININ İRDELENMESİ

## ÖZET

İstanbul'un hızlı büyümesine bağlı olarak yeni yerleşim bölgelerine ihtiyaç gerekmektedir. İstanbul'un yeni yerleşim alanları ihtiyacı, doğru arazi kullanım kararı ile giderilebilir. Doğru arazi kullanımı kapsamında yeni yerleşim alanlarını belirlemek değil mevcut yerleşim alanlarının değerlendirilerek, sorunlu alanların sağlıklı ve yaşanabilir hale getirilmesi de dahildir. Kent arazi kullanım planlamasının en önemli amacı, doğal kaynakların korunması ve arazi parsellerinin en faydalı kullanımıyla kazanç sağlamak için, bir arazi parselinin diğeri ile kıyaslandığında avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmektir. Bu değerlendirmenin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için arazinin içinde bulunduğu jeolojik eşiklerin ayrıntılı bir şekilde ortaya konması gerekmektedir.

İstanbul Haramidere-Küçükçekmece Gölü arasındaki bölge; Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi 'ndeki koluna yakın olması, çarpık ve kötü yapılaşması nedeniyle depremsellik açısından önemlidir. Aynı zamanda bu bölge bir paleoheyelan bölgesidir. Ayrıca burada yer yer aktif heyelan alanları bulunmaktadır. Yerleşim alanlarının bir kısmı bu aktif heyelan alanlarında kurulmuştur. Bu nedenlerden dolayı bölge, yerleşime uygunluk analizi için seçilmiştir. İnceleme alanının yerleşime uygunluğunun değerlendirilmesinde; jeolojisi, hidrojeolojisi, mühendislik jeolojisi ve mühendislik jeofiziğini en iyi şekilde ortaya koyacak bilgilerin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Elde edilen bu bilgilerin karar verici tarafından yeterliliklerinin ve güvenilirliklerinin de sorgulanması gerekmektedir. Bu sorgulama ile arazi kullanım planlamasında daha sağlıklı ve güvenilir sonuçlar elde etmek mümkündür.

Kuvaterner, Üst Miyosen, Oligosen ve Eosen yaşlı birimlerin yüzeyletiği inceleme alanının ortam türü, yerleşime uygunluk çalışmasında en önemli parametreyi oluşturmaktadır. Analizlerde kullanılan parametreler, yeraltı jeolojisi baz alınarak oluşturulmuştur. Bölgede gözlenen doğal afet türleri, dikkat edilmesi gereken diğer önemli parametreleri oluşturmaktadır. Mevcut yapılaşmanın büyük bir kısmı tepe düzlüklerinde ve az eğimli arazilerdedir. Yerleşime uygunluk çalışmalarında; topoğrafik eğim, konut alanları yer seçimini etkileyen öncelikli kriterler arasındadır. Topoğrafya; konutların, yerleşim şeklini, tiplerini, yoğunluklarını ve yönlerini etkileyen bir etkidir. Özellikle yüksek blokların inşası sırasında, kazılardan kaynaklanan yamaç duraylılık problemleri yaşam ve yerleşim alanları için büyük bir risk oluşturur. Alüvyal birimlerin gözleendiği alanlarda, taşkın riski ve sivilaşma olasılığından bahsedilmeden, yerleşime uygunluğun değerlendirilmesinin yapılması sağlıklı sonuçlar vermeyeceği için analizlerde bu parametreler de kullanılmıştır.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk araştırmasında, coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilen iki farklı çok kriterli karar verme analiz metodu kullanılmış ve en doğru arazi kullanım yaklaşımları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada analitik hiyerarşi süreci yöntemi ve karşılıklı etkileşim yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler,

yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılan kriterlerin ağırlıkları, puanlaması veya sıralanmasını, amaçların önemi açısından tek ya da çoklu setler halinde düzenlenmesini içerir. Her iki analiz metodunda her bir uygunluk parametresi kendi içinde sınıflandırılarak puanlanmıştır. Verilen puanlara göre haritalar CBS ortamında tekrar sınıflandırılmıştır. Daha sonra her iki metod için karar matrisi oluşturularak uygunluk parametrelerinin ağırlıkları hesaplanmıştır. Her bir uygunluk parametresi hesaplanan ağırlıkları ile çarpılarak CBS ortamında üst üste çakıştırılmıştır. Çakıştırma işlemi sonucunda her iki analiz metodu için çalışma alanının uygunluk haritaları oluşturulmuştur.

Karşılıklı Etkileşim yöntemi sonucunda inceleme alanı; Yerleşime Uygun Alanlar, Önlemlen Alanlar, Yerleşime Uygun Olmayan Alanlar olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci yönteminde ise Çok Katlı Binalar, Orta Katlı Binalar, Az Katlı Binalar, Sanayi Alanları ve Açık-Yeşil Alanlar olmak üzere beş sınıfa ayrılmıştır. Yapılan analizler sonucu ortaya çıkan uygunluk haritaları karşılaştırılarak, kullanılan yöntemlerin avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Her iki yöntem sonucunda oluşturulan haritalarda yerleşime uygun olmayan alanların birbirleri ile tutarlı oldukları gözlenmiştir.

Son aşamada ise oluşturulan haritaların mevcut arazi ile ne kadar örtüştüğü belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla; arazinin mevcut kullanım haritası oluşturulmuştur. Bu haritada inceleme alanı; Çok Katlı Binalar, Orta Katlı ve Az Katlı Binalar, Sanayi Alanları ve Açık-Yeşil Alanlar olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. Bu alanlar uzaktan algılama ve arazi gözlemleri ile belirlenmiştir. Mevcut arazi kullanım haritasına baktığımızda; yöntemlerde kullanılan kriterlerin tutarlı olduğu ve bu yöntemlerin doğru kullanılarak mevcut arazi ile hemen hemen örtüştüğü sonucuna varılmıştır.

# **EXAMINATION OF APPROACHES OF ENGINEERING GEOLOGY IN INVESTIGATION OF SUITABILITY FOR SETTLEMENT AREA OF ISTANBUL HARAMIDERE-KUCUKCEKMECE LAKE**

## **SUMMARY**

Istanbul is growing at such a fast rate that new settlements are needed urgently. This need also gives rise to the necessity of choosing the correct land-use planning to build on. This procedure does not just entail the finding of new settlements but also looking into the suitability of existing settlements which have to be brought up to standard. In order to achieve this goal existing buildings must be made safe for residential by the reinforcement of existing buildings or if necessary by the rebuilding of these buildings.

When planning the land-use in the city the protection of the natural environment must be taken into account and how the land can be used appropriately must be looked into carefully. In order to achieve this aim the geological characteristics of the land must be investigated in depth.

Istanbul Haramidere- Küçükçekmece Lake Area; because the Northern Anatolian fault is near the Marmara Sea the substandard buildings in this area are of great importance when looking into the earthquake hazards of this area. In addition, this area is paleo-landslide and many buildings are built on land which is vulnerable to land slides. For this reason this area has been chosen to be investigated in regard to the characteristics that should be displayed by land that is suitable for settlement.

When evaluation of suitability of settlement in study area, it is of great importance that the lands geological, hydrology, engineering geology and its geophysical characteristics are looked into thoroughly. At the same time the trustworthiness and adequateness of this research must be investigated by the appropriate authorities and only by doing so can future plans and policies be successful and correct.

The criteria of ambient type is the most important one in land-use planning of the study area which was faced with Quaternary, Upper Miocene, Oligocene and Eocene units. The parameters, using in analyses, are formed as based on underground geology.

The natural disasters in area are the other important criterias. Most part of existing settlements are on low slope and crest plain areas.

In suitability for settlement studies, topographic slope is among the primary criteria influencing the choice of residential location. Topography is a factor that affects locations, types, density and direction of the buildings. Especially during the construction of high blocks slope suitability problems from excavations creates great risk for residential areas.

In planning for urban use the spatial distribution, type and density of mass movements are very important in creation of development plans that are healthy and harmonious with the natural environment. For this reason, the density map of mass

movement of the study area was prepared. Since it is not healthy to evaluate settlement suitability in areas where alluvial units are observed because of flood risk and possibility of liquefaction, these parameters were used for the analysis.

Flood probability is one of the natural disaster probabilities that needs to be used in settlement suitability studies due to its harmful effect on engineering structures and the environment. Flood areas in the study area are impervious and less-permeable crops drainage areas, valley bases that has relative surface flow.

This study substantiates the excellence of the usage of multi-criteria decision analysis techniques with GIS for the preparation of the geotechnical microzonation map considering the suitability of the residential areas.

Geographical Information Systems (GIS), described as visualization of all types of referenced data, store, query, update, analyse and hardware, software, and collection of organised geographically coordinated data by ESRI (1994), is used in regional planning in everywhere. In land-use planning, topographical, geological and hydrogeological data layers of the study area, form a database in GIS environment.

The important advantages of using these techniques can be summarized as having relatively low cost, easy data manipulation, rapidly updating of data and the possibility to produce various new scenarios.

In this study; the slope, ambient type, formations which carries the groundwater, earthquake, mass movements, flood susceptibility, liquefaction potential and land categories were prepared for the chosen area. The assignment of the weight and rank values and the analysis were performed by application of the Interaction method and the AHP method.

The basic differences between these methods lie in their objectiveness, easiness and evaluation opportunities. During the research of settlement suitability of the study area two different multi-criteria decision making models that are integrated with geographic information systems were used.

It was tried to determine the correct approach to land use. Analytical hierarchy process method and the Interaction method was used in this study. These methods consist of weight, scoring and sorting of criteria that is used in settlement suitability analysis. They include the organisation in single or multiple sets according to the importance of the objectives.

Interaction method is applied with a decision matrix that is created according to the interference of settlement suitability criteria with each other.

AHP method relies on; using a comparison scale which is created on a predetermined decision hierarchy, one to one comparison of both decision factors and importance of decision points according to these factors.

In both analysis methods each suitability parameter is classified and scored in itself. Maps are reclassified in geographic information system environment according to the scores given. Then, for both methods weight of suitability parameters are calculated by establishing decision matrix.

Each suitability parameter is multiplied by its calculated weight and overlaid in the geographic information system environment. After the overlaying process suitability maps of the study area created for both methods.

As a result of the mutual interaction method the study area is divided into three classes as Areas Suitable for Settlement, Provisional Settlement Areas and Unsuitable Areas.

Areas Suitable for Settlement are; places where Ceylan formation, Sogucak Limestone and Bakirkoy formation is observed, where slope inclination varies between 0-10°, mass movements are not developed, groundwater is at 5 meters or deeper, flooding and liquefaction risk does not exist and sufficient bearing strength exists.

Provisional Settlement Areas are; places where slope inclination varies between 10-20°, clayey and sandy soils observed in Gungoren, Gurpinar and Cukurcesme formations, and are areas where one of problems such as engineering issues, liquefaction, mass movements and flood risk can be observed.

Areas where Quaternary alluvial deposits are widespread, valleys with high slopes, base fields with low slopes, coastal area and flood areas that have mass movements, areas where groundwater is very close to the surface creating high liquefaction risk and poor soils in terms of foundation engineering are area that are unsuitable for habitation.

In the analytical hierarchy process method the study is divided into five classes, which are High-rise buildings, Multi-storey building, Low-rise building, Industrial areas and Open-Green land.

High-rise buildings are concentrated on high flat areas and rock environment. Flood risk areas, high topographic areas, steep slopes and areas where mass movements are observed are avoided. Multi-storey and Low-rise buildings are concentrated in rock environments.

Industrial areas are concentrated in places where non-aquifer units are observed. Areas where mass movements are observed and liquefaction risk exists are avoided. Open-Green areas are seen on lithology rich and high flood risk fields.

Advantages and disadvantages of methods used are evaluated by comparing the suitability maps created as a result of the analyses carried out. It was observed that in maps created by using both methods areas unfit for habitation are consistent with each other.

A chart has been created by calculating the percentages of the habitable classes of the study area. In this chart we observe that according to Civil Engineering storey height assesment in 1.5% of study area low rise buildings and 1.8% of study area high rise buildings cannot be constructed respectively.

According to the assesment in compliance with the settlement suitability, 18% of study area is not suitable for habitation. According to the percentage distribution graph it is observed that 2-3% of the study area is not suitable for habitation.

In the final stage, it was tried to determine the consistency of maps created with the actual land. For this purpose, the existing land use map was created. In this map, the study area was divided into four classes; High-rise buildings, Multi-storey and Low-rise building, Industrial areas and Open-Green land. These areas are determined by remote sensing and field observations. When we look at the existing land use map we can conclude that the criteria used in the methods are consistent, and that these methods were used correctly and it almost overlaps with the existing land.



## 1. GİRİŞ

### 1.1 Çalışmanın Amacı ve İçeriği

Bu çalışmanın amacı, İstanbul Haramidere - Küçükçekmece Gölü arasının yerleşime uygunluğunun araştırılmasında mühendislik jeolojisi yaklaşımlarının irdelenmesidir.

İstanbul'un hızlı büyümesine bağlı olarak yeni yerleşim bölgelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kentin, yeni yerleşim alanları ihtiyacı doğru arazi kullanım kararı giderilebilir. Doğru arazi kullanımı kapsamı içinde sadece yeni yerleşim alanlarını belirlemek değil aynı zamanda mevcut yerleşim alanlarının değerlendirilerek, sorunlu alanların sağlıklı ve yaşanabilir hale getirilmesi de dahildir. Kentleşme, sıklıkla mühendislik yapıları için uygun yerlerin kazanılmasına gereksinim duyar. Kent arazi kullanım planlamasının en önemli amacı, doğal kaynakların korunması ve arazi parsellerinin en faydalı kullanımıyla kazanç sağlamak için, bir arazi parselinin diğeri ile kıyaslandığında avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmektir. Bu değerlendirmenin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için arazinin içinde bulunduğu jeolojik eşiklerin ayrıntılı bir şekilde ortaya konması gerekmektedir.

İstanbul Haramidere-Küçükçekmece Gölü arasındaki bölge; Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi 'ndeki koluna yakın olması, çarpık ve kötü yapılaşması nedeniyle depremsellik açısından önemlidir. Aynı zamanda bu bölge bir paleoheyelan bölgesidir ve bir çok yapı yer yer gözlenen aktif heyelan alanlarında inşaa edilmiştir. Bu nedenlerden dolayı bölge, yerleşime uygunluk analizi için seçilmiştir.

İnceleme alanının yerleşime uygunluğunun değerlendirilmesinde; jeolojisi, hidrojeolojisi, mühendislik jeolojisi ve mühendislik jeofiziğini en iyi şekilde ortaya koyacak bilgilerin sağlanması büyük önem taşımaktadır.

Arazi kullanım planlaması, birçok disiplinin bir arada çalışmasını gerektiren çok yönlü ve çok alternatifli karar verme sürecidir. Bu planlama sürecinde, çok kriterli karar verme analiz teknikleri, en doğru arazi kullanım kararlarının verilmesinde karar vericilere büyük destek sağlar. Arazi kullanım kararını etkileyen birden fazla kriter olduğunda, karar verme karmaşık bir durum alır. Bu durumda, kriterlerin önceliği ve

ağırlığı kentsel kullanımın amacına göre değişir (Tüdeş,2011). İnceleme alanının yerleşime uygunluk araştırmasında, coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilen iki farklı çok kriterli analiz metodu kullanılmış ve en doğru arazi kullanım yaklaşımları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, yerleşime uygunluk çalışmaları ile ilgili ayrıntılı bir literatür araştırması yapılmıştır. Öncelikle inceleme alanının 1/25.000 ölçeğindeki jeoloji haritası, önceki çalışmalar ve saha gözlemleri yardımıyla hazırlanmıştır. Daha sonra önceki çalışmalardan elde edilen veriler değerlendirilerek uygunluk analizi için veri tabanı oluşturulmuştur.

İnceleme alanına ait eğim haritası, yeraltı suyu haritası ve amaca yönelik tematik haritalar CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. Daha sonra çok kriterli karar verme analiz teknikleri kullanılarak her bir haritanın ağırlıkları hesaplanmış ve oluşturulan haritalar CBS ortamında üst üste karşılaştırılarak çalışma alanının uygunluk potansiyeli haritaları oluşturulmuştur. Son aşamada uygunluk analiz sonuç haritalarına göre kullanılan yöntemler karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

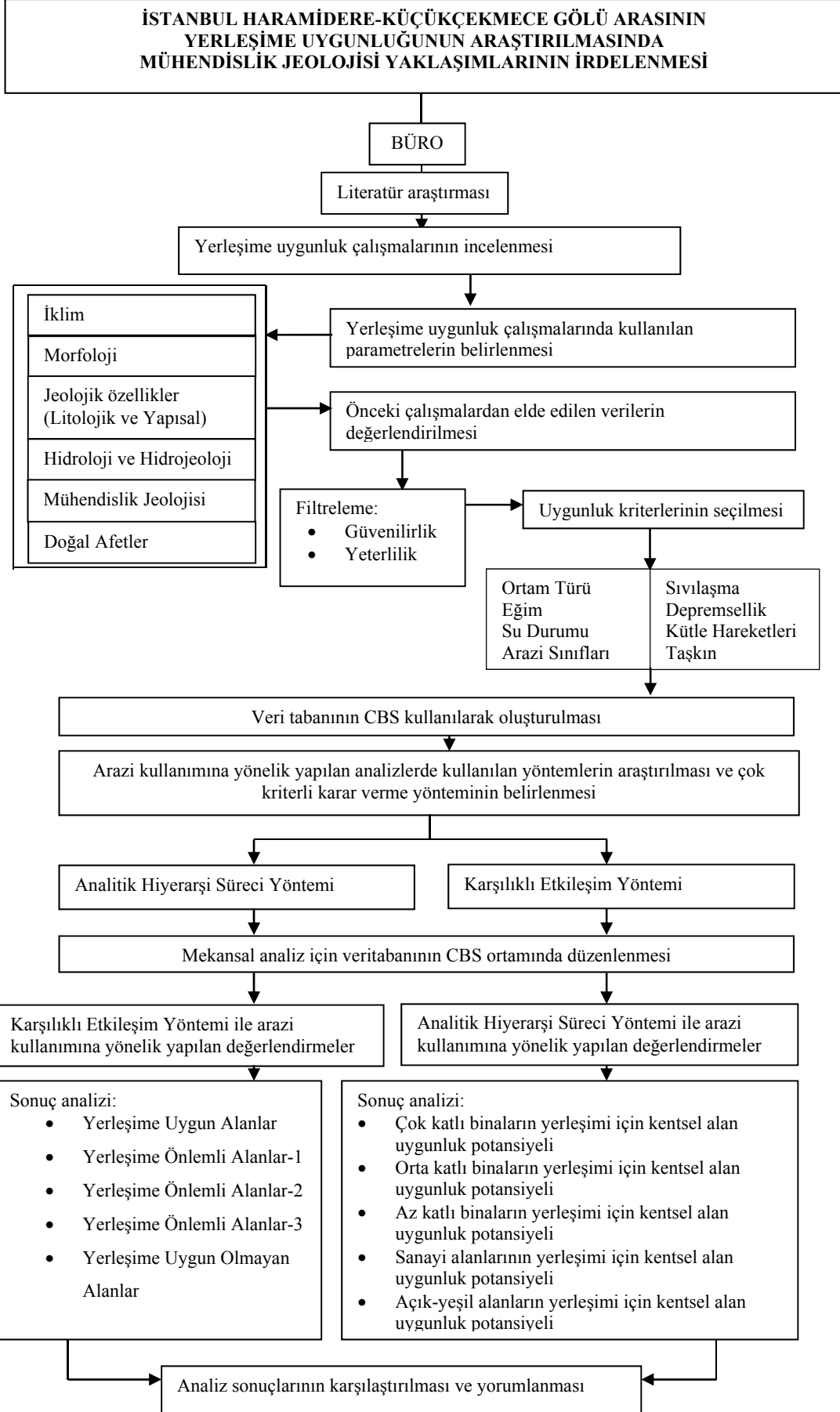
## **1.2 Çalışma Yöntemi ve Kullanılan Araçlar**

Çalışmanın amacı doğrultusunda, arazi ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmaları gösteren akış diyagramı Şekil 1.1'de verilmiştir.

Büro çalışmalarında yapılan literatür araştırması sonucunda yerleşime uygunluk çalışmalarında kullanılan parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler, morfolojik özellikler, jeolojik özellikler (yeraltı jeolojisi ve yüzey jeolojisi), su durumu (yeraltı suyu ve yüzey suları), zemin ve kaya ortam karakteristikleri, doğal afet ( kütle hareketleri, depremsellik, taşkın, tsunami, vb..) durumudur.

Yerleşime uygunluk çalışmalarında çoğunlukla ana kriterler olarak kullanılan bu parametreler baz alınarak veri tabanı oluşturulmaya çalışılmıştır. Veri tabanı oluşturulurken inceleme alanında yüzeyleyen litolojik birimlerin yatay ve düşey dağılımlarını ve mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla önceki çalışmalarda yapılan sondajlar ve deney sonuçları incelenmiştir.

Uygunluk parametrelerini elde etmek amacı ile oluşturulan veri tabanı, yeterliliği ve güvenilirliğine bakılarak bir filtreleme işleminden geçirilmiştir. Bu işlem yapıldıktan sonra inceleme alanının arazi kullanımına yönelik yapılan analizlerinde yararlanılan uygunluk parametreleri belirlenmiştir.



**Şekil 1.1 : Akış diyagramı.**

Uygunluk parametrelerini bilgisayar ortamında oluşturmak amacı ile büroda gerçekleştirilen çalışmalar sonucu elde edilen harita ve veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak bilgisayar ortamına girilmiştir.

### **1.2.1 Veri katmanlarının oluşturulması ve değerlendirilmesi**

Coğrafi Bilgi Sistemleri, mekansal referans sistemini paylaşan var olan ayırık veri kümelerini entegre ederek yeni bilgiyi ortaya çıkarmaktadır. Teknolojik olarak, CBS, arazi kullanım planlamasının desteklenmesinde jeoçevresel değerlendirme açısından güçlü bir araçtır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinin 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritasından yararlanılarak arazi kullanımına yönelik analizler için Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak tematik haritaları hazırlanmıştır. Tematik vektör haritaları ArcView 10.0 yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Böylece bütün haritalar aynı koordinat sisteminde birbirine uyumlu bir şekilde tek bir programda depolanmıştır. Bu haritalar CBS ortamında birer veri katmanı oluşturur. Oluşturulan tematik vektör haritaları, analiz için raster formatına getirilerek reclassify (yeniden sınıflandırma) yapılmışlardır. Programda raster veriler 100x100 'lük gridler olarak tanımlanmıştır. Bu haritaların hazırlanmasında ve inceleme alanının arazi kullanımına yönelik uygunluk analizlerinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi 'nin 2001 yılında yapmış olduğu İstanbul Avrupa Yakası Güneyi 1/5.000 Ölçekli İmar Planlarına Esas Jeoloji/Jeoteknik Etüd Raporuna ait 21 adet sondaj verisinden, MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul Metropolü Batısındaki Kentsel Gelişme Alanlarının Yer Bilim Verileri çalışmasına ait 67 adet sondaj verisinden, İstanbul Teknik Üniversitesi 'nin 1997 yılında yapmış olduğu İstanbul-Avcılar Belediyesi Yoğun Yapılaşma Alanının Yerleşime Uygunluk Amaçlı Mühendislik Jeolojisi Ve Jeoteknik Araştırma Projesi çalışmasına ait 14 adet sondaj verisinden yararlanılmıştır.

Ayrıca Atlas Jeoloji Mühendislik, Madencilik, İnşaat Ltd. Şti. 'nin 2009 yılında yapmış olduğu İstanbul İli Avcılar İlçesi Jet ve Yat Liman Bölgesine Ait Revize İmar Planına Esas Ayrıntılı Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu çalışmasına ait 33 adet sondaj verisinden, Anadolu Yerbilimleri Ltd. Şti. 'nin 2011 yılında yapmış olduğu İstanbul İli Avcılar İlçesi İSKİ-Küçükçekmece Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisi çalışmasına ait 21 adet sondaj verisinden, Belirti Mühendislik-Danışmanlık A.Ş. 'nin 2001 yılında yapmış olduğu Avcılar İlçesi 1000 Hektarlık Alanın İmara Esas

Jeolojik-Jeofizik-Jeoteknik Etüt Raporu çalışmasına ait 14 adet sondaj verisinden ve Mavi Girişim Mühendislik firmasının çalışma alanı içerisinde yapmış olduğu 22 adet sondaj verisinden yararlanılmıştır.

Sondajların, inceleme alanındaki dağılımını göstermek amacı ile sondaj lokasyon haritası oluşturulmuştur (Şekil 1.2). Bu veriler, çalışmanın amacı doğrultusunda bir filtreleme işleminden geçirilmiştir. Filtreleme işlemi, verilerin yeterlilikleri ve güvenilirlikleri dikkate alınarak yapılmıştır. Bu işlemin yapılmasındaki amaç yeterli ve güvenilir kaynaklardan elde edilerek oluşturulmuş bir veri tabanı ile çalışılarak arazi kullanımına yönelik yapılan analizlerde daha doğru bir sonuca ulaşmaktır.

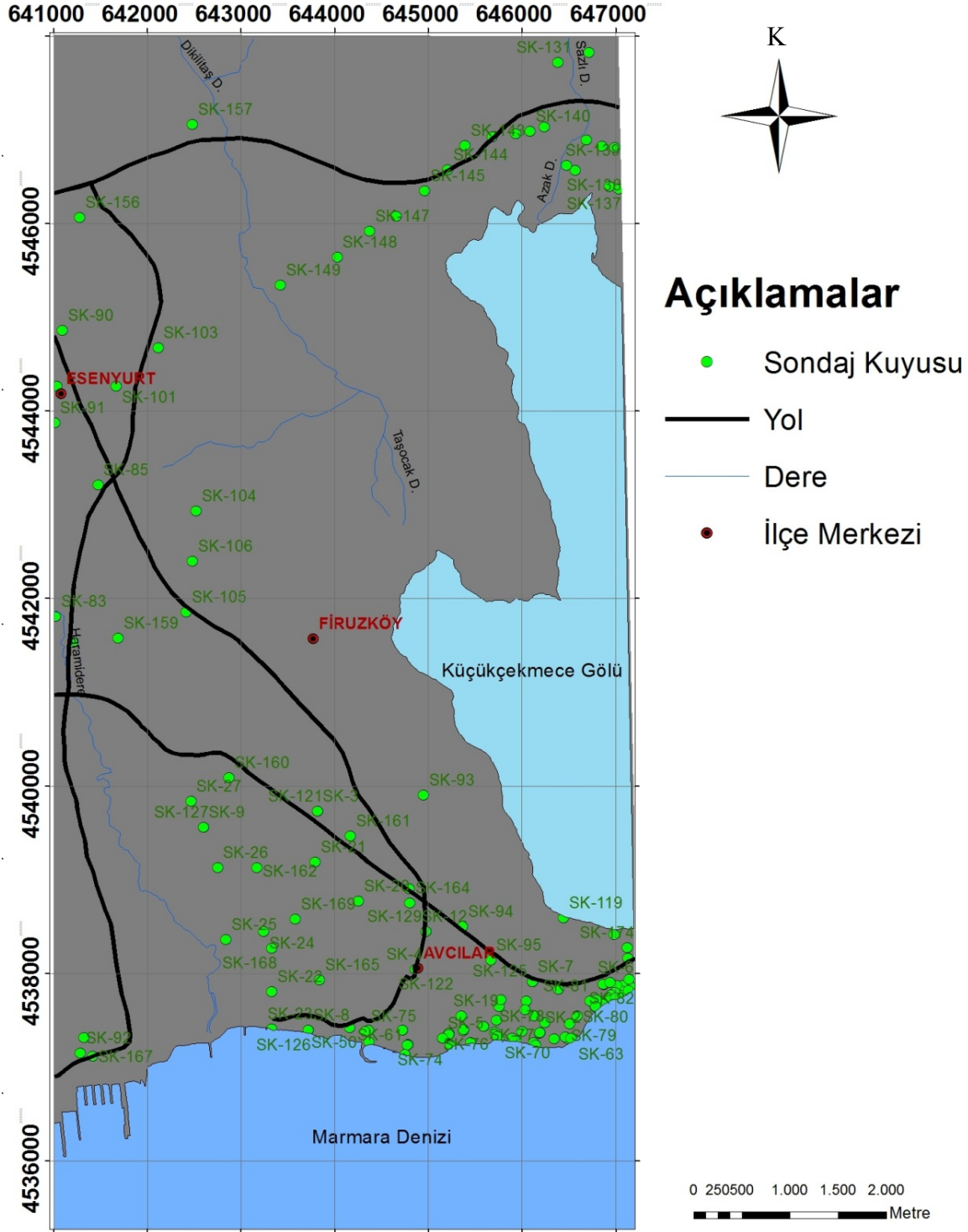
Bu çalışma için ayrıntılı bir literatür araştırması yapılarak yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılan parametreler belirlenmiştir. Daha sonra bu parametrelerin oluşturulmasında kullanılan veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Bunun için de yukarıda bahsedilen sondaj verileri kullanılmıştır.

İnceleme alanında daha önceki çalışmalardan elde edilen jeofizik ölçüm verilerinin yetersizliğinden dolayı hız (Vs), zemin hakim titreşim periyodu (T), zemin büyütmesi (A) ve Poisson Oranı dağılım haritaları ve sondaj verilerinin yetersizliğinden dolayı SPT-N<sub>60</sub> değeri kullanılarak oluşturulan taşıma gücü haritası yapılamamıştır.

Literatürde, kayma dalgası hızı (Vs) zonlama haritası ve taşıma gücü haritası CBS ortamında karşılaştırılarak yeni bir harita oluşturulur. Oluşturulan bu yeni harita ile uygunluk analizinde inceleme alanına ait sorunlu bölgeler tanımlanmaktadır. Yine kayma dalgası hızı (Vs), poisson oranı ve zemin büyütmesi haritalarından türetilen harita ile de çalışma alanında deprem koşullarından olumsuz yönde etkilenecek sorunlu bölgeler belirlenebilmektedir.

Yerleşime uygunluk haritalarının hazırlanmasında önemli bir etmen olan ve SPT-N<sub>60</sub> değeri kullanılarak oluşturulan sıvılaşma haritası, önceki çalışmalardan elde edilen sondaj verilerinin yeterli olmamasından dolayı yapılamamıştır. Bu veriler yerine MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul Metropolü Batısındaki Kentsel Gelişme Alanlarının Yer Bilim Verileri adlı çalışmasında hazırlanmış olduğu zeminlerin sıvılaşmaya yatkınlık haritası sayısallaştırılarak oluşturulmuştur. MTA'nın yapmış olduğu bu harita, güncel gevşek zeminlerin sıvılaşmaya karşı yatkınlıklarına göre sınıflandırılmıştır. Sondajlardaki yeraltı suyu derinlik değerleri

ile inceleme alanına ait yeraltı suyu derinlik haritası hazırlanmıştır. Yapılan bu harita ile karşılıklı etkileşim yöntemi kullanılarak bir uygunluk analizi yapılmıştır. Ancak, Haramidere üzerinin yerleşime önlemlenilen alan olarak çıkması sonucunda bu haritanın doğru bir sonuca götürmediği düşünüldüğü için uygunluk analizlerinde kullanılmamıştır.



Şekil 1.2 : İnceleme alanının sondaj lokasyon haritası.

Yapılan filtreleme sonucunda, önceki çalışmalardan elde edilen bu verilerin kaynaklarının güvenilir olduğu ancak inceleme alanındaki dağılımlarından (sondaj verilerinin büyük çoğunluğunun kıyı bölgesinde toplanıp, çalışma alanın orta bölgesinde çok az olması) dolayı yapılacak analizlerde doğru sonucu gösteren haritaların oluşturulamayacağı düşünülerek yeterli olmadıkları kanaatine varılmış ve kullanılmamışlardır. Çalışma kapsamında yapılan bu işlemler sonucunda, uygunluk analizinde kullanılacak parametreler belirlenmiştir. CBS ortamında birer veri katmanı oluşturan bu parametreler; ortam türü, su durumu (yeraltı suyu taşıyan formasyonlar), eğim, deprensellik (birimlerin yerel zemin sınıflarına göre), taşkın, kütle hareketleri, sıvılaşma ve arazi sınıflarıdır.

#### **1.2.1.1 Jeoloji haritasının hazırlanması**

İnceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası, önceki çalışmalar ve saha gözlemlerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Formasyon sınırlarının yoğun yerleşimden dolayı gözlenmesinde yaşanan sıkıntı nedeniyle bu haritanın hazırlanmasında MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul Metropolü Batısındaki Kentsel Gelişme Alanlarının Yer Bilim Verileri adlı çalışmasında hazırlanmış olduğu jeoloji haritası ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin 2001 yılında yapmış olduğu İstanbul Avrupa Yakası Güneyi 1/5.000 Ölçekli İmar Planlarına Esas Jeoloji/Jeoteknik Etüd Raporuna ait jeoloji haritası baz alınmıştır.

#### **1.2.1.2 Ortam türü**

İnceleme alanında gözlenen litolojik birimler baz alınarak ortam türü haritası hazırlanmıştır. Bu haritada birimler, uygunluk analizinde kullanılmak üzere kaya, iri taneli zeminler, ince taneli zeminler, alüvyon ve yapay dolgu olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıfların puanlamasında en iyi puan kaya ortamına, en kötü puanlar alüvyon ve yapay dolguya verilmiştir (Çizelge 4.4). Puanlama yapılırken formasyonların fiziko-mekanik parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. İnceleme alanında gözlenen birimlerin fiziko-mekanik parametreleri Mühendislik Jeolojisi bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir. Buna göre, kaya ortamını temsil eden formasyonlarda RQD değerine, zemin ortamını temsil eden formasyonlarda zemin sınıflamalarına bakılmıştır. Kaya ortamı, RQD değerine göre, en iyiden en kötüye doğru Soğucak formasyonu (iyi kaya), Ceylan formasyonu (orta-sağlam kaya) ve Bakırköy formasyonu (çok çatlaklı-zayıf kaya) şeklinde sıralanır. Zemin ortamında

ise önce iri taneli zemin sınıfı incelenmiştir. Bu sınıfta yer alan Çukurçeşme formasyonunun,  $SPT_N$  değerlerinin derinlikle değişimine bakıldığında çok sıkı kum niteliği göstermesinden ve ayrıca killi seviyelerinin şişme basıncı ince taneli zemin ortamlarına göre daha düşük olmasından dolayı yerleşime uygunluk analizlerinde kaya ortamından sonra gelen en iyi puanı almıştır. İnce taneli zemin sınıfında Gürpınar ve Güngören formasyonları incelenmiştir. Her iki formasyonun kıvam limitlerine ve şişme yüzdelere bakılmıştır.

Fiziko-mekanik parametrelerine göre Çukurçeşme kumlarının, kil birimlerine göre daha iyi bir zemin ortamı sunması nedeniyle ince taneli zemin sınıfına daha düşük puan verilmiştir.

Güngören killeri yüksek-çok yüksek plastisiteli kil özelliğinde olup şişme özelliği göstermektedir. Gürpınar killeri, yüksek plastisiteli kil olup Güngören killere göre daha düşük şişme yüzdesine sahip killerdir. Dere yatakları boyunca gözlenen ve tutturulmamış kil-silt-kum ve ufak çakıllı seviyelerin birbirleri geçişli ve ardalanmalarından oluşan alüvyon, yerleşime uygunluk analizlerinde çok zayıf bir zemin özelliği göstermesinden dolayı en düşük puanı almıştır. Yapay dolgular,  $SPT$  değerlerinin düşük olması ile taşıyıcı özelliği bulunmadığından en kötü puanı almıştır.

Yerleşime uygunluk analizlerinde alüvyonun ve yapay dolguların bulunduğu alanlar yerleşime uygun olmayan alanlar olarak ayırtlanmıştır. Bu değerlendirme Bölüm'4 de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

### **1.2.1.3 Su durumu**

Sürdürülebilir kent planlaması doğal kaynakların dikkatli kullanımını ve korunmasını gerektirir. Bir kentin yeraltı suyunun varlığı kent planlamasında hayati öneme sahiptir. Bu nedenle jeolojik ve hidrojeolojik kriter değerlendirmeleri kentsel alan kullanım kararı analizlerinde önceliklidir. İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde kullanılan su durumu haritası, hidrojeolojik koşulların yorumlanması ile yeraltı suyu taşıyan formasyonlar niteliğinde hazırlanmıştır. İnceleme alanının yeraltı sularının yerleşimden kaynaklanan kirlilikten korunabilmesi ve yeraltı suyunun bina temellerine olan etkisi göz önüne alınarak uygunluk analizi için yapılan puanlamalarda majör akifer özelliği gösteren formasyonların yer aldığı alana 0 verilmiştir.

#### **1.2.1.4 Eğim**

Yerleşim alanlarının planlanmasında ve mevcut yerleşim alanlarının imar planı revizyon çalışmalarında arazi eğim durumu; yapılaşma maaliyetini etkilediği, yerleşmede bazı teknik altyapı sorunları yarattığı ve yamaç duraylılığında önemli bir etken olduğu için arazi kullanımı konusunda belirleyici faktörlerden biridir. İnceleme alanının 1/25.000 ölçekli iki adet topoğrafik haritası ArcView programı kullanılarak ve her bir eşyükseleti eğrisi 5 m aralıklarla sayısallaştırılmış ve eğim haritası oluşturulmuştur. Yerleşime uygunluk analizinde kullanılmak üzere 5' er derece ile 7 sınıfa ayrılan eğim haritasında, 25° 'den yüksek eğime sahip olan alanlar, yerleşime uygun olmayan alanlar olarak ayırtlanmıştır.

#### **1.2.1.5 Kütle hareketleri yoğunluk haritası**

Kentsel planlamalarda, kütle hareketlerinin alansal dağılımı, yoğunluğu ve tipinin ortaya konması, sağlıklı ve doğal çevre ile uyumlu imar planlarının oluşturulması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle inceleme alanının kütle hareketleri yoğunluk haritası hazırlanmıştır. Bu harita, MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul metropolü batısındaki kentsel gelişme alanlarının yer bilim verileri adlı çalışmada yapmış olduğu taşkın alanları ve heyelan yoğunluğu haritası ile İMP'den alınan 1/25.000 ölçekli İstanbul'un yerleşime uygunluk haritası sayısallaştırılarak hazırlanmıştır. Haritadaki kütle hareketleri tür ve aktiviteleri ön planda tutularak aktif heyelanlar, potansiyel heyelanlar, yüzeysel akımlar ve duraylı alanlar olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde aktif heyelan alanlarına sınıflamadaki en yüksek puan olan 3 puan verilerek yerleşime uygun olmayan alan kapsamında değerlendirilmiştir.

#### **1.2.1.6 Depremsellik**

İnceleme alanının depremselliği, jeolojik yapılanma ve zemin özellikleri bakımından farklı özellikler gösteren yerleşim bölgelerinde, yerel zemin koşullarına göre sınıflandırılarak haritalanmıştır. Bu amaçla inceleme alanının yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesi ile ilgili yapılan önceki çalışmalardan ve İstanbul Büyükşehir Belediyesinin yapmış olduğu Avrupa yakası güneyinin mikrobölgeleme raporundan yararlanılmıştır. Çalışma alanındaki zeminler Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılacak olan yeni binalar ve diğer yapıların depreme dayanıklı tasarım ve inşaatı için uyulması gereken koşulları belirleyen bir yönetmelik olan

NEHRP'den yararlanılarak Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre inceleme alanındaki zeminler Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. Depremsellik haritasında, Bakırköy ve Ceylan formasyonları Z2 zemin sınıfına, Alüvyon Z4 zemin sınıfına, Soğucak formasyonu Z1 zemin sınıfına ve Güngören, Gürpınar ve Çukurçeşme formasyonları Z3 zemin sınıfına girmektedir. İnceleme alanı, yerel zemin sınıfı dağılımına göre çoğunlukla Z3 sınıfını içermektedir.

Yerleşime uygunluk analizlerinde Z4 zemin sınıfına puanlamada en yüksek puan olan 3 puan verilerek yerleşime uygun görülmemiştir.

#### **1.2.1.7 Zeminlerin sıvılaşmaya yatkınlık haritası**

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde kullanılan sıvılaşma haritası, önceki çalışmalardan elde edilen sondaj verilerinin yeterli olmamasından dolayı MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul metropolü batısındaki kentsel gelişme alanlarının yer bilim verileri adlı çalışmada yapmış olduğu jeomorfolojik-jeolojik ölçütlere göre zeminlerin sıvılaşmaya yatkınlık haritası ve İMP'den alınan 1/25.000 ölçekli İstanbul'un yerleşime uygunluk haritası sayısallaştırılarak hazırlanmıştır (EK A8).

Bu harita güncel gevşek zeminlerin sıvılaşmaya karşı yatkınlıklarına göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada Iwasaki ve diğ. (1982) tarafından önerilen ve jeomorfolojik ölçütler esas alınmıştır. Sıvılaşma alanları için yapılan bu tehlike çalışması ön değerlendirme amaçlı olup bu konuların inceleme alanı için daha ayrıntılı olarak araştırılması gereklidir. Yerleşime uygunluk analizinde sıvılaşma olasılığı az, orta, çok ve olmaması durumuna göre 4 sınıfta değerlendirilmiştir. Buna göre yapılan analizlerde sıvılaşma olasılığı yüksek alanlara en yüksek 3 puan verilerek yerleşime uygun olmayan alanlar ve önlemlenilen alanlar-1 sınıfına dahil edilmiştir.

#### **1.2.1.8 Taşkın riski**

İnceleme alanında taşkın tehlikesi altında olan alanlar bulunmaktadır. Alüvyon ile kaplı bu bölgelerdeki taşkın alanları, akarsulara ve kıyı bölgesine paralel, uzun ve dar alanlı kuşaklar halinde uzanmaktadır (EK A9). Aynı zamanda inceleme alanında görülen kütle hareketlerinin akarsu yataklarına çok fazla malzeme girdisi sağlaması

ve toprak örtüsünün azalması nedeniyle de taşkın olasılığı artmaktadır. Taşkın olasılığının, mühendislik yapılarına ve çevreye verdiği zararları göz önünde tutulduğunda, yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılması gereken doğal afet parametrelerinden biridir. Çalışma alanının, yerleşime uygunluk analizinde kullanılan taşkın riski haritası, MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul metropolü batısındaki kentsel gelişme alanlarının yerbilim verileri adlı çalışmada yapmış olduğu olası taşkın alanları haritası sayısallaştırılarak hazırlanmıştır. Olası taşkın alanları olarak haritalanan alanlar, geçirimsiz ve az geçirimli birimlerin yüzelediği, akaçlama alanlarında yüzeysel akışın göreceli fazla olduğu bölgeler içerisinde yer alan vadi tabanlarına karşılık gelmektedir. Yerleşime uygunluk analizinde taşkın parametresi, taşkın olasılığının olup olmaması durumuna göre 2 sınıfta değerlendirilmiştir. Buna göre taşkın olasılığı olan alanlara 1 puan verilerek yerleşime uygun olmayan alan kapsamına alınmıştır. AHS yöntemi kullanılarak yapılan analizde ise taşkın olasılığı olan alanlara açık-yeşil alan kategorisinde 4 puan verilerek en uygun alan olarak ayırtlanmıştır.

#### **1.2.1.9 Arazi sınıfları**

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde kullanılan arazi sınıfları haritası, MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul metropolü batısındaki kentsel gelişme alanlarının yerbilim verileri adlı çalışmada yapmış olduğu arazi sınıfları haritası sayısallaştırılarak hazırlanmıştır (EK A10). Hazırlanan bu haritada, çalışma alanında birbirinden farklı süreçlerin etkin olduğu beş ana yer şekli sınıflandırılmıştır. Bunlar; yüksek düzlük alanlar, yamaç zonu, geçiş zonu, taban araziler ve kıyı bölgesi'dir. İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde, daha çok Bakırköy formasyonun içinde bulunduğu yüksek düzlük alanlara 0 puan verilerek yerleşime uygun alanlara dahil edilmiştir. Aynı zamanda yeraltı suyu düzeyinin sığ olduğu, sıvılaşma duyarlılığına sahip zeminlerin bulunduğu taşkın alanlarını içeren taban arazilere 3 puan ve kıyı bölgesi alanlarına 4 puan verilerek yerleşime uygun olmayan alanlara dahil edilmiştir.

#### **1.2.2 Kentsel alan kullanım kararında kullanılan yöntemler**

Çalışmanın her aşamasında hazırlanan haritaların, CBS ortamında sayısallaştırma işlemlerinden sonra, arazi kullanımına yönelik yapılan analizlerde mevcut yöntemler incelenerek çok kriterli karar verme yöntemleri belirlenmiştir. Bu çalışmada analitik

hiyerarşi süreci yöntemi ve karşılıklı etkileşim yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler; kriterlerin ağırlıklarını, puanlama veya sıralanmasını amaçların önemi açısından tek ya da çoklu setler halinde düzenlenmesini içerir.

Her iki analiz yönteminde her bir uygunluk parametresi kendi içinde sınıflandırılarak puanlanmıştır. Verilen puanlara göre haritalar CBS ortamında tekrar sınıflandırılmıştır. Daha sonra her iki yöntem için karar matrisi oluşturularak uygunluk parametrelerinin ağırlıkları hesaplanmıştır.

### **1.2.2.1 Karşılıklı etkileşim yöntemi**

İnceleme alanının yerleşime uygunluk değerlendirmesinde kullanılan Karşılıklı Etkileşim yöntemi, bölgedeki yerleşime uygunluğu yönlendiren kriterlerin birbirleri ile etkilenme derecelerine göre oluşturulan bir karar matrisi ile uygulanır. İnceleme alanında karşılaşılan farklı ortamların (kaya veya zemin türündeki) yerleşime uygunluğunu yönlendiren kriterler; ortam türü, su durumu, eğim, sıvılaşma, taşkın riski, depremsellik, kütle hareketleri ve arazi sınıflarıdır. Oluşturulan karar matrisi ile kriterlerin etki ağırlıkları ve ağırlık katsayıları belirlenmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, inceleme alanı Yerleşime Uygun Alanlar (YUA), Önemli Alanlar (ÖA) ve Yerleşime Uygun Olmayan Alanlar (YUOA) olmak üzere yerleşilebilirlik grupları oluşturularak 1/25.000 ölçekli uygunluk haritası hazırlanmış ve EK A17 de verilmiştir. Bu yöntem ile yapılan yerleşime uygunluk analizi Bölüm 4’de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

### **1.2.2.2 Analitik hiyerarşi süreci yöntemi**

AHS bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, gerek kararı etkileyen kriterler ve gerekse bu kriterler açısından karar noktalarının önem değerleri, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır.

Karar hiyerarşisi kurulduktan sonra yapılacak uygunluk analizi için çalışma alanı; çok katlı binalar, orta katlı binalar, az katlı binalar, sanayi alanları ve açık-yeşil alanlar olmak üzere 5 farklı arazi kullanım kategorisine ayrılmıştır. İnceleme alanının yerleşilebilirliğini etkileyen kriterler, 5 farklı arazi kullanım kategorisi için sınıflandırılarak bir puanlama tablosu oluşturulmuştur. Verilen puanlar ile uygunluk analizi arasında pozitif bir korelasyon kurabilmek amacı ile standart bir puanlama yapılmıştır. En olumsuz duruma 0, en iyi duruma 4 puan verilmiştir. Daha sonra her

bir arazi kullanım kategorisi için kriterlerin birebir ve karşılıklı karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Karşılaştırma matrisindeki göreceli tercihleri ölçeklendirmek için Saaty tarafından geliştirilen 1-9 ölçeği kullanılmıştır. Oluşturulan karar matrisi ile yerleşime uygunluk kriterlerinin her bir arazi kullanım kategorisindeki ağırlıkları hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, inceleme alanının Çok Katlı Binalar, Orta Katlı Binalar, Az Katlı Binalar, Sanayi Alanları ve Açık-Yeşil Alanların yerleşimi için 1/25.000 ölçekli uygunluk potansiyeli haritaları hazırlanmıştır.

Bu haritalar EK A11, A12, A13, A14, A15 de verilmiştir. Bu yöntem ile yapılan yerleşime uygunluk analizi Bölüm 4’de ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

### **1.2.3 Kentsel alan kullanım kararında kullanılan yöntemlerin değerlendirilmesi**

Her bir uygunluk parametresi hesaplanan ağırlıkları ile çarpılarak CBS ortamında üst üste çakıştırılmıştır. Çakıştırma işlemi sonucunda her iki analiz yöntemi için çalışma alanının uygunluk haritaları oluşturulmuştur (Şekil 1.3).

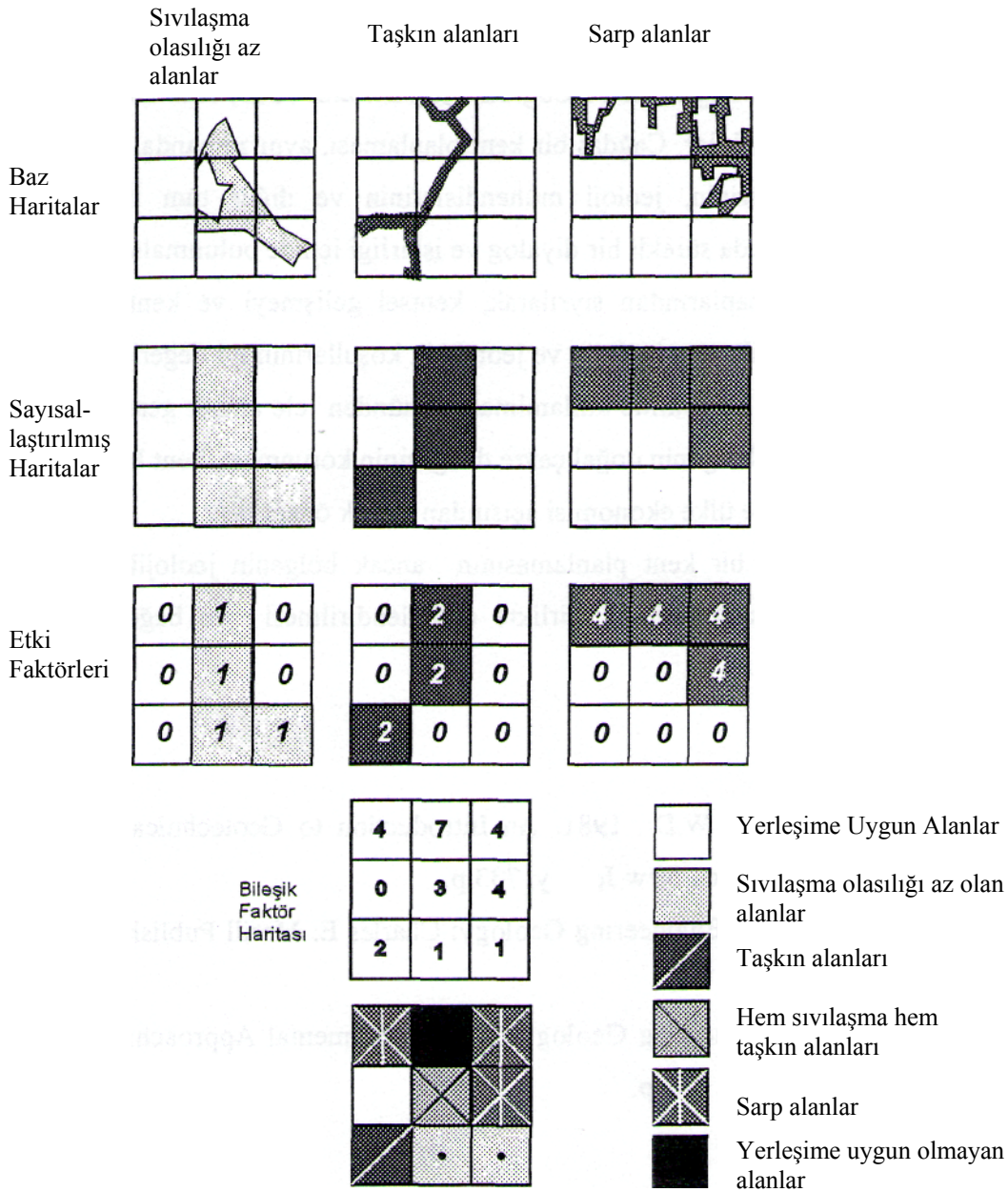
Son aşamada yapılan analizler sonucu ortaya çıkan uygunluk haritaları karşılaştırılarak, kullanılan yöntemlerin avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Her iki yöntem sonucunda çıkan haritalara bakıldığında çıkan sonuçlarının birbirleri ile belirli alanlarda tutarlı oldukları gözlenmiştir. Bu yöntemlerin değerlendirme sonuçları Bölüm 4’de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

## **1.3 Literatür Araştırması**

a) Harşit Vadisi Doğan kent (Giresun)-Yurtköyü (Gümüşhane) Arasının Yamaç Duraylılığı Açısından İncelenmesi. Dr. Rahmi EYÜBOĞLU, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi

Harşit Vadisi Doğan kent (Giresun)-Yurtköyü (Gümüşhane) Arasının Yamaç Duraylılığı Açısından İncelenmesi Adlı çalışmada EYÜBOĞLU, Harşit vadisi Doğan kent-Yurtköyü arasını kütle hareket riskine göre irdelemiştir. Bu amaçla su durumu, mekanik parametreler, ayrışma, yamaç eğimi, gerilme durumu, bitki örtüsü ve süreksizlikler gibi etmenlerin dikkate alındığı yarı sayısal karar matrisleri oluşturularak, etmenlerin önem ve önceliklerini saptamıştır. Buna göre bir risk değerlendirme kriteri tanımlayarak duraylı bölgeler dışındaki sorunlu olabilecek kesimleri dört farklı sınıfta toplamıştır. Burada kullanılan karar matrisinde, konuyu

doğrudan yönlendiren öğeler köşegen üzerinde yerleştirilmektedir. Satır toplamları etmenin derecesini (nedeni), sütun toplamları etkilenme düzeyini (sonucu) göstermektedir. Satır ve sütunlarda kullanılan sayı atamaları ise köşegen üzerindeki etmenlerin karşılıklı olarak kıyaslanmaları ile yapılmaktadır. İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde kullanılan karşılıklı etkileşim metodu kullanılarak uygunluk parametrelerinin etki ağırlıkları ve ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu ağırlıklar ile CBS ortamında yerleşime uygunluk haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 1.3 : CBS ortamında uygunluk haritalarının oluşturulması (Kasapoğlu, t.y.).

b) Fethiye Yerleşim Alanı Zeminlerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Jeoteknik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hazırlanması. Öznur KARACA, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi

Fethiye Yerleşim Alanı Zeminlerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Jeoteknik Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Hazırlanması adlı çalışmada KARACA, yerleşim alanında bulunan zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve jeoteknik haritalarının oluşturulması için elde ettiği tüm verileri CBS ile değerlendirerek Fethiye yerleşim alanının yerleşime uygunluk haritasını yapmıştır.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk değerlendirmesinde uygunluk parametreleri, haritalanma teknikleri ve veri tabanının oluşturulmasında kullanılmıştır.

c) İstanbul Metropolü Batısındaki (Küçükçekmece- Silivri- Çatalca Yöresi) Kentsel Gelişme Alanlarının Yer Bilim Verileri. Tamer Y. DUMAN, vd., MTA Özel Yayın Serisi- 3.

İstanbul Metropolü Batısı'ndaki (Küçükçekmece-Silivri-Çatalca Yöresi) Kentsel Gelişme Alanlarının Yer Bilim Verileri adlı çalışmada DUMAN vd, Marmara Denizi'nde son 30 yıl içerisinde olası bir büyük depremden etkilenmesi beklenen İstanbul Metropolü'nün batı kesimlerindeki kentsel gelişme alanlarında, bölgesel planlamalara temel olacak yer bilim verilerini ortaya koymuşlardır. Yer bilim verileri bölgesel planlamaya temel olacak ölçek ve nitelikte araştırılarak ortaya konmuştur.

Araştırılan jeolojik, jeomorfolojik ve hidrojeolojik özellikler, doğal afet kaynakları ve yer şekli fiziki yapısı hakkında toplanan bilgileri içeren tematik haritalar şeklinde üretilen veriler, bölgesel planlama ve uygulama açısından karar verici bir nitelik taşımamakta, ancak bu çalışmaları yönlendirici özelliği bulunmaktadır.

Çalışmanın amacı, bölgede yapılacak yer seçiminde, uygulama ve gelecekte kullanım aşamasında karşılaşılabilecek olan yanlış yer seçimi ve doğal tehlike konularına dikkat çekmek ve dolayısıyla gerçekçi planlama ve kullanımlara yardımcı olmaktır. İnceleme alanının yerleşime uygunluk değerlendirmesi için oluşturulan uygunluk kriterlerinden olan heyelan yoğunluk haritası, taşkın alanları haritası, zeminlerin sivilaşmaya yatkınlık haritası, arazi sınıfları haritası oluşturulmuştur.

Aynı zamanda sondaj verileri kullanılarak yeraltısuyu derinlik haritası oluşturulmuştur.

d) Kentsel Arazi Kullanımına Yönelik CBS Tabanlı Jeo-çevresel Hesaplamasına Örnek Bir Çalışma. F.C. Dai, vd.

Kentsel Arazi Kullanımına Yönelik CBS Tabanlı Jeo-çevresel Hesaplamasına Örnek Bir Çalışma adlı çalışmasında Dai vd jeo-çevresel hesaplamayı Çin'in kuzeybatısında bulunan Lanzhou şehri ve civarındaki kentsel alan için yapmışlardır. Bu hesaplama için topoğrafya, yüzey ve yeraltı jeolojisi, yeraltısuyu durumu ve önemli jeolojik tehlikeler faktörlerini kullanmışlardır. Kentsel arazi kullanımını, arazi kullanım ve proje planlamasına göre beş kategoriye bölmüşlerdir. Bunlar yüksek katlı binalar, orta katlı binalar, az katlı binalar, atık depolama ve doğal tabiatı koruma alanlarıdır. Her kategori için faktör ağırlıkları hesaplanarak uygunluk analizi yapılmıştır. Faktör ağırlıklarının hesaplamasında çok kriterli analiz tekniklerinden biri olan analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Her kategorinin uygunluk haritaları, ağırlıklı lineer kombinasyon ile faktörleri içeren bir algoritma kullanılarak oluşturulmuştur. Jeo-çevresel değerlendirmeler için CBS metodolojisinin çok üstün özellikleri olduğu bu çalışmada ispat edilmiştir. İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde kullanılan analitik hiyerarşi metodu için yapılan hiyerarşi kurulumundan faydalanılmıştır.

e) Küçükçekmece-Büyükçekmece Gölleri Arasındaki Alanın Yamaç Stabilitesi. İbrahim Halil Zarif, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi

Küçükçekmece-Büyükçekmece Gölleri Arasındaki Alanın Yamaç Stabilitesi adlı çalışmasında ZARİF, göller arası bölgede yamaçların duraylılığını etkileyen ve yapılarda hasarların oluşmasına neden olan zemin özelliklerini parametreleriyle birlikte ortaya koymuştur. Anılan çalışmadan inceleme alanının jeolojisi, hidrojeolojisi ve mühendislik jeolojisinin oluşturulmasında yararlanılmıştır.

f) Planlamada Jeolojik Eşiklerin Değerlendirilmesine İlişkin Analitik Bir Model Önerisi- Portsmouth ( İngiltere) Örneği. Şule TÜDEŞ, Gazi Üniversitesi

Planlamada Jeolojik Eşiklerin Değerlendirilmesine ilişkin Analitik Bir Model Önerisi- Portsmouth ( İngiltere) Örneği adlı çalışmasında TÜDEŞ kentsel alanlar için en doğru arazi kullanım yaklaşımlarını sunabilmek amacı ile coğrafi bilgi sistemleri ile çoklu kriter analiz tekniklerini entegre ederek, çoklu kriter karar destek sistemine dayalı analitik bir model geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmasında çoklu kriter analiz tekniklerinden biri olan analitik hiyerarşi yöntemini kullanmıştır. Modelin

oluşturulmasında; yüzey jeolojisi, yeraltı jeolojisi, yeraltı suyu taşıyan formasyonlar, taşkın tehlikesi, arazi kullanımı, eğim ve yükseklik kriterlerini kullanmıştır.

Oluşturduğu analitik modeli İngiltere'nin güney ucunda Portsmouth Kenti özelinde uygulayarak yüksek bloklar, orta katlı binalar, az katlı binalar, sanayi alanları, atık depolama alanları ve açık-yeşil alan kullanımları için test etmiştir. Haramidere-Küçükçekmece Gölü arasının yerleşime uygunluk değerlendirmesinde kullanılan analitik hiyerarşi yönteminden yararlanılarak uygunluk parametrelerinin ağırlıkları hesaplanmıştır.



## 2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

### 2.1 Coğrafi Konum ve Ulaşım

İnceleme alanı İstanbul'un batısında, Küçükçekmece Gölü ile Haramidere arasındaki bölgeyi kapsamaktadır. İnceleme alanı, kuzeyde Anadolu Otoyolu (TEM), doğuda Küçükçekmece Gölü, güneyde Marmara Denizi, batıda Haramidere ile sınırlanmıştır. Türkiye topoğrafik haritalarından 1/25000 ölçekli İstanbul F-21 d4, G-21 a2 paftalarını kapsayan çalışma alanının yaklaşık yüzölçümü 54 km<sup>2</sup>' dir.

İnceleme alanına ulaşım, kuzeyde Anadolu Otoyolu (TEM, O-2), güneyde D-100 (O-1) karayolu ile sağlanmaktadır. Aynı zamanda Avcılar deniz otobüsü iskelelerinden ve Kadıköy-Avcılar metrobüs ile de ulaşım sağlanmaktadır. İnceleme alanına ait yerbulduru haritası Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1 : İnceleme alanının yer bulduru haritası.

### 2.2 Morfoloji

İnceleme alanının topoğrafik özelliği düz ve az eğimli olmasıdır. Bölgedeki eğimler kuzeyden güneye doğru azalmaktadır. İnceleme alanında kıyı kuşağı boyunca yüksek

eğimli yamaçlar bulunmaktadır. Yamaçların çoğu, yüzepleri kesip daraltarak plato reliyefine dönüştüren akarsu vadi yamaçları şeklindedir. Bölgede akarsuların oluşturduğu epirojenik aşındırma vadileri gözlenmektedir. Bu vadiler yer yer 50 m.'yi geçen, eksenleri birbirine paralel veya paralele yakın doğrultu sunar. Kıyı bölgesinde yamaçlar gelişmiştir. İnceleme alanında en geniş alanı kaplayan yamaçlar ve bu yamaçların denizle ilişkili olduğu kesimler kütle hareketlerinin yoğun olduğu yerlerdir.

İnceleme alanının en yüksek yeri 137 m. kotundaki Havra Tepe'dir. Diğer önemli tepeler; Yakuplar Tepe (111 m.) ve Perde Tepe (96 m.) olup bölgedeki yükseklik kuzeye doğru artmaktadır.

### **2.3 İklim ve Bitli Örtüsü**

İnceleme alanında, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı Marmara iklimi gözlenmektedir. Bölge iklimi, Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliği gösterdiğinden belirgin bir iklim tipine göre değerlendirilmesi zordur. Bunun nedeni bölge tüm mevsimlerde aldığı yağışlarla Karadeniz iklimine, yazın ise yağışın az olması ile Akdeniz iklimine yaklaşmaktadır. Çalışma alanı, İstanbul içinde değerlendirildiğinde 34 yıllık gözlem süresinde 700-800 mm yağış yeteneği ile 3. derece yağış bölgesine girmektedir (İBB, 2001). Yıllık ortalama yağış miktarı 752.2 mm dolayındadır. Bölgesel yağışın ortalama yüksekliği 626.8 mm/yıl'dır. En fazla yağış düşen ay Ekim (239 mm), en az yağışlı ay ise Ağustos (1.8 mm)'dur. Genellikle Ekim ayında başlayan yağışlı dönem Mart ayında da devam etmekte ve Nisan'dan itibaren giderek azalan yağışlar Eylül ayı sonuna kadar uzanan bir kurak dönem oluşturmaktadır. Yıllık yağışın %79'u yağışlı dönemde (Ekim-Nisan) ve %21'i de kurak dönemde (Mayıs-Eylül) düşmektedir. Sıcaklığın yıl içindeki dağılımına bakıldığında, Ekim ayından Mart ayına kadar sıcaklığın azaldığı ve Nisan ayından itibaren artmaya başlayan sıcaklığın Eylül ayında da etkin olduğu görülmektedir. Kaydedilen sıcaklık değerlerinin ortalamasına göre en soğuk aylar Ocak (6.3°C) ve Şubat (6°C), en sıcak aylar Temmuz (25.2°C) ve Ağustos (27.4°C) ayları olup uzun yıllar sıcaklık ortalaması da 15.8°C'dir (Çizelge 2.1). Akarsuların debileri düşük olup kışın ve yağışlı mevsimlerde sellenme ve taşkın görülebilir. Bölgede vadilerin egemen uzanışları kuzey-güney olduğundan birinci derecede hakim rüzgar poyraz ve ikinci derecede hakim rüzgar olan lodosdur.

**Çizelge 2.1 : İnceleme alanına ait ortalama meteorolojik veriler (Florya gözlem istasyonu, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü).**

PARAMETRELER	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	6,3	6	7,4	9,7	16,1	21,5	25,2	23,9	21,6	15,1	15,4	9,9
En Yüksek Sıcaklık (°C)	15,1	16,8	20	19,5	27,6	29,4	32,3	32	30,8	23,8	24	23,1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-1,2	-1,6	-1,8	3,6	6,3	14,6	17,3	16,8	13,5	6,8	8,8	-0,9
Ortalama Nisbi Nem (%)	80,7	76,4	76,6	79,8	76,1	71,6	72,2	66,3	69,2	77,4	80,5	76,5
Ort. Basınç (mb.)	1015,9	1013,6	1018,3	1010,5	1011,4	1008,7	1007,3	1009,2	1010,2	1013,1	1011,1	1010,3
Günlük Top. Max. Yağış (mm)	62,8	21	35,2	92,8	21,4	18	34	13,2	55,6	239	26,8	130,6
Ort. Rüzgar Yönü (°)	128,2	85,8	133,7	140,6	110,4	105,8	132,4	91,7	89,8	86,2	197,3	188,6
Ort. Rüzgar Hızı (m/sec)	2,5	3	2,8	2,8	2,5	2,3	2,5	3,2	2,7	2,7	2,3	2,9
Maks. Rüzgar Yönü (°)	43,1	349,9	163,7	220	2,9	32,5	3,1	53	46,5	4	255	24,9
Maks. Rüzgar Zamanı (ss:dd)	815	1044	1141	729	435	1417	716	1034	1430	1430	1749	850
Maks. Rüzgar Hızı (m/sec)	15	14,1	17,2	16	12	12,2	12,9	15,5	15,9	20,1	18,6	17,6

Bu rüzgarlar ve su destekli heyelan etkileri daha çok vadilerin rüzgarlara açık olan yamaçlarında etkili olacaktır. Rüzgar hızı yağışlı kış aylarında artmakta, yaz aylarında ise azalmaktadır (İBB,2001). Ortalama rüzgar hızı 2,68 m/sn dolayındadır (Florya, DMİ).

Çalışma alanının yaklaşık 1/3' i ormanlarla kaplıdır. Bölgenin kuzeyi, Karadeniz yağışlı rejiminin etkisi altında olduğundan sürekli orman bölgesidir. Ormanların büyük çoğunluğu kayın ve meşeliktir. Akağaç, dişbudak, kavak, ıhlamur, kızılıçık oldukça fazla görülen ağaç türleridir.

## 2.4 Ekonomik Durum

Avcılar ilçesinde başta madeni eşya, dokuma ve giyim eşyası olmak üzere irili ufaklı 250 den fazla sanayi tesisi faaliyettedir. Buna göre nüfusun % 40'dan fazlasını işçiler, % 10'unu bölge esnafı ve memur kesimi oluşturmaktadır (Anadolu Yerbilimleri, 2011).

Enerji ve Endüstriyel hammadde yatakları, doğal yapı gereci ve agrega kaynakları çalışma alanında gözlenen başlıca doğal kaynaklardır. Bölgenin gereksiniminin karşılandığı ve önemli oranda çimento hammadde ve yapı malzemeleri sanayinde

kullanılan kil ocakları bulunmaktadır. Kum-çakıl ve taş ocakları araştırma alanında önemli bir potansiyele sahip olup işletmelerin yapıldığı çok sayıda ocak bulunmaktadır.

### **3.ARAŞTIRMA BULGULARI**

#### **3.1 Çalışma Alanının Jeolojisi**

İnceleme alanı, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan İstanbul il sınırları içinde olup Küçükçekmece Gölü ile Haramidere arasını kapsamaktadır. Bölgede yüzeyleyen Eosen, Oligosen ve Miyosen yaşlı Soğucak, Ceylan, Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy formasyonları önemli ölçüde tabandaki Trakya formasyonunun paleojeolojik konumundan etkilenmiştir. Paleo yükselimden dolayı havza yönünde, 10-15 derecelik ilksel eğimler ve çökel istifinde kalınlaşma görülmektedir. Pliyosen'den itibaren bölgede izlenen sıyrılma tektoniğine bağlı olarak gelişen Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun neden olduğu deformasyonlarla İstanbul yarımadası güneyindeki Neojen istifinde açık kıvrımlanmalar ve faylanmalar meydana gelmiştir (İBB, 2001). Bölgede yerleşimin artması sonucu yapısal unsurların ve mostraların izlenmesi güçleşmiştir. Bu nedenle yol yarmalarından, inşaat temel kazılarında, özel ve resmi kurumların bölgede yaptırmış olduğu su ve zemin sondaj verilerinden yararlanarak ve önceki çalışmalar ile korele ederek jeoloji haritası oluşturulmuştur.

yatay ve düşey istikametlerde görülmektedir. Gercüş formasyonunun kalınlığı 150-300 m olup, jips ve anhidrit tabakalarının kalınlığı birkaç cm ile 2-3 m arasında değişmektedir.

#### **3.2 Stratigrafi**

İnceleme alanında istifin en alt kesimini Eosen yaşlı, birbirleri ile yanal ve düşey geçiş gösteren resifal kireçtaşı ile temsil edilen Soğucak kireçtaşı ve kırıntılı kireçtaşı aratabakalı, kiltası, kumtaşı ve marn araldanmasından oluşan Ceylan formasyonu oluşturmaktadır. Bu formasyonların üzerine uyumsuzlukla Oligosen yaşlı kil, silt ve tuf litolojilerinden oluşan Gürpınar formasyonu gelmektedir. Gürpınar formasyonunun üzerinde açılı uyumsuzlukla, alttan üste doğru, birbirleri ile uyumlu

PALEOZOYİK		SENEZOYİK					ÜST SİSTEM
KARBONİFER	TERSİYER		MİYOSEN	ALÜVİYON	KUVATERNER	SİSTEM	AÇIKLAMALAR
	ALT	OLİGOSEN					
TRAKYA	SOĞUCAK	CEYLAN	ÇUKURÇEŞME	GÜNGÖREN	BAKIRKÖY	Qal	KILLI ve SİTLİ matris içinde kireçtaşı ve inşaat atıkları KUM, SİLT, KİL Seyrek çakılı <b>Diskordans</b>
	Ktr	Ts	Tç	Tgn	Tb	Qyd	
1500 <	~80	~50	15-70	0-40	5-15	0-10	KİREÇTAŞI, KİL Beyaz, tebeşirimsi, maktralı Kil ara katmanlı
							KİL, SİLT, KİLLİ KİREÇTAŞI Yeşilimsi, mavi, gri renkli, kum mercekli
							ÇAKIL, KUM, KİL Sarımsı, kahverenkli, tutturulmamış veya gevşek tutturulmuş killi, siltli ince kum <b>Diskordans</b>
							KİL Sarımsı yeşil, açık kahverengi renkli, orta kalın katmanlı, aşırı konsolide kil <b>Diskordans</b>
							KİLLİ KİREÇTAŞI, KİLTAŞI Beyaz, sarımsı, bej renkli ince orta katmanlı <b>Diskordans</b>
							RESİFAL KİREÇTAŞI Gri, bej, beyaz, karstik boşluklu bol fosilli, orta kalın katmanlı <b>Diskordans</b>
							KUMTAŞI, ŞEYL Yeşilimsi gri ve gri renkli ince orta tabakalı

Şekil 3.1 : İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.

kum, çakıl, kil ve silt bantları ile temsil edilen Çukurçeşme formasyonu, siltli, marnlı killer ile temsil edilen Güngören formasyonu, mactralı fosilli, kil ve marn ara seviyeli kireçtaşları ile temsil edilen Bakırköy formasyonu yer almaktadır. Orta-Üst Miyosen yaşlı bu birimler, vadi tabanlarında ve Küçükçekmece Gölünün kuzeyinde yer alan tutturulmamış kil, kum ve çakıldan oluşan Kuvaterner yaşlı alüvyonla uyumsuz olarak üstlenmektedir. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti Şekil 3.1 'de, çalışma alanının jeoloji haritası EK A1 de ve jeolojik enine kesiti ise EK A18 de verilmiştir.

### **3.2.1 Soğucak formasyonu (Ts)**

Kumtaşı ve kiltası ara seviyeli, bol fosilli kireçtaşlarından oluşan Soğucak kireçtaşı Druitt (1961) tarafından “Pınarhisar formasyonu” olarak adlandırılmıştır. Bu çalışma sonrası Kemper (1961) tarafından resif karmaşığı (resif, resif ilerisi, resif gerisi karbonat kayalar) “Kırklareli kireçtaşı üyesi” olarak ayırtlanmıştır. Daha sonra Keskin (1966) tarafından formasyon aşamasına yükseltilerek Kırklareli kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. MTA'nın yaptığı İstanbul metropolü batısındaki kentsel gelişme alanlarının yer bilim verileri adlı çalışmada da kullanılan bu adlama Oktay-Eren (1990) tarafından Soğucak formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada Soğucak formasyonu kullanılmıştır.

Bu birim, Küçükçekmece Gölü kuzeyinde ve Sazlıdere yamaçlarında yüzeyler. Tipik kesiti, Kırklareli ili Pınarhisar ilçesi Soğucak köyündedir (Duman ve diğ., 2004).

Killi kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Soğucak formasyonu, beyaz, sarımsı beyaz, veya grimsi, ince-orta katmanlıdır. Ara tabakalar halinde yumuşak marn katmanlarına da rastlanır. Formasyon içinde sert, kalın katmanlı, masif, resifal kireçtaşı düzeyleri de yer alır.

Soğucak formasyonu, kendi içinde üç farklı fasiyes özelliği gösterir. Bu fasiyesler; resif arkası (biyomikrit), resif, resif önü (kırıntılı kireçtaşı) dür.

Birbiriyle yanal ve düşey geçişli olan bu fasiyeslerden resif arkası fasiyesi, kalınlıkları alt kesimde 0.3-0.6 m. üst kesimde ise 1-1.5 m. kalınlığında biyomikritlerle kalınlığı 1-5 cm. arasında değişen, karbonatça zengin çamurtaşı ara tabakalarından meydana gelir. Tabakaların orta ve alt yüzeyleri çamurtaşlarıyla dereceli geçişlidir. İçlerinde bol miktarda Nummulites sp, tek mercan ve mollusk fosilleri mevcuttur. Ayrıca istifin üst kesimlerinde yoğun biyotürbasyon mevcuttur.

Biyolitit ya da resif fasiyesi yaygın olarak Küçükçekmece Gölü kuzeyinde ve kuzey-güney yönünde uzanır. Ayrıca gerek resif arkası ve gerekse resif önü fasiyesleri içinde küçük kamalar halinde izlenir. Genelde krem-bej-beyaz renkli, sert, tabakalanmasız ve yaygın karstik kireçtaşı özelliğindedir. Bu tür kayaçların içinde bol miktarda mercan, alg kolonileri bulunmaktadır. Aradaki bentik foraminifer, mollusk kavkısı, ekinid diken ve plak parçaları içeren mikritle doldurulmuştur.

Resif önü fasiyes kırıntılı kireçtaşlarından yapılmış olup resif molozunun havza içine doğru depolanmasıyla gelişmiştir.

Bu fasiyes alt kesimde sarımsı, bej renkli yanal olarak merceksel ve çok kalın tabakalı kırıntılı kireçtaşlarından yapılmıştır. Tabaka alt yüzeyleri genellikle aşınmalı ve kanallıdır. Tabakalar içinde normal derecelenme yaygın sedimenter yapı olmasına karşın tabaka üst kesimlerinde ince bir zon halinde paralel laminasyon izlenir. Fasiyesin alt kesimlerinde çökeltme üniteleri tabakalar çok kalın olmalarına karşın üste doğru incelirler. Tane boyları küçülür. Resif fasiyesinden taşınmış parçalardan yapılmıştır. Ayrıca içlerinde iri nummulites parçaları da bulunur. Fasiyeste ince-orta tabakalı kireçtaşı-sarımsı yeşilimsi kahverenkli karbonatça zengin çamur ardışımı haline dönüşür. Fasiyes içerisinde yerel olarak genişlikleri 10-200 m., kalınlıkları ise 1-5 m. arasında değişen moloz akım çökeltileri ile dolu derin kanal dolguları mevcuttur. Soğucak formasyonu, sığ ve dalgalı denizel bir ortamda, sıcak iklimde oluşmuş bir biyostermdir (İBB, 2001).

Kırıntılı kireçtaşı ve resif fasiyesinin sahada gözlenebilen kalınlığı 80 m.'dir. Formasyonun geometrisi doğudan batıya doğru giderek kalınlaşan bir örtü şeklindedir (Anadolu Yerbilimleri, 2011). Soğucak formasyonunun yaşı Orta-Üst Eosen'dir (İBB, 2001).

### **3.2.2 Ceylan formasyonu (Tc)**

Kireçli, bol fosilli şeyl-marndan oluşan Ceylan formasyonu, N.V Turkse Shell (1972) tarafından Pınarhisar formasyonunun İhsaniye üyesi olarak adlanmış, Yurtsever ve diğerleri (1993) tarafından formasyon aşamasına yükseltilmiştir. MTA'nın yaptığı İstanbul metropolü batısındaki kentsel gelişme alanlarının yer bilim verileri adlı çalışmasında bu adlama kullanılmıştır. Ünal (1967) ve Keskin (1974) Ceylan şeyli; Sonel (1983), Ercan (1990) , Oktay ve Eren (1992) Ceylan formasyonu adı altında çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmada Ceylan formasyonu adlaması benimsenmiştir.

Ceylan formasyonu, inceleme alanında Küçükçekmece Gölü kuzeyinden itibaren batıya doğru yaygın mostra vermektedir. Küçükçekmece Gölü kuzeyinde Azatlı ve Baruthane çevresinde tipik mostraları bulunur.

Ceylan formasyonu genellikle ince-orta tabakalı bej renkli kırıntılı kireçtaşı ara tabakalı yeşilimsi ve kahverenkli çamurlardan oluşur.

Birimi oluşturan çamurlar, ince paralel laminalanmalı yoğun pelajik fosil içerir. Kırıntılı kireçtaşı tabakalarının alt yüzeyleri aşınmalı, ve keskin, içleri derecelenmeli ve yaygın olarak paralel mikroçapraz tabakalanmalıdır. Üstten çamurlara geçişlidir.

Ceylan formasyonu Soğucak formasyonu ile yanal geçişli olup onu transgressif olarak örtmektedir. Bu formasyonun sınırı ile Gürpınar formasyonunun sınırı uyumsuzdur. Birim şelf ortamında çökelmiştir. Resif kireçtaşına ve resif gerisi fasiyesine oranla daha derindir. Ceylan formasyonunun genel geometrisi örtü şeklindedir ve yaklaşık 50 m. kalınlığındadır.

Ceylan formasyonu resif ilerisi çökme ortamında veya resiflerin gelişmediği kesimlerde karbonat platformunun derin kesimlerinde çökelmiştir (Duman ve diğ., 2004).

Ceylan formasyonunun yaşı, Soğucak formasyonu ile stratigrafik ilişkilerinden hareketle Orta-Üst Eosen'dir. Önü transgressif olması nedeniyle Alt Oligosen'i de kapsayabilir. Birimin Trakya'daki uzantıları Keskin (1974) tarafından Üst Eosen-Oligosen olarak yaşlandırılmıştır.

### **3.2.3 Gürpınar formasyonu (Tg)**

Trakya havzasında geniş alanlar kapsayan Gürpınar formasyonu, sarımsı-açık kahverengi, yeşilimsi killerden oluşmaktadır. Akartuna (1953) tarafından "Balıklı seri" veya "Karton Şeyli" olarak adlandırılan Gürpınar formasyonu, içerisinde çeşitli kalınlıklarda kum mercikleri ve karbonat çimentolu ince taneli, orta-kalın katmanlı kumtaşları yer alır. Tezcan ve diğ. (1977)'in İstanbul Belediyesi'ne hazırladığı "Yeni İskan Yöreleri Geoteknik ve Sismik Etüdü" çalışmasında, birimin tipik olarak Gürpınar köyü civarında görülmesinden dolayı ilk kez "Gürpınar formasyonu" adlanması kullanılmıştır.

Duman ve diğ. (2004)' nin Trakya'da ayırtlamış olduğu Danişment formasyonu, Gürpınar formasyonunun eşdeğeridir. Akartuna (1953)'nm ayırtladığı gre-marn-kil

birimi; Arıç (1955) ve Ternek (1987)'de Sarmasiyen olarak yaşlandırılan konjeryalı kireçtaşı ve marn, kireçtaşı, marnlı kireçtaşları, Gürpınar formasyonunun eşdeğeri olmalıdır. Karaburun yöresinde çalışan Oktay ve diğ. (1992), Karaburun formasyonunun Gürpınar formasyonunun karasal eşdeğeri olduğunu belirtmiştir. Gürpınar formasyonunun alacalı kilitaşları, Danişment formasyonunun (Umut ve diğ., 1983, 1984) Açmalar üyesi (Umut ve diğ., 1983), Gürpınar formasyonunun alt bölümleri, Danişment formasyonunun üst seviyelerine karşılık gelen Süloğlu formasyonu (Umut ve diğ., 1984; Saraç, 1987) ve Çantaköy formasyonu (Umut ve diğ., 1983) ile deneştirilebilir.

Bu birim Avcılar sahili boyunca, Esenyurt'un Haramidere ve Taşocak deresine bakan yamaçlar ile kısmen Küçükçekmece gölü kıyılarında gözlenmektedir. Birim çalışma alanı ve yakın çevresinde geniş yayılım göstermekte olup genellikle az eğimli alanlarla temsil olunur. Gürpınar formasyonunda egemen kaya türü başlıca ince kum-mil ara katkılı kil- kilitaş oluşturur. Kilitaş taze iken morumsu, yeşilimsi-koyu kül rengi; ayrılmış iken boz, açık külrengi, ince-orta katmanlı ve laminalıdır. Birim içinde silt, kum ve çakıl bantları gözlenmektedir. Gürpınar formasyonunu oluşturan kil yeşil-sarımsı yeşil renkli olup yüksek plastisiteye sahiptir (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2 :** Gürpınar formasyonunun yeşil killeri.

Gürpınar formasyonunun alt düzeylerinde tabanına yakın kesimlerinde gri, açık kahverengi, sarımsı, az tutturulmuş çakıltaşları bulunmaktadır.

Çakıllar karbonat çimentosu ile tutturulmuştur ve tane boyları değişkendir. Gnays, kuvarsit, granit türü kayalardan türemiş olan çakıllar bol miktarda kuvars ve feldispat içerir. Bej, açık gri ince-orta katmanlı, yer yer erime boşlukları bulunan congerialı kireçtaşı ara katmanları bu seviyenin üstünde bulunmaktadır. Kireçtaşında kil miktarının artmasıyla birlikte marn, killi marn, kil ve şeyle doğru geçişler gözlenmektedir. Marn, killi marn, kil ve şeylli seviyeye karton seri (balıklı seri) denilmektedir.

Bu seviye üstüne yeşilimsi gri renkli, fisürlü, orta-kalın katmanlı killer bulunmaktadır. Killi seviyeler içinde kötü derecelenmiş ve kalınlığı 10 metreye ulaşan kum ve çakıl mercekleri ile ince bantlar şeklinde linyit kömürü seviyeleri bulunmaktadır. Birimin kumtaşı seviyeleri gri, açık kahverenkli sarımsı, az tutturulmuş ve tatlı su fosillidir.

Kumtaşları; orta tabakalı olup kaba kum boyu taneli, teknesi çapraz katmanlı, mikalı ve bitki izlidir. Çakıltaşları ve kumtaşları merceksel olup silttaşı-kiltaşı içinde kamalanmaktadır.

Gürpınar yöresinde, Gürpınar formasyonu içindeki akarsu kanal çökellerinde gözlenen andezitik tüf ve tüfit parçaları (Sayar, 1977) bölgedeki andezitik bir volkanizmanın varlığına işaret eder. Birimin tabanındaki çakıltaşları akarsu fasiyesini; konjeryalı kireçtaşı, marn, killi marn ve şeyl olasılı sığ ve düşük enerjili lagüner ortamı; az tutturulmuş kumtaşı içerisinde bulunan tatlı su fosilleri ise lagüner ortamdan göl ortamına geçildiğini göstermektedir. Gürpınar formasyonu, Eosen döneminde denizin çekilmesi sonucunda Oligosen döneminde başlayan ancak oldukça kısa süren hızlı bir regresyon etkisi altında kalan bölgede oluşmuştur. Aynı dönemde karada başlayan yükseliş ile Oligosen denizi kuzeye doğru çekilmiştir. Oligosen sonuna doğru lagün ve bataklık konumu kazanan bölge Alt Miyosen'de de aynı özelliğini sürdürmüştür. Kiltaşı ve şeyl çökelleri bu ortamın ürünüdür. Gürpınar formasyonunun tüfitik kumtaşı ve tüfitik çakıltaşlarından oluşan kesimleri, göl ve göle akan akarsu ortamlarında çökelmişlerdir. Gürpınar formasyonu, inceleme alanında görülmeyen Eosen kireçtaşları ve Trakya formasyonunu uyumsuz olarak örtmektedir. İnceleme alanı içerisinde tabanı gözlenemeyen Trakya formasyonu,

daha genç birimlerce uyumsuz olarak örtülmüştür. İnceleme alanında yapılan gözlem ve araştırma sondajlarına göre Gürpınar formasyonunun 50 m.'den daha kalın olduğu düşünülmektedir (Belirti Ltd., 2001). Gürpınar formasyonu yer yer lamellibrans, gastropod vb kavkılı düzeyleri kapsar. Akartuna (1953), yapmış olduğu çalışmalarda karton seri içinde bulduğu balık fosillerine dayanarak birimin yaşını Miyosen olarak ortaya koymuştur. Arıç (1955), Miyosen (Sarmasiyen) yaşını vermiş, Rückert-Ülkümen (1960), aynı bölgede bulmuş olduğu balık fosillerine göre Sarmasiyen'e ait olduğunu ve karton serinin manganezli seviyelerindeki Oligosen faunasına ait olduğunu kabul etmiştir.

Sönmez-Gökçen (1964) tarafından istif içinde üste doğru mollusk kavkısı (tatlı su fosilleri olan *Congerina* sp ve *Melanopsis*) bulunduğu belirtilmiştir. Bu fosillere göre formasyonunun yaşının Stampiyen (Oligosen) yaşında olduğu ileri sürülmüştür.

### **3.2.4 Çukurçeşme formasyonu (Tç)**

Çukurçeşme formasyonu, omurgalı fosili kapsamı nedeniyle kemikli kum olarak bilinmekle birlikte ilk kez kemikli kum ve çakıllar Arıç (1955) tarafından litolojik olarak tanımlanmış ve haritalanmıştır. Arıç (1955), Rami'nin kuzeyinde Çukurçeşme'de en iyi görülmesinden dolayı birimi Çukurçeşme formasyonu olarak adlandırmıştır. Aynı adlamayı Sayar (1977) Halkalı Grubu'nun en yaşlı üyesi için kullanmıştır.

İstanbul'un güneybatısında Üst Miyosen (Senozoyik) yaşlı serinin en alt seviyesini temsil eden Çukurçeşme formasyonu; kil, marn mercer ve araseviyeli, omurgalı fosilli kum ile çakıllardan oluşmaktadır.

Sayar (1976) bazı çalışmalarında, Çukurçeşme formasyonunu İkitelli formasyonu veya Çukurçeşme üyesi olarak da adlandırmıştır. İlk kez Arıç (1955)'ın yaptığı üçlü litolojik ayırım (çakıl, kum, silt) Çukurçeşme formasyonunun karşılığıdır. Formasyonun çakıllı seviyeleri (çakıltaşları) Umut ve diğ., (1983) tarafından adlandırılan Ergene formasyonunun Yarmatepe üyesi, kumlu seviyeleri (kumtaşları) ise Velimeşe üyesi ile deneştirilebilir. Bayrak ve Murat (1990) birimi, Küçükçekmece formasyonu içinde göstermişlerdir. Ferstl (1961), çalışmasında Çukurçeşme formasyonu karşılığı litolojileri, konglomera (Pl) simgesiyle tanımlamış ve Alt Pliyosen yaşını vermiştir. Ayrıca Çukurçeşme formasyonun, Trakya

havzasındaki eşdeğeri Ergene Grubunun Kurtdere formasyonu veya Çorlu formasyonudur (Yurtsever, 1996).

Bölgede çok geniş bir yayılım gösteren Çukurçeşme formasyonu başlıca Avcılar bölgesinde özellikle batıda sırtların etek kısımlarında ve vadi içlerinde yaygınca gözlenmektedir. Küçükçekmece Gölünün kuzeyinde ve batısındaki yamaçlarla Ambarlı vadisinin tabanına yakın kesimlerinde bulunmaktadır. Ayrıca Haramidere, Esenyurt, Firuzköy yamaçlarında ve inceleme alanında düşük eğimli olan yüksek alanlarda yüzeylemektedir. Çukurçeşme formasyonu sarı, gri beyaz, kirli beyaz renkli, tutturulmamış veya az tutturulmuş, genelde tabakasız, yer yer çapraz tabakalı, diş ve kemik fosilli, ince-orta taneli, orta ve iyi boylanmalı, yer yer siltli ve kil bantlı kum ve çakıllardan oluşur (Şekil 3.3).



**Şekil 3.3 :** Esenyurt Haneplus İnşaatı temel kazısında Çukurçeşme formasyonu.

Pelecypod, gastropod, bitki fosilli, yer yer silisleşmiş ağaçlı ve bazı kesimleri bol mikalıdır. Çukurçeşme formasyonunda merceklenme, kamalanma ve çapraz tabakalanma görülmektedir. Mostrada gözlenen çapraz tabakalanma, birimin çökelişi sırasında taşınma veya su seviyesinde bir takım değişimlerin olduğunu ya da taşınma ile beraber gelişen bir aşınmanın varlığını göstermektedir. Tane boyutuna

göre renk değişimi gözlenen birimde hakim renkler kırmızımsı sarı, sarı, beyazımsı sarıdır. Çukurçeşme formasyonu alt seviyeleri çok ince-ince tanelidir, üst seviyelere doğru tane irileşmesi gösterir. Köşeli, az yuvarlak, az tutturulmuş çakıllar alt seviyelerde yaygın olarak gözlenmektedir. Üst seviyelerdeki kumlarla düşey ve yanal geçişler göstermektedir. Büyükçekmece'den Küçükçekmece'ye doğru birimin tane boyu küçülmektedir. Çakıllı seviyelerde çapraz tabakalanma daha belirgindir. Çakıllı seviyeleri kırmızımsı kahve renkli olup, çapları 1-10 cm. arasında değişir. Bu seviyeler çoğunlukla kuvars, kuvarsit, jasp, opal, kalsedon, grovak, killi şist, mikaşist, ayrıışmış trakit ve andezit çakılları ile sürüklenmiş ve kısmen cilalanmış kemik parçaları içermekte ve iyi bir derecelenme ile kumlu seviyelere geçmektedir. Çukurçeşme'de birimin üst seviyeleri, sarı, kırmızımsı, bazı yerleri morumsu renkli, çapları 30 cm.'ye varan kuvars, grovak ve killi şist çakıllı kum ve çakıltaşlarından oluşur. Kumlar, ince kil ve marn bantlı veya mercekli olup tebeşir ve kil topaklıdır. Formasyon içinde, kalın sarı ve mavi kil ile maktralı kalker ve marn ara seviyelerine rastlanılır. İnce siltli kum seviyelerde bol mikalı kesimler bulunmaktadır. Çalışma alanında formasyon içerisinde seyrek kil ve silt merceklerinin bulunduğu kum ve çakıllar da gözlenmektedir. Kumların tane boyları ince kumdan kaba kuma kadar değişmektedir.

Çukurçeşme formasyonu, göl ortamına gelen akarsu ve delta ortamı ürünlerden oluşmuştur. Dereceli olarak göl ortamına geçmektedir. Formasyon içerisinde görülen malzemenin kötü boylanmış olması, çakılların yassılığı ve içinde şerit şeklinde taşınmış kömür oluşuklarının gözlenmesi birimin yüksek enerjili ortamda çökeldiğini gösterir. Gözlenen fosiller de gölsel ortamı işaret eder. Üst Miyosen yaşlı Çukurçeşme formasyonunu oluşturan birimler, yüksek enerjili ortamda hızlı taşınma ve aşınma sırasında, zaman zaman denizle bağlantısı olan bir göl ortamında çökelmişlerdir. Sarmasiyen'in sonuna doğru deniz gerilemiş, düşük enerjili acı su kapsamlı, sıcak ve sığ iç denizde kil oranı fazla olan Mactralı kireçtaşlarından oluşan Bakırköy formasyonu çökelmiştir. Çukurçeşme formasyonu, fosil içeriğine göre Alt Miyosen yaşlı olup Oligosen (Senozoyik) yaşlı Gürpınar formasyonunu açılı uyumsuz olarak örtmektedir. Üzerinde yer alan Güngören formasyonu ve Güngören formasyonunun ayırtlanmadığı yerlerde Bakırköy formasyonu ile yanal ve düşey yönde tedrici geçişlidir. Çukurçeşme formasyonunun kalınlığı paleotopografyaya ya da çökelim ortamına bağımlı koşullara göre oldukça değişkendir. Genellikle 20-80

m. kalınlıktadır. Ancak Firuzköy ve Esenyurt doğusunda kalınlığının 70-80 m. olduğu gözlenmiştir. Avcılar bölgesinde yapılan Belirti Ltd. Şirketine (2001) ait sondajlarda ise 3-25 m. arasında değişen kalınlıklarda  l lmüştur. Birimin kalınlığı kuzeyden güneye doğru artmaktadır.

### **3.2.5 Güngören formasyonu (Tgn)**

İstanbul'un güneybatısında ve özellikle Güngören ilçesi civarında, yeşil renkli, üst seviyelerinde kirli beyaz renkli maktrali kireçtaşı ara seviyeli, kum cepli, kil ve marnlardan oluşan Güngören formasyonu, ilk olarak Sayar (1976) tarafından adlandırmıştır. Sayar (1989) birimi, Küçükçekmece ile Büyükçekmece arasındaki alanda Çukurçeşme formasyonu ile Bakırköy formasyonunun arasında, haritaya alınamayacak büyüklükte, ince bir bant Şeklinde uzandığı için ayırtlamamış ve litolojik benzeri olan Bakırköy formasyonu içinde bırakmıştır. Ayrıca bu birim, bazı çalışmalarda Süleymaniye formasyonu olarak ayrıca adlandırılmıştır (Arıç, 1955).

Güngören formasyonu, Arıç (1955)'in kil ve marnlarının; Temek (1987)'in plaket kireçtaşı ve maktrali kireçtaşı ara seviyeli kil ve marnların; Sayar ve Pamir (1933)'in molusk ve maktra kırıntılı beyaz kavkılı marnlarının karşılığıdır. Birimin Trakya havzasındaki eşdeğeri Ergene grubunun  elebi formasyonu olarak belirtilmiştir (Yurtsever, 1996).

Güngören formasyonu Küçükçekmece g l n n batısında, Güngören  evresinde, Ambarlı, Esenyurt yamaçlarında yüzeylemektedir. Birim, Bakırköy formasyonunun oluşturduğu tepe d zl klerinden az eğimli yamaçlarında, Avcılar ve Firuzköy'un yer aldığı sırtın Küçükçekmece gölüne bakan doğu yamacında gözlenmektedir. Küçükçekmece gölüne bakan yamaçlardan Büyükçekmece gölüne doğru kalınlığı gittikçe azalmaktadır.

Güngören formasyonu, koyu ve açık mavimsi gri, yeşil renkli, yumrulu ayrışmalı, gastropodlu, bitki ve yaprak izli, maktrali kirli beyaz renkli killi kireçtaşı ara tabakalı kil ve marnlardan oluşur. Killi kireçtaşı-kil ardalanımlı Bakırköy kireçtaşına geçişte sıklışır. Killi kireçtaşı seviyeleri içeren kesimleri beyaz, krem, yeşilimsi mavi renkli, yumuşak, düzensiz ince tabakalı yer yer kum mercekli kil içermektedir.

Genelde katı-çok katı kıvamda izlenen kil üst kesimlerine doğru artan karbonat miktarına bağlı olarak karbonatlı kil ve giderek marn karakteri kazanır. Marn, beyaz

ve kirli beyaz renkli, yumuşak, ince tabakalıdır. Yüzeğe yakın yerlerde organik madde zenginleşmesiyle rengi kahverengiye dönüşmektedir.

Güngören formasyonu bol mikalı (muskovit) ve kuvars gereçli, çapraz katmanlı kum-kil ardışıyla başlar, daha üstte birimin egemen kaya türünü oluşturan yer yer makrofosil kavkılı yeşil killeri yer alır. Birim içinde yer yer silt ve kum bantları gözlenmektedir. Güngören formasyonunu oluşturan yeşil, sarımsı yeşil renkli katı killerin plastisitesi yüksektir. Çukurçeşme formasyonunun Güngören formasyonuna geçiş yerlerinde karbonatlı seviyeler gözlenmektedir (Şekil 3.4). Bu nedenle bazı kesimlerde çok ince laminasyon gösterir. Birimin kumlu kesimleri gri, sarı, açık kahverengi ve az tutturulmuştur. Siltli seviyeler ince tabakalı, grimsi beyaz renklidir. Birim, Çukurçeşme formasyonu üzerinde ince kumlu-siltli kil seviyeleri ile başlar ve giderek koyu yeşil-yeşilimsi gri renkli, siltli kil ve fisürlü kil düzeyleri ile devam etmektedir. Bu birimin alt seviyelerinde kum ara seviyeleri ve mercekleri gözlenmektedir.



**Şekil 3.4 :** Güngören formasyonunun plastisitesi yüksek yeşil killeri.

Güngören formasyonu seyrek olarak kömürlü kil ara düzeyi içerir. Birimin içinde yüksek karbonlu, organik, hatta yer yer kömürleşmiş seviyeler gözlenmektedir. Üst kesimlerinde artan karbonat çökelimi nedeniyle kireçtaşı ara seviyeleri görülmeye başlar ve kil ara tabakalı kireçtaşları ile Bakırköy formasyonuna geçiş

gösterir. Güngören formasyonu, karadan iri malzemenin az geldiği, düşük enerjili, zaman zaman deniz bağlantılı, durgun göl ve bataklık ortamında çökelmiştir. Sedimanter yapısı ve bünyesinde bulunan macra ve gastropoda fosilleri de bu birimin gölsel fasiyeste çökelmiş olduğunu göstermektedir.

Erentöz (1953) İstanbul'un batısındaki Neojen'e ait bütün birimleri Sarmasiyen'e dahil etmiştir. Arıç (1955) ise Küçükçekmece formasyonu olarak adlandırdığı Neojen yaşlı birimlerin macra, helix, omurgalı diş ve omur içeriğine göre birim, altındaki ve üstündeki Çukurçeşme ve Bakırköy formasyonları gibi Sarmasiyen (Üst Miyosen) yaşındadır.

Güngören formasyonu, altında bulunan Çukurçeşme formasyonu ve üstüne gelen Bakırköy Formasyonu ile yanal ve düşey tedrici geçişlidir. Bu nedenle kalınlığını kesin olarak belirlemek zordur.

Avcılar bölgesinde yapılan Belirti Ltd. Şirketine (2001) ait sondajlarda 5-25 m., bir noktada ise 40 m. kalınlıkta ölçülmüştür. Ancak, bu sondajın bir heyelan alanında yer alması nedeni ile bu kalınlık güvenilir bulunmamıştır. Formasyon'un kalınlığı genelde güneye doğru artmaktadır.

### **3.2.6 Bakırköy formasyonu (Tb)**

Beyaz, kirli beyaz renkli, alt seviyesi kiltası-kireçtaşı ardalamalı, yeşil renkli ince katmanlı kil ara seviyeli, maktrali kireçtaşlarından oluşan Bakırköy formasyonu, ilk kez Arıç (1955) tarafından litoloji birimi olarak haritalanmıştır.

Bolca lamellibrans kapsamı ayırt edici özelliğidir. Bu nedenle birim, "Mactrali kalkerler" (Arıç, 1955; Sayar, 1962; 1976), "Bakırköy formasyonu" (Sayar, 1976), "Bakırköy kireçtaşı" (Sayar, 1977) ve "Bakırköy üyesi" (Sayar, 1989) adlarıyla incelenmiştir. Bakırköy formasyonu İstanbul'un tarihsel gelişim çağlarından beri taş gereksinimini karşılamıştır.

Sayar ve Pamir (1933) Bakırköy formasyonuna Melanopsisi ve Mactrali kireçtaşı bantları, Ternek (1987) Mactrali kireçtaşları, diğer çalışmalarında Bakırköy kireçtaşı olarak adlandırmışlardır.

Trakya havzasındaki Sinanlı formasyonu (Umut ve diğ., 1983; Umut, 1988) ile İğneada yöresindeki Mert formasyonu, Bakırköy formasyonunun kuzeybatıdaki karşılığıdır (Yurtsever, 1993).

Bakırköy formasyonu, Küçükçekmece ile Büyükçekmece arasındaki sırtlarda, Avcılar, Firuzköy, Esenyurt civarında yaygın mostra vermektedir.

İnceleme alanı içerisinde diğer birimlerin en üstünde, deniz seviyesine göre yüksek kotlarda, eğimin yatay ve yataya yakın olduğu tepe ve düzlüklerde gözlenmektedir. Avcılar ve Esenyurt'ta yerleşim alanları bu tepe düzlüklerinde kuruludur. Bakırköy formasyonu yeşil renkli kil aratabakalı, genelde beyaz, kirli beyaz renkli değişik kalınlıktaki Maktra'lı kireçtaşından oluşur. Kil-kireç oranı çok değişkendir. Alt düzeylerde kil oranı, üst düzeylerde ise kireç oranı artmaktadır. Formasyonun alt düzeylerini oluşturan yeşil renkli kil katmanları yer yer 5 m.'den fazla kalınlığa ulaşmaktadır. Üst seviyede kireçtaşlarının içinde yer alan yeşil renkli killi seviyeler, ince-orta katmanlı, fisürlü ve yer yer karbonatça zengindir. Bakırköy kireçtaşının, kil içeriğinin artması ile killi kireçtaşı veya fosil kavkı ve iç kalıplarının yoğun olduğu kesimleri de gözlenmektedir. Formasyonun bu kesimlerinde sparitik doku gelişmiştir.

Bakırköy formasyonu genel olarak kireçtaşı ile temsil edilir (Şekil 3.5). Kireçtaşı tabakaları arasında seyrek ve ince marn ile kil seviyeleri bulunmaktadır. Kil seviyeleri yumuşak, laminalı, mavi-yeşil renkli ve plastiktir. Kil-marn ara tabakaları yer yer 10-50 cm. kalınlığındadır. Kireçtaşları genel olarak 30-50 cm., maksimum ise 110 cm. kalınlıklıdır. Bakırköy formasyonu içinde karst yapıları gelişmiştir.

Bakırköy formasyonu yaygın Maktra'lı, Melanopsis, Theodoxus ve Helix seviyeli, bol fosil iç kalıplıdır.

Birimin tabanı kil ve seyrek kirli beyaz killi kireçtaşı ardalanımıyla başlayan tatlı su fasiyesli; düzensiz tabakalanmalı, beyaz mikritik bir kireçtaşıdır. Erime boşluklu, kırıklı ve inceden kalına doğru değişen tabakalı kireçtaşları yer yer oolitik ve tebeşirimsidir.

Bakırköy formasyonu, içeriğindeki kil oranının fazla olması ile düşük eneijinin, Mactra oranı ise acı ve sıcak denizin varlığını gösterdiğinden dolayı zaman zaman denizle bağlantılı, sıcak ve sığ Sarmasiyen iç denizinin ürünüdür.

Sayar ve Pamir (1933), Küçükçekmece civarında tesbit ettikleri Mactra ve Melanopsis fosillerine, Erentöz (1953) ve Arıç (1955), Melanopsis ve Helix fosillerine, Ülkümen (1960), Melanopsis, Congeria ve Unio fosillerine dayanarak birimin Sarmasiyen yaşında olduğunu belirtmişlerdir.

Bakırköy formasyonu, altındaki Güngören formasyonu ile yanal ve düşey yönde dereceli geçişlidir ve inceleme alanında üst sınırı gözlenmez. İnceleme alanının yüksek kesimlerinde dayanımlılığı ve stratigrafik konumu nedeni ile oldukça düz bir topoğrafya oluşturmaktadır. Kuvaterner yaşlı birimler, Bakırköy formasyonunun üzerine uyumsuz olarak örter. Bakırköy formasyonunun yüzeylemeleri güncel aşınmaya açık olduğundan kalınlığı tam olarak bilinmemektedir. İnceleme alanı ve çevresindeki eski çalışmalara ve bölgede yapılan sondajlara göre kalınlığı genelde 25-30 m.'dir. Bakırköy formasyonunun kalınlığı kuzeye doğru azalır. Bu kalınlık inceleme alanı içinde 5 -15 m.'ye kadar düşer.



**Şekil 3.5 :** Avcılar Park İnşaatı temel kazısında Bakırköy formasyonu kireçtaşları.

### 3.2.7 Alüvyon (Qal)

İstanbul yarımadasındaki geniş alüvyonlar, Büyükçekmece gölü ile Küçükçekmece gölü kuzeyindeki vadilerde uzanır. Alüvyon oluşumları tipik olarak inceleme alanının batı sınırını oluşturan ve kuzeydoğu-güneybatı yönünde akan Haramidere içinde görülür (Şekil 3.6).

Ayrıca Taşocak deresinin Küçükçekmece gölüne döküldüğü alanlarda geniş yayılım gösteren alüvyon, gevşek tutturulmuş çakıl, kum, silt ve kilden oluşmaktadır.

Çakıllar, genellikle ince seviyeler ya da alüvyon içinde çok ince boyutlarda saçılmış taneler şeklinde bulunmaktadır. Çalışma alanında alüvyon, kahverengi renkli kumlu, yer yer çakıllı kil-silt ve killi siltli kum içermektedir.

Alüvyonun tabanından itibaren yaklaşık 2 m.'lik kısmı çakıllı, üst kısmı ise kum ve siltli kumdan oluşmaktadır. Alüvyonun altında killi-marnlı kireçtaşı yer almaktadır. Genelde tutturulmamış kil-silt-kum ve ufak çakıllı seviyelerin birbirleriyle geçişli ve ardalanımından oluşan alüvyon inceleme alanında birkaç metre kalınlık sunar.

Kuvaterner yaşlı çalışma alanındaki alüvyon, formasyonlar üzerine uyumsuz olarak gelir, alüvyonun dolgu ile geçişi uyumsuzdur.



**Şekil 3.6 : Haramidere alüvyonları.**

### **3.2.8 Yapay dolgu (Qyd)**

Hafriyat dökümü ve sahil dolgularından (kontROLSÜZ dolgu) oluşan yapay dolgular inceleme alanında geniş yüzeylemeler vermektedir. Yapay dolguların kalınlıkları 2 - 3 m.'den fazladır. Dolgular; genel olarak kum, kil, moloz, tuğla parçaları, vb. bileşenlerden oluşmaktadır. Esenyurt çevresindeki dolgu alanlarında kireçtaşı, killi kireçtaşı, kil gibi malzemeler görülürken, Avcılar sahil kesimindeki dolgular,

ağırlıklı olarak taş ocaklarından getirilen genellikle çakıl ve blok boyutlu bileşenlerden oluşurlar. Dolgu kalınlıkları 0 -10 m. arasındadır.

### **3.3 Yapısal Jeoloji**

İnceleme alanı içerisinde Haramidere ve Avcılar'ın orta kesiminde yer alan küçük vadinin küçük ölçekli yırtmaç (menteşe) faylar üzerinde oturduğu gözlenmiştir. Bu özellik Marmara denizinin kuzey kıyılarında yer yer gözlenebilmektedir (Belirti Ltd., 2001). İnceleme alanı içerisindeki birimler yaşları ile orantılı olarak sıklıkla değişen kıvrımlanma ve deformasyon özellikleri gösterirler.

Paleozoyik yaşlı jeolojik birimler çok fazla kıvrımlanma nedeni ile oldukça karmaşık bir yapı gösterirken, Tersiyer (Senozoyik) birimleri genellikle yaşlıdan gence doğru azalan ölçüde güneye doğru eğimlidir. Birimler sahilde genellikle yatay veya yataya yakın konumdadırlar.

Sahilde kopmuş blok halinde gözlenen Bakırköy formasyonunun kireçtaşı mostralalarında ise kireçtaşı 10-15° kuzey-kuzeybatıya dalımlı olarak izlenmektedir. Bu eğimlerin bloğun heyelan ile kayması sırasında rotasyonel olarak kuzeye doğru meyil kazanması ile ilişkilidir (Belirti Ltd., 2001).

#### **3.3.1 Tabakalar**

Çalışma alanındaki birimler genel özellik olarak ya çok düşük eğimli ya da yatay tabakalıdır. Tersiyer yaşlı birimlere ait tabaka eğimleri ortalama <15°, yatay ve yataya yakındır.

Duraylılığı yüksek olan tepelerde ve sırtlarda yatay tabakalaşma izlenmektedir. Yamaçlardaki tabakaların eğimli olduğu ve hatta duraylılığın bozulduğu kesimlerde, genç tortul istiflerinin tabaka eğimlerinin arttığı görülmektedir (Gündüz,2006). Soğucak kireçtaşı belirsiz bir tabakalanmaya sahiptir. Bu formasyona ait killi kireçtaşı ve marn düzeyleri ince-orta tabakalanmalıdır. Tabaka doğrultusu KB ile KD, eğimi ise 5-15° KD, KB ve GD'ya dır. İnce-orta tabakalı Ceylan formasyonuna ait kiltası ara seviyeli kireçtaşlarının tabakalanma doğrultusu KB olup eğim yönleri KD ve GB'yadır (Zarif,1996).

İnceleme alanında Gürpınar formasyonunun tabaka doğrultularının KB uzanımlı, eğimlerinin 3-16° KD ve GB' ya olduğu gözlenmiştir. Formasyonun içerdiği marn,

killi marn, kil ve şeyi düzeyleri orta-kalın tabakalanmalıdır (Zarif,1996).Yataya yakın konumdaki Çukurçeşme formasyonu yer yer çapraz tabakalanmaya sahiptir. Güngören formasyonu ince olup genellikle yatay veya yataya yakın tabakalanmaya sahiptir. Bakırköy formasyonuna ait kil ara seviyeli kireçtaşlarında ince-kalın tabakalanma gözlenmektedir. Formasyonun tabakalanma doğrultusu KB-GD, eğimi ise genelde yatay olup yataya yakın olduğu alanlarda eğim yönü KD'dur (Gündüz, 2006).

### **3.3.2 Kıvrımlar**

Çalışma alanında haritada gösterilecek ölçüde önemli sayılabilecek bir kıvrım yapısı yoktur. Bölgenin tabanında bulunan ancak çalışma alanında görülmeyen temel birimlerinin litolojileri ve yapısal özellikleri bir çok araştırmacı tarafından incelenmiş, değişik evrelerde ve fazda gelişmiş tektonizmanın etkisi gözlenmiştir. Temel birimler etkin K-G gerilmelerinin etkisi altında kalmıştır. Genç çökeller ise yataya yakın tabakalanmalarıyla deformasyonlardan oldukça korunmuş düzenli yapıları ile dikkati çekerler (Gündüz, 2006).

İnceleme alanı yakın dolayında K-G eksen gidişli ve dik açılı kıvrımların yanı sıra inceleme alanı içinde yine K-G gidişli doruklar yer almakta ve bu doruklara paralel dereler Marmara denizine kadar uzanmaktadır (Gündüz, 2006).

### **3.3.3 Çatlak sistemleri**

Çalışma alanında gözlenen bir yapısal unsur Gürpınar killerinde gözlenen fisürlerin çokluğu ve Bakırköy kireçtaşlarındaki belirgin tabakalaşma düzlemleridir. Bakırköy formasyonunda ikincil kalsit tarafından çoğunlukla iyi dolgulanmış çatlaklar, genelde fazla gelişkin olmayan karstik erime kanalları ve çukurları belirtilmesi gereken diğer yerel jeolojik yapı öğeleridir (Gündüz, 2006).

İnceleme alanında kaya ortamı oluşturan Bakırköy formasyonunun kireçtaşı birimi içinde saptanan bazı küçük kırıklar ve karstlaşmaya bağlı erime boşlukları dışında önemli olabilecek ikincil süreksizlik türleri görülmemektedir (İTÜ Vakfı, 1997).

Çalışma alanındaki yamaçlarda stabiliteye ve kütle hareketlerine etki eden ana unsur, bugünkü morfolojinin şekillenmesinde etken olan süreksizliklerdir. Çalışma alanında Marmara denizi ve Küçükçekmece gölüne bakan yamaçlarda özellikle zemin özelliği gösteren Çukurçeşme, Güngören ve Gürpınar formasyonlarında kütle

hareketleri gelişmiştir. Bu hareketler en üstte bulunan ve kaya özelliği gösteren Bakırköy kireçtaşlarının tabaka yönelimlerini değiştirmekte ve farklı konumlar kazanmasına neden olmaktadır.

İnceleme alanındaki Soğucak formasyonuna ait resifal kireçtaşlarında belirgin eklem düzlemleri gelişmiştir. Egemen doğrultuları KB ve KD olan bu çatlakların eğimleri düşeye yakındır. Çatlaklar karstlaşmayı ve yeraltısuyu hareketini denetlemektedir (Zarif, 1996).

### **3.3.4 Faylar**

İnceleme alanı yakın dolayında K-G doğrultusunda uzanan ve mühendislik jeolojisi açısından önem taşıyan genç düşey fayların varlığı düşünülmektedir. Düşey atımı oldukça az bu faylar genç formasyonları kesmektedir. Genç çökellerin yüksek kotlarda yer alabilmesi, kuzey-güney doğrultuda uzanan dereler boyunca gelişmiş fayların ve bu faylara paralel dorukların bölgenin yükselimine de bağlı olarak bugünkü konumlarını muhtemelen güncel evrede kazanmaya başlamış olmalarını gerektirmektedir (Gündüz, 2006).

## **3.4 İnceleme Alanının Jeolojik Evrimi**

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeybatı kesiminde yer alan Trakya havzasının güneydoğu ucunda yer almaktadır. Trakya havzası, yaşı Eosen'den Pliyosen'e kadar ulaşan birimlerden oluşmaktadır (Keskin, 1974; Doust ve Ankan, 1974). Trakya havzasının kuzey kesimlerinin temelini Üst Kretase öncesi yaşlı, Istranca masifi olarak bilinen metamorfik kaya topluluğu oluşturmaktadır (Keskin, 1974). Havza güneyinde ise temel, Üst Kretase ve Paleosen yaşlı ofiyolitik melanj ve yığışım kompleksi ile temsil edilmektedir (Sümengen ve diğ., 1987). Ancak Trakya havzası istifinin taban kayaları çalışma alanında gözlenmemektedir.

Trakya havzasının gelişiminin başlangıcından itibaren, Istranca masifinden taşman kırıntılılar, bugünkü havzanın güney kesimlerine kadar ulaşabilmişlerdir.

Havza merkezinde ilk biriken çökeller, karadan taşman türbiditik çökellerdir (Doust ve Arıkan, 1974; Keskin, 1974; Saner, 1979). Kumtaşları, şeyller, konglomeralar ve pelajik kireçtaşı ardalanması şeklinde görülen türbiditik çökeller havzanın gelişmeye başladığı Eosen döneminin ürünleridir. Bu dönemde, havzanın Istranca yükselimi

tarafındaki kıyı kesiminde ise resifal kireçtaşları ve sığ denizel birimler çökelmişlerdir. Eosen sonu Oligosen başında Trakya havzasında çökel kalınlığı 4000 m.'ye ulaşmıştır. Havzanın hızlı bir şekilde çökmesi, havzanın merkezine doğru bol miktarda kırıntılı malzeme gelişine ve bunların oluşturduğu kalın bir türbidit istifinin oluşmasına neden olmuştur. Güneyde yer alan İç Pontid okyanusunun tam olarak ne zaman kapandığı ve bu kapanma sonucu Sakarya kıtası ile kuzey Pontidlerin ne zaman kenetlendiği tam olarak bilinmemektedir. Ancak bu çarpışmanın Üst-Orta Eosen olduğu öngörülmektedir (Okay ve Tansel, 1994; Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu kenetlenme tüm Pontidlerde bir sıkışma döneminin gelişimine neden olmuş ve sıkışma rejimi oldukça genç dönemlere (Alt Miyosen) kadar varlığını sürdürmüştür. Bu dönem öncesinde havza büyümediğinden artık çökellerle dolmaya başlamış ve giderek sıkışmıştır.

Havza genelindeki sıkışmanın sonucunda derin denizel fasiyesler yerlerini dereceli olarak sığ denizel ve karasal fasiyeslere bırakmıştır. Havzada çökme ve tektonik aktivitenin devam etmesinden dolayı, ara katkılar halinde volkanik malzeme kırıntıları istif içinde yer almaktadır.

Üst Oligosen sonlarından itibaren havzada çökme yavaşlayarak sona ermiştir. Bu dönemden sonra transgresyon yerini regresyona bırakmıştır. Regresyonun sonucu olarak çökme ortamları göl, akarsu, delta, sığ deniz ve lagünel ortama dönüşmüştür. Bu dönemlerde bol miktarda bitki fosili ve ince taneli malzemedan oluşan, gölsel şeyi, marn, kireçtaşı ve akarsu ortamına özgü silttaşı ile kumtaşları çökelmiştir (Hoşgörmez, 2001).

Trakya havzasında Oligosen döneminden itibaren gelişmeye başlayan regresif birimlerin zaman açısından doğudaki eşdeğerini, çalışma alan içerisinde yer alan Oligosen yaşlı Gürpınar formasyonu oluşturmaktadır. Gürpınar formasyonu, denizin çekilmesi sonucunda Oligosen döneminde başlayan ancak oldukça kısa süren hızlı bir regresyon etkisi altında kalan bölgede çökelmiştir. Gürpınar formasyonunun tüfitik kumtaşı ve tüfitik çakıltaşlarından oluşan kesimleri, volkanik faaliyete yakın yer alan göl ve göle akan akarsu ortamlarında çökelmişlerdir (Hoşgörmez, 2001).

Miyosen başı-Üst Miyosen'den itibaren havza yükselerek aşındırılmıştır. Aynı dönemde karada başlayan yükseliş ile Oligosen denizi kuzeye doğru çekilmiştir. Oligosen sonuna doğru lagün ve bataklık konumu kazanan bölge Alt Miyosen'de de

aynı özelliğini sürdürmüştür. Kiltası ve şeyi çökelleri bu ortamın ürünüdür. Üst Miyosen döneminde yüksek eneijili ortamda hızlı aşınma ve taşınma sırasında eski birimlerden türeyen kum, çakıl, kil, şilt gibi taneler, Üst Miyosen gölünde çökelmiştir.

Üst Miyosen yaşlı Çukurçeşme formasyonu oluşturan birimler zaman zaman denizle bağlantısı olan bir göl ortamında çökelmişlerdir. Formasyon içerisindeki çapraz tabakalı kum ve çakıllar çalkantılı bir çökeltme ve sahil ortamı, kil ve silt mercekleri zaman zaman ortamın durgun olduğunu işaret etmektedir. Bu durgun ortam sırasında karadan iri malzemenin az geldiği, ince-çok ince malzemenin geldiği deniz bağlantılı gölsel fasiyeste Güngören formasyonu çökelmiştir. Sarmasiyen'in sonuna doğru ise deniz gerilemiş, düşük eneijili acı su kapsamlı, denizin çekilerek denizle zaman zaman bağlantılı sıcak ve sığ iç denizde kil oram fazla olan Mactralı kireçtaşlarından oluşan Bakırköy formasyonu çökelmiştir (Hoşgörmez, 2001).

Pliyosende karasal ortam çökellerinin hakimiyetinde olan havzada, diskordans olarak çökelen konglomera, kiltası ve kömür damarlarından oluşan kaim bir istif çökelmiştir. Bu dönemden sonra bölgede etkili değişimler olmamıştır. Pleyistosen'de havzada yeni bir aşınma dönemi başlamış ve havza evrimini tamamlamıştır. Pleistosen ve Holosen dönemi, inceleme alanı içinde alüvyon oluşumu ile temsil edilmektedir (Hoşgörmez, 2001).

### **3.5 Hidroloji ve Hidrojeoloji**

#### **3.5.1 Hidroloji**

İnceleme alanında yer alan formasyonların büyük bir kısmı teorik olarak geçirimsiz ve az geçirimli özelliktedir. Havzaya düşen yağışın büyük kısmı bu yüzden Haramidere, Azak dere ile Küçükçekmece Gölüne ve Marmara Denizine ulaşmaktadır. İnceleme alanının kuzeydoğusunda, kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı su bölümü çizgisi Marmara ve Karadeniz su bölümlerini birbirinden ayırır. İnceleme alanı içerisinde iki önemli drenaj hattı bulunmaktadır. Bunlardan biri inceleme alanının batı sınırını oluşturan Haramidere olup hemen her mevsim akışlıdır.

Ancak sanayi ve evsel atıklarla neredeyse kullanılmaz durumdadır. Avcılar'ın orta kesiminde yer alan diğer drenaj hattı da yerleşimin daha yoğun olduğu kesimlerde akış göstermektedir. Bu nedenle de beslenimi sınırlı olup kirlenme riski altındadır.

Her iki drenaj hattıda yaklaşık olarak kuzeydoğu – güneybatı doğrultusunda akış göstermektedir. Ayrıca Küçükçekmece Gölü de inceleme alanını doğudan sınırlayan bir başka su alanıdır (Belirti Ltd., 2001).

İnceleme alanında görülen içme suyu sıkıntısının giderilmesine yönelik olarak çoğu yerde sığ kuyular ve birkaç noktada derin su sondajı kuyuları açılmasına gidilmiştir. Sığ kuyular ve genellikle düşük debili olan derin su sondajı kuyuları, ancak evlerin kullanma ve bahçelerin sulanma gereksinimini karşılayabilecek düzeydedir. Bunların içme suyu olarak kullanılmaları kirlenme olasılığı nedeni ile oldukça risklidir. Geçmişde az debili de olsa sürekli akış gösteren çoğu kaynak, günümüzde kaptaja alınmış olarak kullanılmaktadır. Bunlardan çeşme haline getirilenler ise yöre halkının içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır. İnceleme alanında içme suyu olanakları genellikle İSKİ tarafından olabildiğince karşılanmaktadır (İTÜ Vakfı, 1997).

### **3.5.1.1 Akarsular**

İnceleme alanındaki su alanları kuzey- güney gidişli doruklar arasında gelişmiştir. Bölgedeki başlıca akarsular Haramidere, Dikilitaş deresi, Taşocak deresi, Kor dere, Kapadık dere, Sazlı deredir. Birçok küçük dere tarafından beslenen bu akarsular Küçükçekmece Gölü ve Marmara Denizine dökülürler.

### **3.5.1.2 Kaynaklar**

İnceleme alanında kaynak ve sızıntılar genelde geçirimli-geçirimsiz kayaların dokanağında gözlenir. Gürpınar formasyonu içerisinde, çakıltası ve kumtaşı merceklerinin alttaki çamurtaşı, kıltaşı, siltaşı ve tuf gibi seviyelerle yüzlek verdiği yerlerde, geçirimli- geçirimsiz dokanağında debileri 2 lt/sn'yi geçmeyen kaynaklar yer almaktadır (MTA, 2004). Küçük debili olan bu kaynaklar mevsim değişimlerinden etkilenmektedir. Bölgedeki büyük debili kaynaklar ile yüksek verimli sondajlar çalışma alanının kuzeyinde yüzeyleyen, Eosen yaşlı Soğucak kireçtaşından beslenmektedir (Gündüz, 2006). Haramidere-Firuzköy arasında Gürpınar formasyonunu uyumsuzlukla örten Bakırköy formasyonu içerisinde ve geçirimsiz birimler üzerinde yer alan kireçtaşı tabakalarından beslenen sızıntı kaynakları bu birimlerin dokanakları boyunca gözlenir (Duman ve diğ, 2004).

Ayrıca Avcılar bölgesinde 6 adet kaynak saptanmıştır. Bu kaynakların tümünün suları toplanarak kaptaya edilmiş veya çeşme haline getirilmiştir.

### 3.5.1.3 Taşkın alanları

Taşkınlar, kendi doğaları içinde yörenin evriminin bir sonucu olarak gelişirler. İnsanların etkileri, taşkınların meydana getirdiği taşkın alanlarının oluşmasını hızlandırabilmektedir. İnceleme alanında taşkın tehlikesi altında olan alanlar bulunmaktadır. Alüvyon ile kaplı bu bölgelerdeki taşkın alanları, akarsulara ve kıyı bölgesine paralel, uzun ve dar alanlı kuşaklar halinde uzanmaktadır (EK A9). İnceleme alanındaki en geniş doğal tehlike alanı akarsu taşkın alanlarıdır. Bu alanlar Holosen'den günümüze kadar doğal bir süreç olarak gelişen akarsu taşkınlarının bir sonucu olarak gelişmiş taşkın ovaları niteliğindedir. Bu alanlardaki tehlike şiddetli yağış zamanlarında artmaktadır. Kayaçların yapısal özellikleri ve geçirgenlikleri taşkınlarla yakın ilişkilidir. Kayaçların geçirgenlikleri azaldıkça, yüzey suları akarsulara daha hızlı karışmaktadır. Yeraltı su seviyesinin sığlığı, yağış sularının sızmasını azaltacağı için taşkın olasılığını da artırmaktadır. Kayaçların ayrışması ve toprak oluşumu, ayrışma zonunun kalınlığı ve su tutma yetisinin yüksek olması, yağış sularının akarsu yataklarına ulaşmasını geçiktireceği için taşkın tehlikesini azaltmaktadır. Geçirimsiz ve az-geçirimli birimlerin yüzeylendiği akaçlama alanlarında yüzeysel akışın göreceli fazla olduğu bölgelerdir. Olası taşkın alanları olarak haritalanan alanlar bu birimler içerisinde yer alan vadi tabanlarına karşılık gelmektedir. İnceleme alanında görülen kütle hareketlerinin akarsu yataklarına çok fazla malzeme girdisi sağlaması ve toprak örtüsünün azalması nedeniyle taşkın olasılığı artmaktadır. Çalışma alanında yer yer denizel taşkın alanları da bulunmaktadır. Bu alanlar çok şiddetli fırtınalar ve büyük depremlerin oluşturduğu olası tsunami dalgalarının etki ve tehlikesindeki alanlardır. Bu kesimlerde yeraltı suyu seviyesi sığ ve yer yer yüzeyledir. Bu nedenle, üzerine taşarak gelen deniz suları sızdırmadan, yüzeysel akış yaratacak hidrojeolojik özelliklere sahiptirler. Yüzey eğimi çok düşük geçirimli- az geçirimli birikimsel kıyı fasiyeslerinden oluşur. Deniz taşma tehlikesinin zarar vermemesi için kıyı kenar çizgisinin saptanması, yasaya uygun kıyı planlamasına ve uygar kıyı kullanımına geçilmesi zorunludur. Mühendislik yapılarının doğal olaylar ve süreçleri dikkate almadan projelendirilmesi ve uygulamasında olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. İnceleme alanında yapılan pek çok karayolu dolgusu, menfez ve köprü taşkın alanlarının sınırları belirlenmeden yapılmıştır. Bu nedenle, akarsu yataklarına kadar yapay dolgu ile taşkın sularının geçeceği alan daraltılmakta yol ve köprü bir çeşit set oluşturarak taşkınları neden

olmaktadır. Yanlış arazi kullanımı ve planlamasıyla alüvyal topraklardan oluşan taşkın alanları yerleşime açılmaktadır. Organik maddece zengin bu alüvyal toprak alanları, ekolojik dengeyi bozmadan tarımsal alanlara bırakılırsa, doğal taşkın olasılığında sadece ekili alanlardaki ürünlerde zarara neden olacaktır (Duman ve diğ., 2004).

### **3.5.2 Hidrojeoloji**

İnceleme alanı içerisinde belirgin ve sürekli bir yeraltı suyu tablasının varlığından bahsetmek mümkün değildir. Ancak Bakırköy formasyonunun kireçtaşı seviyeleri, resifal kireçtaşlarından oluşan Soğucak formasyonu ile Çukurçeşme formasyonunun kumlu seviyeleri yeraltı suyu açısından olumlu koşulları sağlayan alanlardır. Bu birimler içerisinde yerel ve yalıtılmış su tablalarının varlığı mümkündür (Belirti Ltd., 2001). İnceleme alanında bu birimler serbest, yer yer basınçlı akifer özelliğini göstermektedir. İnceleme alanında yeraltı suyu akım yönünün, KB-GD doğrultulu ve E-5 Otoyoluna paralel uzanımlı bir hattın güneyinde güneye Marmara Denizine doğru ve bu hattın kuzeyinde kuzeye Küçükçekmece Gölüne doğru olduğu görülmektedir. Ayrıca, yeraltı suyunun bölgede mevcut dereleri beslediği anlaşılmaktadır. Bu durum özellikle Haramidere vadisi boyunca belirgindir. İnceleme alanının yeraltı suyu derinlik haritası, önceki çalışmalardan elde edilen sondaj verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır (EK A19). İnceleme alanında gözlenen birimler, yeraltı suyu geçirebilme ve iletibilme özellikleri yönünden değerlendirilerek geçirimsiz, az geçirimli ve geçirimli nitelikte olmak üzere üç farklı ortam türü belirlenmiştir. Ortam ayrımında; kayaçlardaki orjinal ve ayrışmaya bağlı kil içeriği, çatlaklılık ve çatlak dolgululuğu, tane serbestleşmesi, tane iriliği, derecelenmesi ve gözeneklilik gibi geçirimsizlik ve iletimsizlik olumlu ve olumsuz etkileyen nedenler değerlendirilmiştir (İTÜ Vakfı, 1997). Eosen yaşlı kilağı ardaşmasından oluşan Ceylan formasyonu, Oligosen yaşlı Gürpınar formasyonunun fissürlü katı kil birimi ve Miyosen yaşlı Güngören formasyonunun marn ara seviyeli kil birimi ile Miyosen yaşlı Çukurçeşme ve Bakırköy formasyonları içindeki kil mercekleri ve kil-marn ara seviyeleri jeohidrolojik açıdan geçirimsiz ortam niteliğindedir. Bu ortam; Ambarlı deresinin batısındaki bölgede, Marmara Denizine paralel bir kuşak boyunca ve Küçükçekmece Gölüne bakan yamaçlarda ve gölün kuzeyinde geniş yayılım göstermektedir. Az geçirimli ortam seviyeleri, yeraltı suyunu kısmen geçiren birimlerden oluşmaktadır. Oligosen yaşlı

Gürpınar formasyonunun tuf-tüfit seviyeleri az geçirimli ortam niteliğindedir. Geçirimsiz ortam seviyeleri, bölgesel bir genelleme olarak kuzeyden güneye doğru kot kaybetmekte ve giderek derinleşmektedir. Ortamın geçirimsizlik niteliği; ortam kayaçlarının kil ve killi litolojiden oluşması, bu nedenle de yeraltı suyu dolaşımına elverecek gözenek boşlukları ve çatlak açıklıkları içermemesi nedeni ile su geçirebilme ve iletibilme özelliklerinin bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Miyosen yaşlı Çukurçeşme formasyonunun ince kumları ve seyrek çakıl ara seviyeleri, Bakırköy formasyonunun Maktralı kireçtaşı birimi, Soğucak formasyonunun resifal kireçtaşı birimi, Ceylan formasyonunun kireçtaşı seviyeleri ve gerek Gürpınar, gerekse Güngören formasyonları içindeki çakıllı, siltli kumlu yerel ara seviyeler ile alüvyon ve dolgu malzemesi, jeohidrolojik açıdan geçirimli ortam niteliğindedir. Bu ortam Ambarlı deresinin doğusunda yaygın olarak gözlenmektedir.

Geçirimli ortam mevcut jeolojik konuma uygun olarak ondülasyonlu ve kuzeyden güneye doğru giderek derinleşen bir yapısal görünüm sunmaktadır. Ortamın geçirimsizlik niteliği; kum ve çakıl gibi çümentosuz-çok gevşek killi-siltli çimentolu ayrık taneli kayaçlar ile fazla gelişkin olmasa da çatlaklı ve yerel karstlaşmayla oluşmuş erime boşluklu kireçtaşlarında ortaya çıkan boşluklardan kaynaklanmaktadır (İTÜ Vakfı, 1997).

### **3.5.2.1 Formasyonların hidrojeolojik özellikleri**

Formasyonların yeraltı suyu taşıyan seviyeleri, Gürpınar formasyonu içindeki kum ve çakıllar ile Çukurçeşme formasyonuna ait kum, çakıl ve alüvyondur. Çalışma alanında yer alan kaynakların yükseltisi, hangi litolojiden boşaldığı, debi değişimi Çizelge 3.1'de sunulmuştur (Zarif, 1996). Gürpınar formasyonunun litolojik istifinde aşırı konsolide killerin hakim olması nedeniyle teorik olarak geçirimsiz olduğu kabul edilmektedir ancak kumlu, çakıllı düzeyler killi seviyeleri akifer özelliği taşımaktadır.

Çalışma alanı içinde Gürpınar formasyonunun yüzey sularından beslenemediği düşünülmektedir. Bölgede yapılan derin su sondajları yardımı ile Gürpınar formasyonunun yer yer yeraltı suyu depolama özelliğinde olduğu görülmüştür. Gürpınar dolayında daha çok görülen kumlu, çakıllı düzeyler killi seviyelerle örtülerek basınçlı akifer özelliği kazanmıştır. Bu özelliği, bölgenin yamaç stabilitesi bakımından önemlidir (Zarif, 1996).

**Çizelge 3.1 : Zarif (1996) tarafından hazırlanan göllerarası bölgede yer alan formasyonların hidrojeolojik özellikleri.**

	<b>Alüvyon</b>	<b>Bakırköy Fm.</b>	<b>Güngören Fm.</b>	<b>Çukurçeşme Fm.</b>	<b>Gürpınar Fm.</b>
<b>Jeoloji</b>	Kil, Şilt, Kum ve Çakıl	Mactrah Kireçtaşı	Kil, Marn	Kum, Çakıl	Kil, Kilitaşı, Kum taşı
<b>Kalınlığı (m.)-</b>	1-30	2-25	1-20	140	20-250
<b>Su Yataklanma Türü</b>	Serbest akifer	Serbest akifer	Dokanak, Fay	Serbest akifer	Basıncılı akifer
<b>Gözeneklilik Türü</b>	Taneler arası	Kırıklar, kavkılar arası ve erime boşlukları	Taneler arası	Taneler arası	Taneler arası
<b>Gözeneklilik Yüzdesi .</b>	5-40	10-45	45-55	20-35	10-20
<b>Özgül Verim (l/sn/m)</b>	0.5-2	0.5-1.0	0.01-0.1	0.5 - 1.0	0.01-0.5
<b>Beslenme</b>	iyi	Orta	Çok zayıf	Yüksek	Zayıf

Az tutturulmuş veya tutturulmamış kum ve çakıldan oluşan Çukurçeşme formasyonu, batıya ve kuzeye doğru tane boyunun irileşmesiyle havza için iyi bir akifer niteliği kazanmaktadır.

Çukurçeşme formasyonundaki yüksek permabiliteye sahip kum ve çakıllar, stratigrafik olarak altında bulunan Gürpınar formasyonunun geçirimsiz olmasından dolayı serbest akifer özelliği göstermektedir. Çukurçeşme formasyonu yeraltısuyu depolama niteliğindedir. Kil ve marn seviyelerinden oluşan Güngören formasyonu inceleme alanının doğusunda genişçe bir alanda gözlenir.

Kil ve marn kapsamı nedeniyle çok zayıf akifer özelliği gösterir ve genel olarak geçirimsizdir. Birimde yerel olarak bulunan kumlu mercceklerde su bulunabilir ancak bu düzeylerin beslenmesi olmadığı için kısa süre içinde tükenmektedir. Bakırköy formasyonuna ait kireçtaşları çatlaklı ve boşluk gözenekliğine sahip olduğundan geçirgendir.

Güngören formasyonu dokanağına yakın kesimlerden küçük debili kaynaklar çıktığı görülür. Bakırköy formasyonunun bölgedeki yapılaşma sebebi ile beslenme alanı çok fazla değildir. Formasyonun kil ve marnlı seviyeleri ise geçirimsizdir.

Yüksek debili derelere ve eğime bağlı olarak alüvyon içindeki kumlu ve iri çakıllı seviyelere rastlanmıştır. Tutturulmamış malzemelerin fazla oluşu ve derelerden beslenmesi göz önüne alınırsa alüvyonlar iyi akifer niteliğindedir. Ancak bu su, yüzey suyu olup mevsimsel farklılaşmadan etkilenmektedir. Sahile yakın alüvyon alanlarında tuzlanma ve kirlenme vardır.

### **3.6 Mühendislik Jeolojisi**

Ülkemizin Alp-Himalaya sistemi içinde yer alması ve son zamanlarda sıklaşan depremler, yerleşim bölgelerinde jeolojik ve jeoteknik incelemelerin önemini en açık biçimde göstermektedir. İnceleme alanında gözlenen birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenirken, daha önce çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından yapılan çalışmaların verilerinden yararlanılmıştır.

Bu bölümde inceleme alanının eğim durumundan, kütle hareketlerinin yoğunluğundan, sıvılaşma olasılığından ve bölgenin deprenselliğinden bahsedilmiştir. Bu bölümler aynı zamanda inceleme alanın yerleşime uygunluk analizinde kullanılacak olan parametrelerden bazılarını oluşturmaktadır.

#### **3.6.1 Eğim durumu**

Yerleşime uygunluk çalışmalarında inceleme alanının yer bilimsel nitelikleri kadar, arazi yüzeyinin eğim özellikleri de belirleyici bir faktördür. Eğim haritaları yerleşime uygunluk çalışmalarında sosyal ve ekonomik etkinlik alanlarının verimli kullanımına yönelik olarak belirlenmesinde gereksinim duyulan temel verilerden biridir. Bu nedenle inceleme alanının eğim haritası hazırlanmıştır (EK A4).

İnceleme alanının eğim durumunu belirlemek amacı ile hazırlanan eğim haritasında eğimler, derece olarak belirtilmiştir. Bu amaçla 1/ 25.000 ölçekli iki adet topoğrafik harita üzerindeki eş yükselti eğrileri 5 m. aralıklarla sayısallaştırılmıştır. Bu haritalardan yararlanılarak hazırlanan eğim haritası yedi sınıfa ayrılmıştır. İnceleme alanı genelde düşük eğimli alanları ( 0-10°) kapsamaktadır. Bu çalışmada 25° ‘den yüksek eğime sahip olan alanlar, yerleşime uygunluk analizinde yerleşime uygun olmayan alanlar olarak sınıflandırılmıştır.

#### **3.6.2 Kütle hareketleri**

Kütle hareketleri, yer çekiminin etkisine bağlı olarak yer yüzeyinin eğim aşağı doğru hareket etmesi, şekil ve yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Günümüzde bile hala ülkemizin özellikle Karadeniz bölgesi başta olmak üzere pek çok yöresinde kütle hareketleri olmakta ve yollar, evler yıkılmakta ve önemli ölçüde ekonomik ve can kayıpları meydana gelmektedir. Bu nedenle kütle hareketlerinin araştırılması, aktif olanların ve hareket edebilecek olanların sınırlarının belirlenmesi, sağlıklı ve doğal çevre ile uyumlu imar planlarının oluşturulması açısından oldukça önemlidir (Kara

kuş, 2009). Bu nedenle kentsel kullanım amaçlı planlamalarda, kütle hareketlerinin alansal dağılımı, yoğunluğu ve tipinin ortaya konması zorunludur. İnceleme alanının bazı kesimlerinde yoğun kütle hareketleri belirlenmiştir. Marmara Denizi içerisinde Kuzey Anadolu Fayı'ndan kaynaklanabilecek yıkıcı büyüklükteki depremlerde bu heyelanların tetiklenme yoluyla yeniden aktivite kazanması veya yeni heyelanların gelişme olasılığı büyüktür. Bu açıdan yerleşime uygunluk analizinde inceleme alanındaki heyelanlar büyük önem taşımaktadır (Duman ve diğ, 2004). Bu nedenle inceleme alanının kütle hareketleri yoğunluk haritası hazırlanmıştır (EK A7).

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde kullanılan kütle hareketleri haritası MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul metropolü batısındaki kentsel gelişme alanlarının yer bilim verileri adlı çalışmada yapmış olduğu taşkın alanları ve heyelan yoğunluğu haritası ve İMP'den alınan 1/25.000 ölçekli İstanbul'un yerleşime uygunluk haritası sayısallaştırılarak hazırlanmıştır. Haritadaki heyelanlar tür ve aktiviteleri ön planda tutularak sınıflandırılmıştır. Yapılan bu sınıflamaya göre eski heyelan; aktif olmayan, etkisinde bulunduğu koşulların değişmesi durumunda dengesi bozulabilecek ve aktif hale geçebilecek kayma kütesidir. Bunlar genellikle, derin kaymalarla günümüzden çok önceleri gelişmiş ve koşullar uygun olduğu takdirde gelişmeye devam edebilecek kütle hareketleridir. Bazen yer yer aşınmış olmasına karşın heyelanın malzemesi ve geometrisi bellidir. Güncel heyelan; aktif veya son birkaç on yıl içerisinde gelişmiş, hareket izlerini belirgin olarak taşıyan, heyelan aynası taze, üzerinde yer alan doğal (ağaç vb.) veya yapay (bina, yol, duvar vb.) yapılarda hareketin etkisi gözlenebilen derin kaymalar şeklinde gelişen kütle hareketidir. Sığ kütle hareketleri; kayma düzlemi gelişmeden, güncel örtü malzemenin krip (sünme) şeklinde veya yüzeysel sığ hareketler olarak tanımlanmıştır. Çamur ve moloz akmaları ise simgesel olarak haritalanmıştır. Bu harita sadece inceleme alanında gözlenen ve yukarıda ki tanımlamalara göre sınıflandırılmış heyelanların sınırlarını göstermektedir. Bu alanların yakın çevrelerinin heyelana karşı duyarlılığının değerlendirilmesi ayrı bir çalışma gerektirdiğinden dolayı yapılmamıştır. İnceleme alanında yoğunlaşan heyelanların gelişimi; son buzul döneminde, günümüzdeki düzeyinden 85-110 m. daha derinde olduğu belirlenen, Marmara Denizine dökülen akarsuların hızla aşındırdığı vadi yamaçlarındaki duraysızlıklarla başlamıştır. Bu nedenle kıyı bölgesinde görülen heyelanların, kıyıya komşu olan deniz altında da devamı olasılığı büyüktür (Arpat,

1999). K uc k ekmece Gölünün batı kesiminde, Avcılar'ın kıyı kesimlerinde eski ve güncel (aktif) heyelanlar geniş alanlar kaplamaktadır. Bu heyelanlar, Tersiyer ve Kuvaterner birimlerinde yoğun olarak gelişmiştir. İnceleme alanındaki heyelanlar G r pınar formasyonuna ait killer ile Çukurçeşme formasyonunun kum ve kil birimlerinde yaygın olarak görülmektedir. Bunlar, baskın olarak dönel kayma türü, derin (40 m.' kadar) yenilmelerdir. Firuzköy yamaçlarında ise kripli araziler oldukça yaygındır.

Yama lara çeşitli nedenlerle yapılan denetimsiz girişimler, heyelana yatkın yamaçlarda yapılaşma sonucu heyelanı tetikleyecek ek yüklerin oluşturulması, yüzey ve yeraltı suyu drenajının yapılmamış olması bölgedeki aktiviteyi olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu hareketlerin oluşumları, türleri, alansal büyüklükleri ve derinlikleri doğal olarak jeolojik yapıya, birimlerin ayrışma durumuna, yamacın geometrik özellikleri ile  evre etmenlerine bağlıdır. Hareketlerin gelişmesinde jeolojik yapı ve birimlerin litolojik özellikleri büyük önem taşımaktadır. Őiřen-kabaran kil, silt, kum, marn, vb. birimlerin bulunduğu bölgelerde, tabakaların yamaç dışına eğimli olması, kayma tehlikesini arttırmaktadır (Yüzer,2007).

G r pınar-Ambarlı limanı bölgesi birkaç bin yıl önceden bu yana heyelanların geliştiği bir yamaç üzerinde yer almaktadır. Bu yamaç ilksel durumu ile altta geçirimsiz, aşırı konsolide ve fisürlü G r pınar kili üzerinde, geçirimli Çukurçeşme kumu üzerinde, Őiře potansiyeli yüksek, geçirimsiz Güngören kili; ve tavanda kil ara tabakalı yumuşak kaya niteliğinde ve geçirimli Bakırköy kireçtaşı katmanlarından oluşan bir jeoloji istifini üzerinde gelişmiştir. Bu kuşakta, tavanda aşınmaya daha dayanımlı, Bakırköy kireçtaşının bulunuşundan dolayı genellikle dik yamaçlar oluşabilmektedir.

Yaklaşık 9000 yıl önce sona eren son buzul döneminde deniz düzeyi bugünkünden 100 m. kadar daha alçakta kaldığından bu yamaçlar hızla aşınmış ve uzun süre yüksek eğimli kalmış olmalıdır. Bu süreç, kıyı ve buna dik vadi yamaçlarının yinelenerek heyelanlanmasına neden olmuştur.

Deniz düzeyi yavaşca bugünkü düzeyine yükselmiş de olsa heyelanlanan yamaçlarda özellikle bozulan drenaj koşullarının kışkırtması ile geriye doğru ardalanan yeni heyelanlar gelişmiştir. Eski heyelan kütleleri bugün büyük  l de deniz altında

kalmıştır. Ancak, bölgede kıyı kuşağı boyunca bu eski heyelanların geri basamakları günümüzde de izlenmekle ve yer yer de yeniden hareketlendiklerine tanık olunmaktadır (Yüzer,2007).

Avcılar-Ambarlı mahallesi Balaban mevkiinde 2004–2005 yılları arasında gelişen heyelanlar bu bölgedeki kütle hareketlerinin tipik bir örneğini oluşturmaktadır. 2004 yılı yaz aylarında başlayarak 2005 yılı ilkbaharında önemli bir bölümü yasa dışı olarak yerleşilmiş olan bölgede adım adım gelişen heyelanları izlemek mümkündür.

Balaban heyelanı eski bir heyelanın taç (tepe) bölgesinin aşırı yüklenmesi ile tekrar hareketlenmesi sonucunda oluşmuştur. Eski heyelanın önemli bir bölümünün bugün denizin altında olduğu açıktır (Yüzer, 2007).

Bugün için batimetrik haritalama çalışması sonuçları ve heyelanın genel karakteri, heyelanın deniz içerisinde bir topuk oluşturmamış olduğunu göstermektedir.

Gözlemler ve açıklanan ölçüm sonuçları heyelanın genel hareketinin güneye doğru bir yamaç hareketi niteliğinde olduğunu, bununla birlikte heyelanlı alanın doğu ve batı sınırlarına yakın kesimlerde kayan kütlelerin merkezine doğru da bir hareketin yaşandığını ortaya koymaktadır (Yüzer,2007).

### **3.6.3 Sıvılaşma**

Sıvılaşmanın deprem hasarlarının oluşmasında çok önemli rol oynadığı uzun süredir bilinmektedir. Nitekim 17 Ağustos ve 12 Kasım Marmara depremlerinde, suya doygun kumlu ve siltli zeminlerde ve buralara yerleştirilen mühendislik yapılarında meydana gelen hasarların büyük bir bölümünün sıvılaşmaya bağlı olduğu görülmüştür.

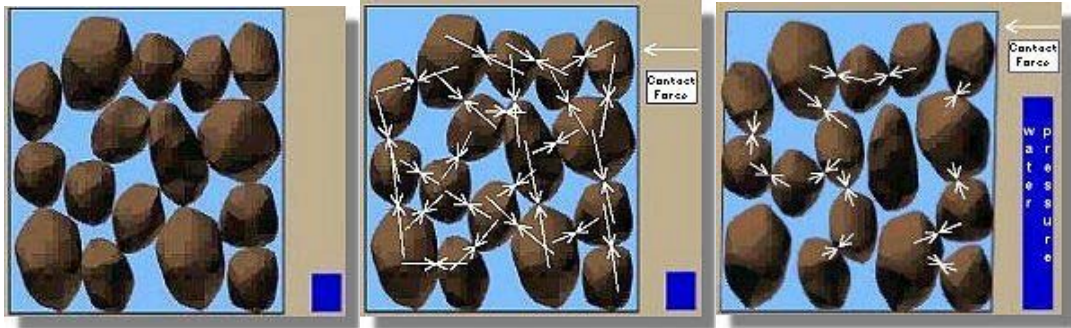
Sıvılaşma konusundaki ilk çalışmaları, kritik boşluk oranını göz önüne alarak, kumlu zeminlerdeki sıvılaşmayı açıklamak amacıyla CASAGRANDE 1936 yılında yapmıştır. Daha sonraki yıllarda sıvılaşmadan kaynaklanan hasarların önemli ölçüde artması, SEED ve arkadaşlarını sıvılaşmanın nedenlerini ve mekanizmasını araştırmaya yöneltmiştir. Bu ilk çalışmalardan sonra laboratuvar ve arazi deney yöntemleri geliştirilmiş ve tekrarlı yükler altında kumlu zeminlerin davranışı birçok araştırmacı tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu araştırmalar sonucunda, sıvılaşmaya bağlı en şiddetli hasarın gözlemlendiği bölgelerde, temel zemininin genellikle kalın ve suya doygun kum tabakalarından oluştuğu gözlenmiştir.

Sıvılaşma, yeraltı suyuna doymun sedimanların geçici bir süre için dayanımlarını kaybetmeleri ve katı cisim yerine bir akışkan sıvı gibi davranmaları sonucunda oluşur. Sıvılaşmaya en hassas sedimanlar kilsiz kum ve siltler ile çakıllardır. Bu çökellerdeki sıvılaşmanın nedenleri yıllar boyunca kalitatif yollarla açıklanmaya çalışılmıştır (Çizelge 3.2).

Günümüzde sıvılaşmanın temel nedeninin, suya doymun kohezyonsuz zeminlerde depremler sırasında oluşan tekrarlanmalı kesme kuvvetlerinin boşluk suyu basıncını artırması olduğu kanıtlanmıştır. Depremler sırasında diğer dalga tiplerinin de oluştuğu bilindiği halde, zeminlerdeki bu boşluk suyu basınçlarının genelde kesme dalgalarının yukarı doğru yayılmasından kaynaklandığı kabul edilir.

Doymun granüler tabakalardan geçen sismik dalgalar ve birincil S dalgaları, daneleri hareket ettirerek gevşek kesimleri sıkıştırmaya çalışırlar. Yeterli ve hızlı bir drenaj sağlanamıyorsa, bu çökmeler taneler arasındaki boşluk suyu basıncını artırır.

Boşluk suyu basıncının daneli zeminin ağırlığına ulaşması durumunda zemin bir akışkan sıvı gibi davranır. Bu durumda etkin basınç sıfır olur ve kum bütün taşıma gücünü kaybederek ve sıvı hale geçer (Şekil 3.7).



**Şekil 3.7:** Suya doymun kum tanelerinin yapısının sismik dalgalar tarafından bozulması ve artan boşluk suyu basıncıyla sıvılaşmanın meydana gelmesi.

Uygulanan tekrarlı basınçların sonucunda kohezyonsuz zeminler basıncı boşluk suyuna aktararak, danelerin birbirlerine aktardıkları kuvvetlerin azalmasına ve bunların daha küçük hacimlere yerleşecek şekilde dizilmesine neden olurlar. Sonuçta, zemini oluşturan danelerin yapısı hacim sabitleninceye kadar sıkışır. Hacimdeki bu azalma ve danelerin sıkışması boşluk suyu basıncının miktarını da belirler. sıvılaşma durumunda, zemin küçük kesme kuvvetlerinin etkisi altında kolayca şekil değiştirdiğinden binalara ve çevreye zarar verebilecek boyutlara ulaşabilir. Bu deformasyonlar genelde “zemin göçmesi” olarak adlandırılır. Şu halde

bir zeminin sıvılaşabilme özelliği öncelikle zeminin gevşekliğine, daneler arasındaki çimento veya kilin miktarına ve ortamın drenajsızlığına bağlıdır.

Sıvılaşmayı izleyen zemin deformasyonlarını ise malzemelerin gevşekliği, derinliği, kalınlığı, ve sıvılaştıran zeminin yayılım arazisinin eğimi ve binalar ile diğer yapıların uyguladıkları yüklerin dağılımı belirler.

Sıvılaşma rastgele meydana gelmez, ancak bazı jeolojik ve hidrolojik ortamlarla sınırlanmıştır. Öncelikle yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu güncel kum ve siltlerde meydana gelir. Genel olarak, sediman ne kadar genç ve gevşek olursa ve yeraltı su seviyesi ne kadar yüzeye yakınsa, zemin sıvılaşmaya karşı o kadar hassas olur. Sıvılaşmaya en hassas sedimanlar Holosen (10.000 yıldan daha genç) delta, ırmak kanal, taşkın düzlüğü ve Aeolian çökelleri ile kötü sıkıştırılmış dolgulardır. Sıvılaşmanın en yaygın olduğu alanlar yeraltı su seviyesinin zeminin ilk 10 metresinde olduğu yerlerdir. Nadiren de olsa sıvılaşmanın ilk 20 metrede gerçekleştiği yerlerle de karşılaşmıştır. İyi sıkıştırılmış dolgular ve sıkı zeminler sıvılaşmaya karşı en az hassas olan ortamlardır.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde kullanılan sıvılaşma haritası, MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul metropolü batısındaki kentsel gelişme alanlarının yer bilim verileri adlı çalışmada yapmış olduğu jeomorfolojik-jeolojik ölçütlere göre zeminlerin sıvılaşmaya yatkınlık haritası ve İMP'den alınan 1/25.000 ölçekli İstanbul'un yerleşime uygunluk haritası sayısallaştırılarak hazırlanmıştır (EK-5). MTA'nın yapmış olduğu harita güncel gevşek zeminlerin sıvılaşmaya karşı yatkınlıklarına göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada Iwasaki ve diğ. (1982) tarafından önerilen ve jeomorfolojik ölçütler esas alınmıştır. Sıvılaşma alanları için yapılan bu tehlike çalışması ön değerlendirme amaçlı olup, bu konuların inceleme alanı için daha ayrıntılı olarak araştırılması gereklidir. İmar planı çalışmalarında sıvılaşma potansiyeli taşıyan alanlarda yapılacak ilk öneri, en ekonomik yöntem olarak bu alanların kentsel gelişim alanları olarak değil açık rekreasyon alanı, park gibi yeşil alan olarak önerilmesidir. Kentsel gelişme alanı olarak planlamasının zorunlu olduğu hallerde ise sıvılaşmaya karşı dayanıklı inşaatında, yapının temelini oluşturan yapı elemanlarının sıvılaşmanın etkilerini karşılayabilecek şekilde tasarlanabilmesi için zemin etüdüleri yapılarak uygun temel tipinin belirlenmesi ve bina tasarımının elde edilecek verilere göre yapılması önerilmelidir.

**Çizelge 3.2 : Sıvılaşmayı Etkileyen Faktörler**

<b>FAKTÖR</b>	<b>SIVILAŞMA ÜZERİNDEKİ ETKİ</b>
<b>GENELDE</b>	
<b>Suya doygunluk</b>	Ortamın sıvılaşması için zorunlu olan ortam özelliği
<b>Boşluk Oranı (Relatif Yoğunluk)</b>	Daha gevşek kum, daha kolay sıvılaşma
<b>Çevre Basıncı</b>	Daha yüksek çevre basıncı, daha zor sıvılaşma
<b>Tekrarlı Basıncın Büyüklüğü</b>	Daha büyük kesme kuvveti, daha az tekrar daha büyük boşluk suyu basıncı oluşturur (Tekrarlı kesme kuvveti depremin büyüklüğüyle doğru orantılıdır).
<b>Çok Yönlü Sallantı</b>	Tekrarlı basınç oranı tek yönlü sallantıya göre % 10 daha azdır.
<b>Yüklenme Geçmişi</b>	a) Daha yaşlı çökel, daha fazla ön konsolidasyon, daha az sıvılaşma riski. Bugüne kadar sıvılaşma hep güncel çökellerde veya dolgularda gözlenmiştir. b) Daha önce sismik yükleme geçiren kumlar sıvılaşmaya karşı daha dayanıklı olurlar. Biraz yoğunluk artışı ve esas olarak danelerin yönelimi c) Sıvılaşma sonucunda meydana gelen heyelanlardaki akan kum çökelleri ikinci kez sıvılaşabilirler.
<b>Dane Boyutu</b>	Ortalama dane çapı 0.07-0.07 mm arası değişen üniform kumlar en hassas çökellerdir.
<b>Dane Biçimi</b>	Yuvarlak daneler köşeli danelere oranla daha kolay sıvılaşır.
<b>Dane Büyüklüğü Dağılımı</b>	Sıvılaşma potansiyeli artan ince dane oranıyla azalır.
<b>Dokanak Koşulları</b>	Kil ve silt düzeyleri drenaj yollarını kapatabilir ve boşluk suyu basıncının artmasına neden olur. Bu gibi durumlarda iri taneli kumlar bile sıvılaşabilir
<b>DENEYSEL KOŞULLARDA (ayrıca)</b>	
<b>Numune Hazırlama Metodu</b>	Sıvılaşmaya neden olan tekrarlı yük sayısında %100'e varan farklılıklar. Nem tamponu, in situ tepkilerle uyumlu gibi görünüyor. Dane özellikleride önemlidir.
<b>Deney Yapılırken Gösterilen Özen ve Titizlik</b>	Sonuçlar, uygulamadaki küçük sapmalardan kolaylıkla etkilenirler. Deney ekipmanının ve yönteminin seçimi de önemlidir.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk haritasında sıvılaşma potansiyeli yerleşime uygun olmayan alanlar ve önlemleri alanlar-1 sınıfına dahil edilmiştir.

### 3.6.4 Depremsellik

İnceleme alanının deprem tehlikesini belirleyen jeolojik unsurların en önemlisi İstanbul'un güneyinde konumlanan ve Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara denizinden geçen kollarıdır. Adapazarı civarında üç ana kola ayrılan Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolu inceleme alanına yaklaşık 7.5 km. uzaklıktadır.

Kuzey Anadolu Fayı'nın diğer kolları ise Marmara denizinin güneyinden batıya doğru doğu-batı doğrultusunda uzanarak Ege denizine doğru ilerler. Bu fayların bir çoğunun geçmişte ve günümüzde aktif olduğu ve Marmara bölgesinde birçok yerleşim bölgesinde hasarlar yapan depremler oluşturduğu yayınlanan deprem kataloglarından ve yazılı dökümanlardan anlaşılmaktadır (Soysal ve diğ., 1981; Ergin ve diğ., 1967; Ambraseys ve Finkel, 1991).

Marmara bölgesindeki deprem aktivitesinin büyük bir bölümünün İstanbul'un Anadolu ve Avrupa yakasının güneyinde yer aldığı görülmektedir. Tektonik haritalarda önerilen Istranca fayının aktif olduğuna dair sismik bir belirti görülmemekle birlikte Çatalca-Çekmece civarında bir aktivite izlenmektedir. Yapılan araştırmalarda Çatalca civarındaki aktivitenin bir bölümünün bölgedeki taş ocağı patlatmaları ile ilgili olduğu anlaşılmıştır.

Tarihsel ve aletsel deprem etkinliklerinden elde edilen bilgilere göre Kuzey Anadolu Fayı'nın söz konusu kuzey kolu üzerinde olabilecek ve inceleme bölgesini etki altına alabilecek depremin yüzey dalgası büyüklüğü maksimum  $M_s=7.5$  olabilecektir. İnceleme alanı İstanbul deprem bölgeleri haritasında 1. Derece ve 2. Derece deprem bölgesi içinde yer almaktadır (Şekil 3.8). Bu nedenle, resmi bilgi ve belgelere göre beklenen maksimum yer ivmesinin kayada 0.30- 0.40 g değerinde olacağı beyan edilmiştir.

Depremlerin yapılarda yol açtığı hasarların yerel zemin koşullarının değişik etkileri altında kaldığı bilinmektedir. Bu etkiler genel olarak yapılara depremler sırasında etkiyen atalet kuvvetleri ve yapı temel zemininde depremler sırasında oluşan sıvılaşma, taşıma gücü kaybı ve aşırı yer değiştirmeler nedeni ile oluşabilecek olumsuzluklardır.

Bu nedenle yapıların inşasından önce arazideki temel zeminini oluşturan tabakaların olası bir deprem sırasında göstereceği davranışın da incelenmesi gerekmektedir. 1970'e kadar dünyadaki yapı şartnamelerinde yerel zemin koşulları genellikle



olacak yükleme koşullarının dikkate alınması gerekmektedir.

Özellikle depremler sırasında yerel zemin koşullarının oluşan yapısal hasar üzerinde oldukça önemli etkileri olduğu yakın zamanlarda meydana gelmiş şiddetli depremlerde yapılan aletsel ölçümlerle ve gözlenen yapısal hasarlarla belirlenmiştir (Tohumcu, 2003).

İnceleme alanının depremselliği, jeolojik yapılanma ve zemin özellikleri bakımından farklı özellikler gösteren yerleşim bölgelerinde, yerel zemin koşullarına göre sınıflandırılarak, haritalanmıştır (EK A5). Bu amaçla inceleme alanının yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesi ile ilgili yapılan önceki çalışmalardan ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin yapmış olduğu Avrupa yakası güneyinin mikrobölgeleme raporundan yararlanılmıştır.

Çalışma alanındaki zeminler Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılacak olan yeni binalar ve diğer yapıların depreme dayanıklı tasarım ve inşaatı için uyulması gereken koşulları belirleyen bir yönetmelik olan NEHRP'den yararlanılarak Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalarda kullanılan başlıca kriterler kayma dalgası hızı ( $V_s$ ), Standart Penetrasyon Darbe sayısı (N) ve killi zeminler için drenajsız kayma mukavemeti (Cs)'dir. Ancak bazı çok olumsuz zemin koşullarına (göçebilen, sıvılaşabilen zeminler, aşırı hassas killer, çok yüksek plastisiteli killer vb.) sahip arazilerin özel olarak dikkate alınarak geoteknik değerlendirmenin yapılması gerekmektedir. NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program); Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılacak olan yeni binalar ve diğer yapıların depreme dayanıklı tasarım ve inşaatı için uyulması gereken koşulları belirleyen ve BSSC (Building Seismic Safety Council) tarafından FEMA (Federal Emergency Management Agency) için hazırlanmış bir yönetmeliktir.

Hazırlanan bu yönetmelikle, özellikle deprem riski yüksek olan bölgelerde inşa edilecek yapıların ve inşa edilmiş olan yapıların maruz kalabilecekleri tehlikeleri en aza indirerek, önemli binaların herhangi bir deprem sırasında veya sonrasında beklenen performanslarını arttırmak amaçlanmaktadır. NEHRP tarafından hazırlanan yönetmelikte daha önceki yıllarda üç olan zemin sınıfı sayısı, 1985 Mexico City Depremi'nden sonra yerel zemin koşullarının etkisinin daha iyi anlaşılması ile birlikte dört'e çıkarılmıştır. Daha sonra meydana gelen Loma Prieta Depremi'nden elde edilen ölçümler ve yapılan çalışmalardan sonra ise yerel zemin koşullarının

deprem davranışı üzerindeki etkisini göz önüne alabilmek için A 'dan F' e kadar değişen altı zemin sınıfının gerekliliğine karar verilmiştir. Bu zemin sınıfları Çizelge 3.4' de verilmiştir. 1998'de yürürlüğe giren Türkiye Deprem Yönetmeliği depreme karşı dayanıklı tasarımlarda yerel zemin koşullarının etkisini dikkate almak için dört yerel zemin sınıfını göz önüne alarak, spektrum katsayısı hesabında yerel zemin koşullarına göre seçilecek spektrum karakteristik periyotları kullanılması öngörülmektedir. Spektrum karakteristik periyotları olan TA ve TB nin değerleri ise yine yönetmelikte verilen ve yerel zemin sınıflarının belirlenmesinde etkili olan dört farklı zemin grubuna göre ve en üst zemin tabakası kalınlığına göre belirlenmektedir (AIGM, 1998)(Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.3 : Spektrum karakteristik periyotları.**

Yerel Zemin Sınıfı	TA (sn)	TB (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

**Çizelge 3.4 : NEHRP' e göre Zemin Sınıfları.**

Zemin Sınıfı	Zemin Özellikleri
A	Kayma dalgası hızı $v_s > 1500$ m/s olan sert kayalar
B	Kayma dalgası hızı $760 \text{ m/s} < v_s \leq 1500$ m/s olan kayalar
C	Çok sert zeminler ile kayma dalgası hızı $360 \text{ m/s} < v_s \leq 760$ m/s olan veya standart penetrasyon değeri $N > 50$ olan veya drenajsız kayma mukavemeti $S_u > 100$ kPa olan yumuşak kayalar.
D	Kayma dalgası hızı $180 \text{ m/s} < v_s \leq 360$ m/s olan veya standart penetrasyon değeri $15 < N \leq 50$ olan veya drenajsız kayma mukavemeti $50 \text{ kPa} < S_u \leq 100$ kPa olan katı zeminler.
E	Kayma dalgası hızı $v_s < 180$ m/s olan veya standart penetrasyon değeri $N < 15$ drenajsız kayma mukavemeti $S_u < 50$ kPa olan veya 3 m'den kalın yumuşak kil tabakası bulunduran zemin profilleri. Yumuşak kil Plastisite indeksi $PI > 20$ , su muhtevası $w \geq 40\%$ ve drenajsız kayma mukavemeti $S_u < 25$ kPa olan zeminler olarak tanımlanır.
F	Saha araştırma ve değerlendirmeleri gerektiren zeminler 1. Sismik yükler altında çökme veya Potansiyel göçme riskine sahip zeminler (Sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek hassasiyetli killer, göçebilir zayıf bağlayıcı zeminler vs.) 2. Turbalar ve/veya yüksek oranda organik killer ( $H > 3$ m olan turba veya yüksek oranda organik killer $H =$ zemin tabakası kalınlığı) 3. Çok yüksek plastisiteli killer ( $H > 8$ m ve plastisite indeksi $PI > 75$ ) 4. Çok kalın yumuşak/orta katı kil tabakaları ( $H > 36$ m)

Çizelge 3.4 'deki zemin sınıfı tanımları, zemin profilinin ilk 30 m.'lik derinliği için geçerli olmaktadır. Bu derinlik içerisinde birbirinden kesin olarak ayrılan zemin tabakaları varsa, bunların her biri için zemin parametreleri dikkate alınarak ortalama değerler hesaplanmaktadır.

Deprem Yönetmeliği'ne göre zemin grupları belirlenirken çeşitli parametrelere göre sınıflandırma yapılmaktadır. Bu parametreler Standart Penetrasyon Deneyi sonuçları (N30), kayma dalgası hızı değerleri, eksenel basınç deneyleri ve kumlu zeminler için relatif sıkılık değerleridir (Çizelge 3.5).

Bu sınıflandırma yapılırken, yeraltı su seviyesinin zemin yüzeyinden itibaren 10 m. içinde olduğu durumlarda D grubuna giren zeminler için sınıflandırma potansiyelinin bulunup bulunmadığının saha ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi gerekmektedir.

Gruplandırma, zeminler, en üst tabaka kalınlığına bağlı olarak dört ana zemin sınıfına ayrılır ve temel tabanı altındaki en üst zemin tabakası kalınlığının 3 m'den az olması durumunda, bir alttaki tabaka, en üst zemin tabakası olarak göz önüne alınabilmektedir.

Zemin grubu ve en üst zemin tabakası kalınlığını dikkate alınarak yerel zemin sınıfları yönetmelikte ayrıntılı bir şekilde tablolar halinde sunulmuş ve yerel zemin sınıfları Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak üzere dört zemin sınıfına ayrılmıştır (Çizelge 3.6).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin yapmış olduğu Avrupa yakası güneyinin mikrobölgeleme raporunda Türk Deprem Kodları sınıflamasında; İstanbul için genel olarak temel derinliği 3 m. alınmıştır. 3 m.'den kalın yapay dolgu ile kaplı alanlarda, en üst zemin tabakası olarak dolgunun altındaki zemin kullanmıştır.

Eğer konut yok ise kalın ( 10 m.'den fazla) yapay dolgu ile kaplanmış sahil kesimleri buralarda inşaat yapmak yasak olduğu için yerel zemin sınıflamasına dahil edilmemiştir. Her jeolojik formasyonun zemin sınıfı belirlenirken N-değerlerine kıyasla S-dalga hızlarına öncelik verilmiştir.

En üst tabaka kalınlığı belirlenirken zemin grubu, jeolojik formasyon ve N-değeri gibi sondaj bilgileri göz önüne alınmıştır (Çizelge 3.7). İnceleme alanı, yerel zemin sınıfı dağılımına göre çoğunlukla Z3 sınıfını içermektedir.

**Çizelge 3.5 : Deprem yönetmeliğine göre sınıflandırılan zemin grupları (İBB,2007).**

Zemin Grubu	Tanım	Standart Penetrasyon (N/30 cm)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/sn)
<b>A</b>	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar	>50	85-100	> 1000	>1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl	>32		> 400	>700
	3. Sert kil, siltli kil				>700
<b>B</b>	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar	30-52 16-32	65-85	500-1000	700-1000 400-700 300-700
	2. Sıkı kum, çakıl,			200-400	
	3. Çok katı kil, siltli kil				
<b>C</b>	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar	10-30 8-16	35-65	< 500	400-700 200-400 200-300
	2. Orta sıkı kum, çakıl,			100-200	
	3. Katı kil, siltli kil				
<b>D</b>	1. Yeraltı su seviyesinin düşük olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları	0-10 0-8	< 35	< 100	< 200 < 200 < 200
	2. Gevşek kum				
	3. Yumuşak kil, siltli kil				

**Çizelge 3.6 : Yerel zemin sınıfı (İBB, 2007).**

<b>Yerel Zemin Sınıfı</b>	<b>Zemin Grubu ve En Üst Tabaka Kalınlığı</b>
Z1	A Grubu zeminler, en üst tabaka kalınlığı 15 m' ye eşit veya daha az olan B grubu zeminler
Z2	En üst tabaka kalınlığı 15 m'den fazla B grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 15 m'den az C grubu zeminler
Z3	En üst tabaka kalınlığı 15-50 m (dahil) arasında olan C grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10 m'ye eşit veya daha az olan D grubu zeminler
Z4	En üst tabaka kalınlığı 50 m'den fazla olan C grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10 m'den fazla olan D grubu zeminler

### **3.6.5 Arazi sınıfları**

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde kullanılan arazi sınıfları haritası, MTA'nın 2004 yılında yaptığı İstanbul metropolü batısındaki kentsel gelişme alanlarının yer bilim verileri adlı çalışmada yapmış olduğu arazi sınıfları haritası sayısallaştırılarak hazırlanmıştır (EK A10).

MTA yapmış olduğu bu haritada, çalışma alanında birbirinden farklı süreçlerin etkin olduğu 5 ana yer şekli ayırt etmiştir. Bunlar, yüksek düzlük alanlar, yamaç zonu, geçiş zonu, taban araziler ve kıyı bölgesi olarak adlanmıştır. İnceleme alanında yüksek düzlük alanlar çoğunlukla Bakırköy ve Ceylan formasyonunun gözlendiği alanlardır.

MTA'nın yaptığı çalışmada yüksek düzlük alanlar; derinlik, başkalaşım, volkanik ve çökel kayalardan oluşur. Bu kayaçların atmosferik koşullarda düzleşmesi ile meydana gelen yüksek ve az eğimli, yeraltı su düzeyi kısmen derin, kütle hareketleri, taşkın ve sıvılaşma duyarlılığı olmayan, deprem etkisi göreceli düşük, bozunma ve toprak oluşumu gösteren alanlardır.

Bu çalışmada yamaç zonu; Güngören, Gürpınar, Çukurçeşme ve Soğucak formasyonlarının gözlendiği alanları göstermektedir. MTA'nın yaptığı çalışmada bu zon; derinlik, başkalaşım, volkanik ve çökel kayalardan oluşan, orta-yüksek eğimli yamaç morfolojisi sunan, litoloji, süreksizlik ve yamaç ilişkisine bağlı yoğun

**Çizelge 3.7 : Türk deprem kodu yerel zemin belirleme tablosu (İBB, 2007).**

Jeolojik Zaman	Formasyon	Sembol	Vs m/s (10-90% aralığı)	Zemin Grubu	Tanımlama		
					En üst tabaka kalınlığı	Yerel Zemin Sınıfı	
Holosen	Yapay Dolgu	Qyd	150-260	---	--	--	
	Bitkisel Toprak	Qts	200-350	---	--	--	
	Plaj Kum/ Alüvyon	As	160-340	N>30 ise C	h1≤15	<b>Z2</b>	
					15<h1≤50	<b>Z3</b>	
					h1>50	<b>Z4</b>	
		Ac	130-260	N≤30 ise D	h1≤10	<b>Z3</b>	
					h1>10	<b>Z4</b>	
					h1≤15	<b>Z2</b>	
	Ac	130-260	N>16 ise C	15<h1≤50	<b>Z3</b>		
				h1>50	<b>Z4</b>		
				h1≤10	<b>Z3</b>		
	Ac	130-260	N≤16 ise D	h1>10	<b>Z4</b>		
h1≤15				<b>Z2</b>			
h1>15				<b>Z3</b>			
Pleyistosen	Kuşdili	Ag	---	C	h1≤15	<b>Z2</b>	
					h1>15	<b>Z3</b>	
Miyosen	Bakırköy	Tceb1 (zemin)	210-450	N>30 ise C	h1≤15	<b>Z2</b>	
					h1>15	<b>Z3</b>	
					h1≤10	<b>Z3</b>	
		Tceb2 (kaya)	260-480	C	N≤30 ise D	h1>10	<b>Z4</b>
						h1≤15	<b>Z2</b>
						h1>15	<b>Z3</b>

**Çizelge 3.7 (devam) : Türk deprem kodu yerel zemin belirleme tablosu (İBB, 2007).**

Jeolojik Zaman	Formasyon	Sembol	Vs m/s (10-90% aralığı)	Tanımlama		
				Zemin Grubu	En üst tabaka kalınlığı	Yerel Zemin Sınıfı
Miyosen	Güngören	Tceg1 (zemin)	220-400	N>30 ise C	h1≤15	<b>Z2</b>
					h1>15	<b>Z3</b>
		N≤30 ise D		h1≤10	<b>Z3</b>	
				h1>10	<b>Z4</b>	
	Tceg2 (kaya)	270-480	C	---	<b>Z2</b>	
	Çukurçeşme	Tc1 (zemin)	200-440	N>30 ise C	h1≤15	<b>Z2</b>
					h1>15	<b>Z3</b>
		N≤30 ise D		h1≤10	<b>Z3</b>	
				h1>10	<b>Z4</b>	
	Tc2 (kaya)	---	C	---	<b>Z2</b>	
	Gürpınar	Tdg1 (zemin)	260-480	N>30 ise C	h1≤15	<b>Z2</b>
					h1>15	<b>Z3</b>
		N≤30 ise D		h1≤10	<b>Z3</b>	
				h1>10	<b>Z4</b>	
Tdg2 (kaya)	300-540	C	---	<b>Z2</b>		
Eosen	Ceylan / Soğucak	Tkc1 (zemin)	400-650	C	h1≤15	<b>Z2</b>
		h1>15	<b>Z3</b>			
Tkc2 (kaya)	400-900	B	---	<b>Z1</b>		
Paleozoik	Trakya	Ctw (ayrışmış)	---	C	h1≤15	<b>Z2</b>
		h1>15	<b>Z3</b>			
		Ct (ayrışmamış)	580-1840	A	---	<b>Z1</b>

kütle hareketlerinin gelişebildiği, erozyona açık, doğal su kaynağı boşalmalarının gözlemlendiği alanlardır. Bu alanların duraylılık sorunları ayrıntılı araştırılarak ve doğal yamaç eğiminin göz önünde bulundurularak planlanması gereken arazilerdir.

Geçiş zonu; yamaç zonu, taban ve birikimsel kıyı arazileri arasında geçişi sağlayan; akarsu sekisi, etek düzlüğü, birikinti yelpazesi çökellerinden oluşan, orta- düşük eğimli kütle hareketlerinin gelişebildiği, erozyona açık, doğal su kaynağı boşalmalarının gözlemlendiği alanlardır.

Taban araziler; inceleme alanında dere yataklarının olduğu kesimlerdir. Bu araziler; akarsu taşkın ve kanal çökellerinde oluşan, düşük eğimli, yeraltı suyu düzeyi çok sığ, vadi tabanı morfolojisinde, sıvılaşmaya yatkın zeminlerin bulunduğu taşkın tehlikesine maruz kalabilecek arazilerdir. Bu alanların sıvılaşma ve taşkın riski nedeniyle arazi grubu planlamasında tarımsal ve yeşil alan kapsamında kullanılmasına öncelik verilmelidir.

Kıyı bölgesi; kıyı düzlüğü, eski lagün, denizel seki, kıyı oku ve kordonu, lagün bataklık ve plaj gibi denizel-lagüner birikimsel çökel alanları ve morfolojik ünitelerden oluşur.

Düşük eğimli, yeraltı suyu düzeyi sığ bazen yüzeyde, sıvılaşma duyarlılığına sahip zeminlerin bulunduğu akarsu ve denizel taşkın alanlarıdır. Yalıyarlarda kütle hareketleri etkindir. Deniz dinamiği etkisindeki kıyı yamaçlarında planlama aşamasında ayrıntılı araştırmalar yapılması zorunludur.

Farklı dinamik süreçler etkisinde olan bu arazi sınıfları, ortak fiziki özelliklerinin yanı sıra, yer bilim disiplinleri açısından benzer özelliklerin yoğunlaştığı ve ortak koşulların egemen olduğu alanlara karşılık gelir.

### **3.6.6 Jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri**

Küçükçekmece gölü ile Haramidere arasındaki alanda gözlenen birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenirken, daha önceden bu alanda çeşitli kurum ve kuruluşların yapmış oldukları zemin sondaj verilerinden ve laboratuvar deneylerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, Zarif (1996)'in "Küçükçekmece-Büyükçekmece Gölleri Arasındaki Alanın Yamaç Stabilitesi" konulu doktora tezinde yer alan verilerden de yararlanılmıştır.

### 3.6.6.1 Soğucak formasyonu

Birim, beyaz, bej ve kirli beyaz, sert-sıkı kaya özelliği taşıyan resifal kireçtaşlarından oluşur. Genellikle orta-kalın tabakalı olup yer yer erime boşlukludur. Aynı zamanda yer yer kil oranının arttığı, dayanımı düşük kil ve marn hamuru ile tutturulmuş kireçtaşı düzeyleri de bulunmaktadır.

Soğucak kireçtaşında genel olarak yüksek karot verimi alınmakta ve sert kaya özelliği göstermektedir. Birimin karot yüzdesi % 56-70, RQD değeri ise % 60-100 (ort. 85) arasındadır. Deer (1968)' e göre ise Soğucak kireçtaşı iyi kaya grubuna girmektedir.

### 3.6.6.2 Ceylan formasyonu

Önceki çalışmalardan elde edilen veriler değerlendirilerek Ceylan formasyonunun karot yüzdesi % 68-93, RQD değeri ise % 49-66 (ort. 85) arasındadır. Deer (1968)' e göre ise birim orta-sağlam kaya grubuna girmektedir.

### 3.6.6.3 Gürpınar formasyonu

Birim, sarımsı-açık kahverengi, aşırı konsolide, fissürlü, montmorillonitik, daha çok volkanik gereçten türemiş, yer yer kireç topakları kapsayan, homojen, plastik, çok katı-sert kıvamda yeşilimsi killerden oluşmaktadır. Aşırı konsolide kil düzeylerinin indeks özellikleri aşağıda verilmiştir. Gürpınar kili birimi, kohezyonlu zemin niteliğindedir. Killerin likitlik indisi 0.35 ile 0.65 arasında, kıvamlilik indisi 0.34 ile 1.42 arasında değerler olarak, sertten çok serte kadar değişen kıvamlar sunar.

Doğal su muhtevası (%)	:25-35
Likit limit (%)	:35-105
Plastik limit (%)	:18-25
Plastisite İndeksi (%)	:20-60
Boşluk oranı (e)	:20-25

Gürpınar killeri, plastisite kartında A çizgisinin üzerinde, yüksek plastisiteli kil (CH) alanında kalmaktadır (Şekil 3.9). Yapılan önceki çalışmalardan derlenen Gürpınar biriminin ortalama jeomekanik özellikleri aşağıda verilmiştir.

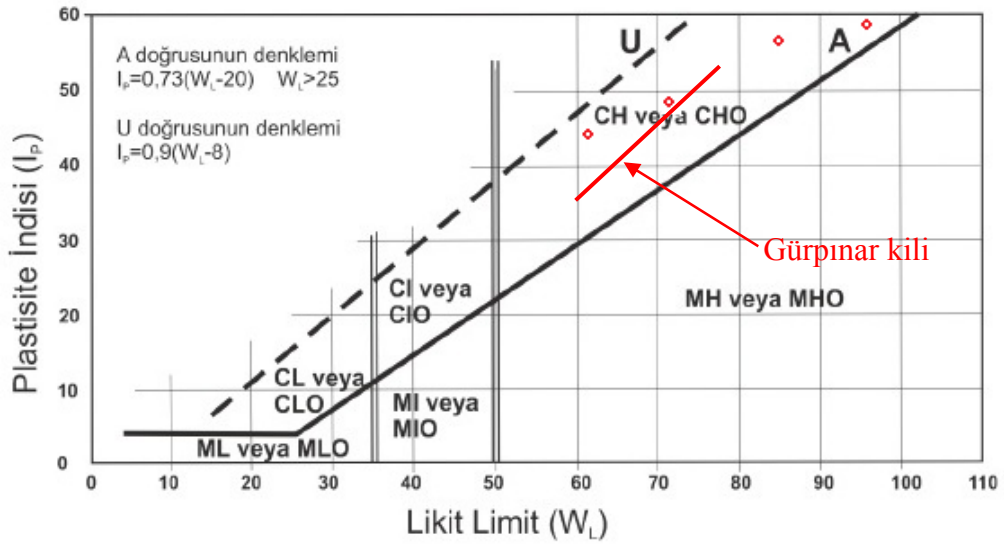
Şişme basıncı (kg/cm <sup>2</sup> )	:2,80-4,30
-------------------------------------	------------

Şişme yüzdesi (%) :2,83-5,66

Permeabilite (cm/sn) : $1 \times 10^{-6}$ - $1 \times 10^{-7}$

Boşluk oranı (e) :0,51-0,98

Gürpınar killerin Standart Penetrasyon Testleri sonucunda  $N_{30}$  değerlerinin 30-50 arasında değiştiği ve en yaygın değerinin  $N_{30}=50$  olduğu gözlenmiştir. Bu değerlere göre Gürpınar kili “ Katı- Çok Katı- Sert” kıvamlıdır.



Şekil 3.9 : Gürpınar kilinin plastisite kartında gösterimi.

#### 3.6.6.4 Çukurçesme formasyonu

Çukurçesme formasyonunun kum tabakaları arasında yer yer bantlar halinde gözlenen, 10-30 cm arasında değişen killi seviyelerine ait indeks özellikleri aşağıda verilmiştir.

Likit limit (%) :30-80

Plastik limit (%) :15-35

Doğal su muhtevası (%) :17-39

Birimin kil seviyelerinin kıvamlılık değerleri Leonards (1962) a göre değerlendirildiklerinde plastik özellikte çıkmaktadır.

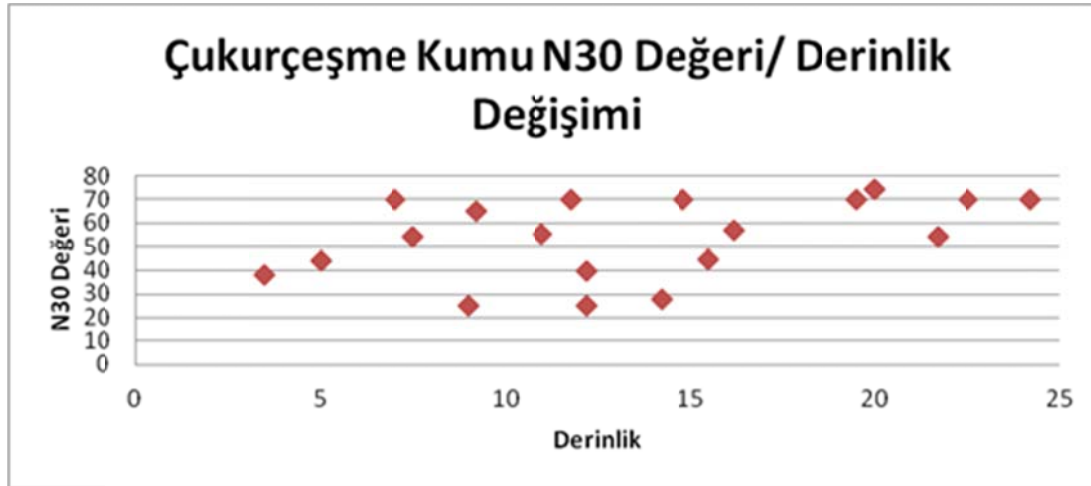
Formasyondan alınan çeşitli örnekler üzerinde yapılan elek analizi sonuçları Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre değerlendirildiğinde, iyi derecelenmiş kum (SW) ve Jumikis (1967) zemin üniformluk katsayısına göre ( $C_u = 4-13$ ) orta

dereceyle çok üniform olduğu görülmüştür (Zarif, 1996). Daha önce yapılan laboratuvar sonuçları değerlendirilerek birimin ortalama jeomekanik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Şişme basıncı (kg/cm <sup>2</sup> )	:0,112
Şişme yüzdesi (%)	:2,007
Permeabilite (cm/sn)	:5x10 <sup>-4</sup>

Çukurçeşme kumu tabakalarında yapılmış olan Standart Penetrasyon Test sonuçları (N<sub>30</sub>) 25- (>50) arasında değişmektedir (Şekil 3.10).

Bu grafiğe göre yüzeyde N<sub>30</sub>=35'ten başlayan değerler derinlikle hafif saçılmalarla artarak 15 m derinlikte N<sub>30</sub>=50'ye ulaşmaktadır. Daha altta da N<sub>30</sub>= (>50) değeri hakimdir. Sonuç olarak sığ derinliklerde gercin “Sıkı”, derinleştikçe de “Çok Sıkı” yerleşmiş olduğu anlaşılmaktadır (İTÜ Vakfı, 1997).



Şekil 3.10 : Çukurçeşme Kumu N<sub>30</sub> değerinin derinlikle değişim grafiği (İTÜ Vakfı,1997).

### 3.6.6.5 Güngören formasyonu

Yüksek plastisiteli, bataklık ortamı ürünü olan Güngören formasyonunun killерinin indeks özellikleri aşağıda verilmiştir.

Doğal su muhtevası (%)	:25-60
Likit limit (%)	:34-100
Plastik limit (%)	:18-25

Plastisite İndeksi (%) :35-90

İnceleme alanında Firuzköy ve Avcılar civarında 1-5 m arasında kalınlıkta olan formasyonun bazı seviyeleri aşırı konsolide kil görünümündedir. Güngören kil birimi, kohezyonlu zemin niteliğindedir . Birimin jeomekanik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Şişme basıncı (kg/cm<sup>2</sup>) :0,2-0,8

Şişme yüzdesi (%) :0,35-1,4

Permeabilite (cm/sn) :2x10<sup>-6</sup>

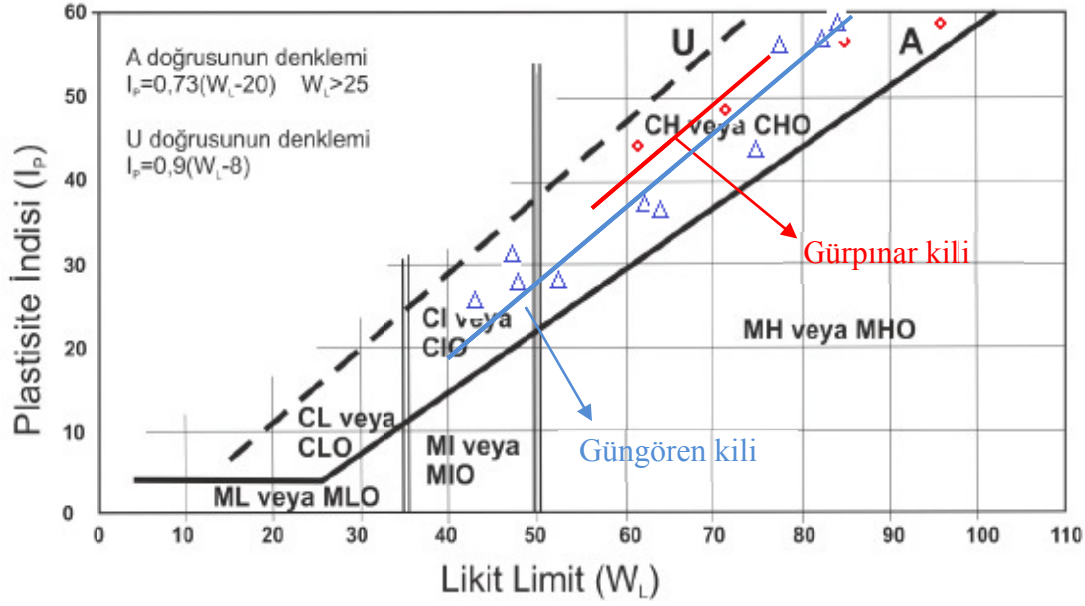
Formasyonun plastisite indisi değerleri % 35-90 arasında değişmekle beraber bu değerlerin % 82'sinin % 45-60 arasında değiştiği gözlenmiştir. Burmister (1951) sınıflaması esas alındığında "yüksek-çok yüksek plastisiteli", Leonards (1962) sınıflaması esas alındığında ise "çok plastiktir" (Zarif,1996). Yüksek plastisite indisi, bu killerin su ile temas halinde şişme özelliği gösterebileceğini belirtmektedir. Aynı örneklerin kıvamlılık indisleri, sertten çok serte kadar değişkenlik gösterir. Örneklerin % 85 gibi büyük bir çoğunluğu 0.75-1.00 değeri aldığından, sert kıvamdadır.

Killerin likitlik indisi 0.35 ile 0.65 arasında, kıvamlılık indisi 0.34 ile 1.42 arasında değerler alarak, sertten çok serte kadar değişen kıvamlar sunar.

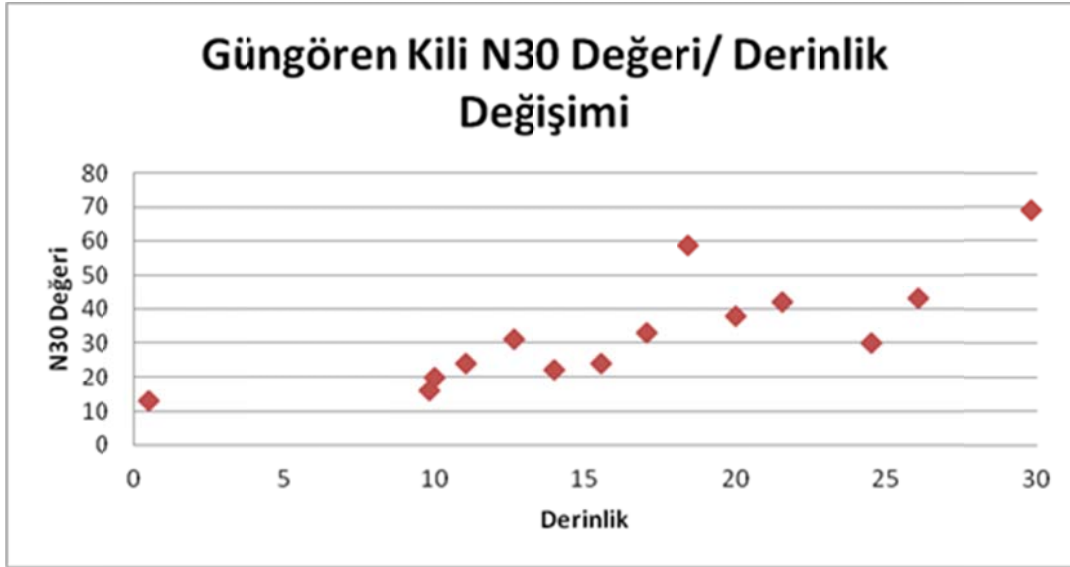
Güngören formasyonun killeri, plastisite kartında A çizgisinin üzerinde, yüksek plastisiteli kil (CH) bir bölümünün düşük plastisiteli (CL) ve bir bölümünün de plastik (CH) kil alanında kalmaktadır (Şekil 3.11).

Birimin kıvam limitleri değerleri Şekil 3.11'de bir doğru üzerinde dizilmektedir. Buna göre Güngören kili örneklerinin doğrusu, alttaki Gürpınar kili örneklerinininkine göre A çizgisine daha yakındır. Bu da, Güngören killerinin silt içeriğinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Standart Penetrasyon Testleri sonucunda bulunan Güngören killerinin N<sub>30</sub> değerleri 6-(>50) arasında değişmektedir (Şekil 3.12). Bu değerlerin derinlikle düzenli biçimde arttığı Şekil 3.12'de görülmektedir. İlk 10 m derinlikte N<sub>30</sub> değeri 6-30 arasında değişmekte, 10-30 m arasında N<sub>30</sub> değeri 15-50 ve 30 m'den derinde ise N<sub>30</sub> değeri 30- (>50) arasında değişmektedir. Sonuç olarak sığ derinliklerde "Kati", derinde ise "Çok Kati-Sert" kıvamlı olduğu anlaşılmaktadır (İTÜ Vakfı, 1997).



Şekil 3.11 : Güngören kilinin plastisite kartında gösterimi.



Şekil 3.12 : Güngören killerinin  $N_{30}$  değerinin derinlik ile değişim grafiği (İTÜ Vakfı,1997).

### 3.6.6.6 Bakırköy formasyonu

İnceleme alanının birçok yerinde bitkisel toprak veya yapay dolgunun altında olan formasyonun egemen litolojisi kireçtaşıdır. Bakırköy formasyonunun Güngören formasyonu ile geçişini oluşturan killer çoğunlukla kireçtaşı ve marn katkılı olup yer yer kıltaşı özelliindedir. Bu iki birimin aynı çökelme havzasında değişen paleoortam koşullarına bağlı olarak yanal ve düşeyde birbirlerinin yerini aldığı, bunların ancak litoloji özelliklerinde göre iki farklı birim olarak ayırt edilebileceği ve bu ayırımın

mühendislik davranışlarının farklılığı nedeniyle anlamlı ve önemli bulunduğu belirtilmelidir (İTÜ Vakfı,1997).

Bakırköy formasyonu içindeki yeşil renkli killi seviyeler, ince-orta katmanlı, orta katı-katı ve fissürlüdür. Killerin indeks özellikleri aşağıda verilmiştir. Kireçtaşıdan beslenen düzeylerde bu değerle diğer düzeylere oranla daha yüksektir.

Likit limit (%)	:30-70
Plastik limit (%)	:18-30
Plastisite İndeksi (%)	:12-36

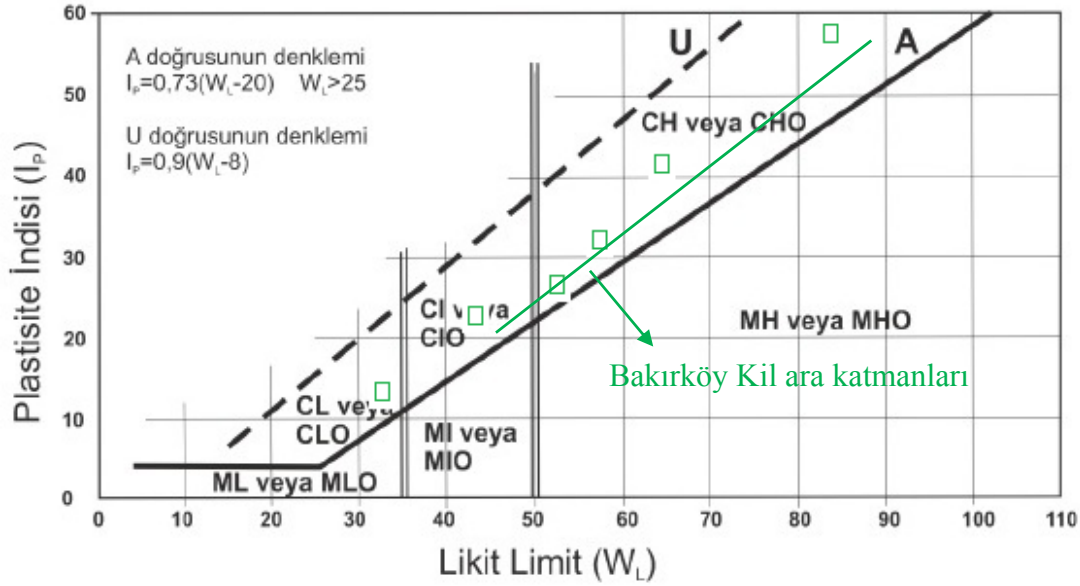
Avcılar bölgesinin yüksek kesimlerinde ve özellikle batı yarısında yaygın olarak gözlenebilen Bakırköy formasyonu 3-15 m kalınlığa ulaşmaktadır. Bu katmanda yapılan SPT deneyleri sonucunda, çok katı-sert kıvamda olduğu belirlenmiştir. Kireçtaşları ile ardalanan ve yer yer görülen fissürlü ve aşırı konsolide kil ara katkılarının jeomekanik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Penetrasyon direnci ( $N_{30}$ )	:20-25
Doğal su içeriği (%)	:30
Permeabilite (cm/sn)	: $1,65 \times 10^{-3}$

Bakırköy formasyonu ile Güngören formasyonu geçişini oluşturan bu killerin kıvamı yumuşaktan, serte veya çok serte kadar değişkenlik gösterir. Bu killerin kıvamı daha çok yarı sert ( $I_c \approx 0.54$ ) olmasına rağmen, birimin su içeren kireçtaşlarına yakın olan seviyeleri çok yumuşak kıvama sahiptir. Likitlik indisi değerleri ortalaması da 0.57'dir.

Bakırköy kil ara katmanlarının plastisite kartındaki gösterimine bakıldığında A çizgisinin üzerinde dağılım gösterdikleri görülmektedir (Şekil 3.13). Leonards (1962) sınıflaması esas alındığında, killi düzeylerin büyük bölümünün plastik (%82) özellikte olduğu saptanmıştır. Kıvamlılık indisi, "çok yumuşak ile çok sert" arasında geniş bir dağılım göstermektedir. Bakırköy formasyonu kireçtaşı seviyelerine ait karot örnekleri incelenip üzerinde çeşitli deneyler yapılmıştır.

Deneyler sonucunda karot yüzdesinin % 50-80 arasında değiştiği, RQD'nin ise % 15-20 arasındaki değerlerde olduğu gözlenmiştir. Deere ve Miller (1966) sınıflamasına göre kireçtaşlarının "çok düşük dayanımlı" oldukları saptanmıştır.



**Şekil 3.13** : Bakırköy kil ara katmanlarının plastisite kartında gösterimi.

Bu sonuca göre kaya kalitesi oldukça kötüdür. Ancak, sık ve yaygın kil aratabakaları ile daha çok kohezyonlu zemin ortamına eş bir mühendislik davranışına kabul edilebilir. Kaya tabakaları yumuşak-orta sert'dir. Deer (1968)' e göre ise Bakırköy kireçtaşı çok çatlaklı ve zayıf kaya grubuna girmektedir.

### 3.6.6.7 Alüvyon

Alüvyonun önceki çalışmalardan elde edilen ortalama jeomekanik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Penetrasyon direnci ( $N_{30}$ )	:4-21
Likit limit (%)	:35-55
Plastik limit (%)	:17-33
Plastisite İndeksi (%)	:4-35

### 3.6.6.8 Yapay dolgu

Çalışma alanının güney kesimlerinde yapay dolgular gözlenmektedir. Bu kesimlerde kalınlığı artan dolgu seviyeleri baskın olarak kil,silt,kum ve yer yer çakıllardan oluşmaktadır. Çalışma alanında yer alan yol dolguları ise yine baskın olarak kil, silt, kum ve yer yer çakıllardan oluşmaktadır. SPT değerlerinin düşük olduğu bu seviyeler oldukça gevşek bir özellik sunmaktadır.

#### 4. ARAZİ KULLANIMINA YÖNELİK YAPILAN ANALİZLER

Arazi kullanımına yönelik yapılan uygunluk analizi birçok kullanım kategorisi için arazinin potansiyelini tahmin etme işlemi olup çeşitli arazi kullanım türlerinin gereksinimleri ile arazinin sahip olduğu niteliklerin kıyaslanmasından ibarettir (Beck vd., 1978).

Kentsel arazi kullanım kararlarının, kente özgü jeolojik eşik ve özellik kriterlerinin değerlendirilmesi esasına dayanılarak gerçekleştirilmesi, jeotehlike süreçlerinden uzak sürdürülebilir ve sağlam kentler yaratılmasında temel adımdır. Arazi kullanım planlamasının amaçlarından en önemlisi, temel doğa kaynaklarının korunması ve arazi parsellerinin en faydalı kullanımı ile kazanç sağlamak için bir arazi parselinin diğeri ile kıyaslandığında avantaj ve dezavantajlarının değerlendirilmesidir (Dai, 2001). Bu değerlendirmenin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için arazinin içinde bulunduğu jeolojik eşiklerin ayrıntılı bir şekilde ortaya konması gerekmektedir.

Bir kenti tehdit eden jeolojik eşik ve çevresel tehlikeler; deprem, heyelan, sel, yeraltı sularının kirlenmesi, sıvılaşma, çökme, vb. olarak sıralanabilir. Bu tehlikeler, kentin içinde bulunduğu jeolojik, morfolojik, hidrojeolojik, tektonik gibi özellikleri analiz edilmeden gerçekleştirilen arazi kullanım kararları ile artar. Bu sebeple farklı arazi kullanımları uzun dönemli kent gelişiminde farklı jeolojik çevreyi göz önünde bulundurmak zorundadır. Arazi kullanım planlaması birçok disiplinin bir arada çalışmasını gerektiren çok yönlü ve çok alternatifli karar verme sürecini gerektirir. Arazi kullanım kararını etkileyen birden fazla kriter olduğunda karar verme karmaşık bir süreç alır. Bu süreçte kriterlerin önceliği ve ağırlığı, kentsel kullanım amacına göre değişir (Marinoni, 2004). Arazi kullanım planlama sürecinde çok kriterli karar verme analiz teknikleri, en doğru arazi kullanım kararlarının verilmesinde karar vericilere büyük destek sağlar. Karar destek sistemleri için gerekli veriler büyük oranda coğrafi tabanlıdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi koordinatlı tüm şekillerdeki verilerin görüntülenmesi, etkili şekilde bulup-çıkarma, kaydetme, güncelleme, analiz ve personel, bilgisayar donanımı, yazılımı ve coğrafik verilerin

organize edilmiş koleksiyonudur (ESRI, 1994). CBS, grafik ve grafik olmayan verilerin depolanması, analiz edilmesi, bunların geri alınabilmesi ve haritalanabilmesini sağlamaktadır. CBS’de hem düzlemsel hem de dünya koordinat sistemleri rahatlıkla kullanılabilir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri’nin bir çok disiplinde olduğu gibi jeolojide özellikle Mühendislik Jeolojisi’ndeki kullanım yoğunluğu gittikçe artmaktadır. Bunlar; stabilite ve heyelanlı sahaların risk analizlerinin yapılması, deprem hasar dağılımı ve zemin, bina türü, topoğrafya gibi faktörlerle ilişkilendirilmesi, akarsu ve tsunamilerin oluşturduğu taşkınlar ve bu taşkınların etki alanlarının belirlenmesi, heyelan alanlarının belirlenmesi, endüstriyel atıkların ve çöp döküm alanlarının çevre kirlenmesine etkilerinin belirlenmesi, kentlerin arazi kullanım potansiyellerinin ortaya çıkarılması ve bu doğrultuda uygun yer seçimi,

CBS ile hazırlanan üç boyutlu sayısal arazi modelleri ile tünel, köprü, yol ve alt yapı güzergahlarının seçiminde büyük kolaylıklar sağlaması ve bunların yanı sıra sorgulama ve analizi sayesinde doğru ve hızlı karar verebilmeyi desteklemesi şeklinde sıralanabilir.

Bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri aracılığı ile Haramidere-Küçükçekmece gölü arasının yerel jeolojik koşulları baz alınarak çok kriterli karar destek sistemleri ile yerleşime uygunluk analizi yapılmıştır.

Çok kriterli karar destek sistemlerinden; Analitik hiyerarşi süreci yöntemi uygulanarak çalışma alanının uygunluk analizi; çok katlı binalar, orta katlı binalar, az katlı binalar, sanayi alanları ve açık-yeşil alanlar olmak üzere 5 farklı arazi kullanım kategorisi için yapılmıştır. Yine çok kriterli karar destek sistemlerinden biri olan karşılıklı etkileşim yöntemi uygulanarak çalışma alanının yerleşime uygunluk değerlendirmesi; yerleşime uygun alanlar, önemli alanlar ve yerleşime uygun olmayan alanlar olmak üzere 3 farklı kategoride incelenmiştir.

#### **4.1 Arazi Kullanımına Yönelik Yapılan Analizlerde Kullanılan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri**

Arazi kullanım uygunluk analizlerinde uygun arazi kullanım tipinin belirlenmesi için farklı kriterlere rölatif ağırlıklar atamak giderek daha karmaşık hale gelmektedir. Bu nedenle ağırlık hesaplamasında kolaylık sağlayan Çok Kriterli Karar Verme

yöntemleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemler ağırlıkları, kriterlerin puanlama veya sıralanmasını, amaçların önemi açısından tek ya da çoklu setler halinde düzenlenmesini içerir. Ancak bu yöntemlerin tek başına kullanılması coğrafi boyutta ciddi eksiklikler ortaya çıkarır. Bu eksiklikler, mekandaki heterojenliği göz önünde bulundurarak değerlendirme imkanı tanıyan Mekansal Çok Kriterli Analiz tekniği ile büyük ölçüde giderilmektedir.

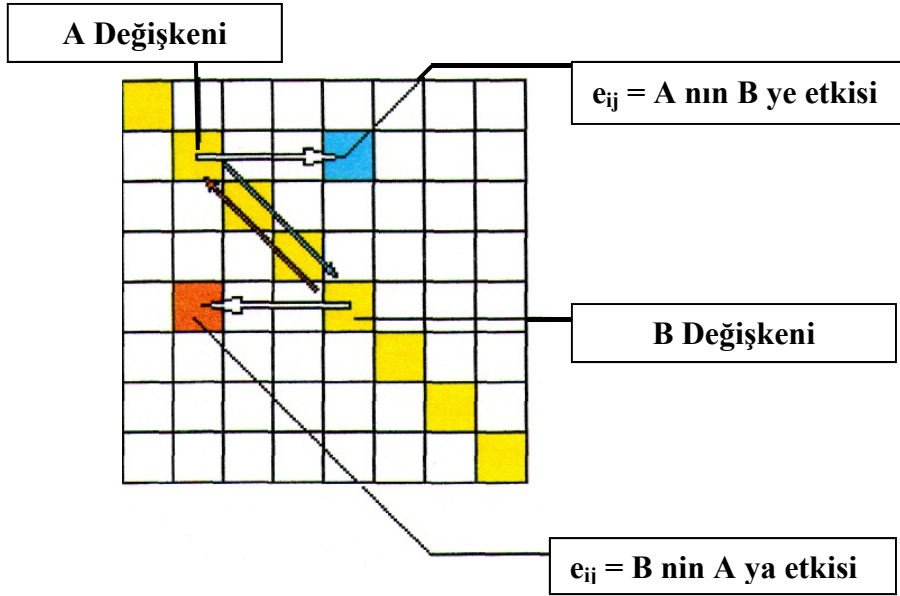
Mekansal Çok Kriterli Analiz tekniği, değerlendirme kriterlerinin oluşturduğu setler ile karar verici tercihlerine ek olarak, kriter değerlerinin ve alternatiflerin mekanda göstereceği farklılıkları da göz önünde bulundurur. Bu tekniğin uygulanması, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden olan Karşılıklı Etkileşim metodu ile Analitik Hiyerarşi Süreci'nin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile birlikte kullanımı ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu yaklaşım, subjektif değerler ve tercihlerin, coğrafi özellikler ile birleşimindeki eksiklikleri büyük ölçüde azaltmaktadır.

Bu çalışmada, Karşılıklı Etkileşim metodu ve Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemleri, CBS ortamında uygulanarak inceleme alanının arazi kullanımı uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir.

#### **4.1.1 Karşılıklı etkileşim yöntemi**

İnceleme alanının yerleşime uygunluk değerlendirmesinde kullanılan Karşılıklı Etkileşim metodu, bölgedeki yerleşime uygunluğu yönlendiren kriterlerin birbirleri ile etkilenme derecelerine göre oluşturulan bir karar matrisi ile uygulanır.

Karar matrisinde, uygunluk kriterleri köşegen üzerinde yerleştirilmekte, satır toplamları kriterin derecesini (nedeni), sütün toplamları etkilenme düzeyini (sonucu) göstermektedir. Satır ve sütünlarda kullanılan sayı atamaları (kodlama) ise köşegen üzerindeki kriterlerin karşılıklı olarak kıyaslanmaları ile yapılmaktadır (Şekil 4.1). Kullanılan kodlama, A dana B ye etki AB ve B den A ya etki BA hücrelerinde sayısal olarak tanımlama temeline dayanmaktadır. A dan B ye etki A için sebep, B için etkidir. Başka bir ifade ile A nın B üzerindeki etkisini göstermektedir. B den A ya etki B için sebep, A ise etkidir; şu halde B nin A üzerindeki etkisini belirtmektedir (Hudson, 1992). Yarı sayısal olarak ifade edilen bu kodlamada Çizelge 4.1'de verilmektedir. Oluşturulan karar matrisiyle inceleme alanında karşılaşılan farklı ortamların (kaya veya zemin türündeki) yerleşime uygunluğunu yönlendiren kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir.



Şekil 4.1 : Karar matrisi ve değişken etkileşimleri (Vardar, 2012).

Çizelge 4.1 : Karar matrisinde kullanılan yarı sayısal kodlama.

Etki Değerleri	Değer Tanımları
0	Değişkenler arasında hiç ilişki olmaması durumu
1	Değişkenler arasında az ilişki olması durumu
2	Değişkenler arasında orta ilişki olması durumu
3	Değişkenler arasında ilişki olması durumu
4	Değişkenler arasında çok ilişki olması durumu

İki kriter, örneğin ortam türü ve eğim seçilerek yapılan işlem aşağıda belirtildiği gibi açıklanabilir: Eğimin ortam türüne etkisi yoktur. Dolayısıyla bu durum 0 ile gösterilmiştir. Ortam türünün eğim üzerindeki etkisi fazla olduğu için bu durum 4 ile gösterilmiştir.

Aynı şekilde sıvılaşma olasılığı ve kütle hareketleri arasında yapılan kıyaslamada, sıvılaşma olasılığının kütle hareketleri üzerindeki etkisi fazla olduğu için 3, kütle hareketlerinin sıvılaşma olasılığı üzerindeki etkisi de 0 olarak değerlendirilmiştir. Diğer kriterler içinde benzer kıyaslamalar yapılarak inceleme alanındaki yerleşime uygunluk parametrelerinin önem dereceleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi kriterler önem derecelerine göre ortam türü, su durumu, sıvılaşma olasılığı, eğim, taşıma gücü, taşkın, kütle hareketleri, deprensellik ve arazi sınıfları olarak sıralanmışlardır.

Çizelge 4.2 : İnceleme alanının karar matrisi.

									<b>Ni</b>
<b>Ortam Türü</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	<b>28</b>
0	<b>Eğim</b>	3	2	4	2	3	3		<b>17</b>
0	2	<b>Su Durumu</b>	3	4	4	3	3		<b>19</b>
0	1	0	<b>Depremsellik</b>	4	4	0	2		<b>11</b>
0	2	2	4	<b>Kütle Hareketleri</b>	0	3	4		<b>15</b>
2	2	3	4	3	<b>Sıvılaşma</b>	1	4		<b>19</b>
0	4	3	0	1	1	<b>Taşkın</b>	4		<b>13</b>
0	0	0	1	1	1	1	<b>Arazi Sınıfları</b>		<b>3</b>
<b>Ei</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	

#### 4.1.1.1 Kriter ağırlıklarının hesaplanması ve değerlendirilmesi

İnceleme alanının bütünü için yerleşime uygunluğun irdelenmesinde etkili olan kriterler belirlendikten sonra karar matrisinin  $N_i$  sütündeki sayısal değerlerden yararlanılarak bunların denge bozulmalarının oluşumundaki etki ağırlıkları saptanır (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3 : Kriterlerin etki ağırlıklarının belirlenmesi.**

Kriterler	N + E	N - E	Etki Ağırlığı [ $f^e$ ]
Ortam Türü	30	26	0,83
Eğim	32	2	0,89
Su Durumu	34	4	0,94
Depremsellik	29	-7	0,81
Kütle Hareketleri	36	-6	1,00
Sıvılaşma	35	3	0,97
Taşkın	28	-2	0,78
Arazi Sınıfları	27	-21	0,75

Etki ağırlıkları belirlenirken, en etkili parametrenin etki ağırlığı 1 kabul edilir. Diğer parametrelerinki ise buldukları satırdaki sayısal toplamaların, en etkili parametrenin bulunduğu satırdaki toplam değere bölünmesi ile hesaplanır.

İnceleme alanının yerleşime uygunluğunda etkili olan kriterler ve etki ağırlıkları belirlendikten sonra as alanlar bazında değerlendirme yapabilmek için daha önce yapılan çalışmalarla sınıflanan kriterler, farklı özellikleri dikkate alınarak sıfırdan en olumsuz doğru artacak şekilde yarı sayısal kodlanır (Çizelge 4.4). Her kriter için yapılan kodlama farklı sayısal büyüklükleri içerdiği için dengeleme çarpanları ( $f_d$ ) kullanılır (Çizelge 4.5). Dengeleme çarpanları bulunurken, yapılan sınıflamada en fazla gruplanmış olan kriterin en büyük kod sayısı baz alınır ve dengeleme çarpanı 1 kabul edilir. Diğer kriterlerin dengeleme çarpanları, en büyük kod sayılarının en fazla gruplanmış kriterin en büyük kod sayısına bölünmesi ile belirlenir. Son aşamada her bir parametre için Risk Değerlendirme Kriteri oluşturulur.

Bu amaçla, parametreler için atanan yarı sayısal değerler (kodlama sayıları =  $e_i$ ), Çizelge 4.6'da her parametre için verilen etki ağırlıkları ( $f_{di}$ ) ve dengeleme çarpanlarıyla ( $f_{ei}$ ) çarpılmaktadır.

**Çizelge 4.4 :** Kriterlerin sayısal kodlamasında kullanılan değerler.

<b>Ortam Türü:(Birimlerin fiziko-mekanik parametrelerine göre değerlendirilmiştir)</b>						
Kaya (Çok iyi) 0	İri taneli zeminler (İyi) 1	İnce taneli zeminler (Orta) 2	Alüvyon (Kötü) 3	Yapay dolgu (Çok kötü) 4		
<b>Su Durumu: ( Birimlerin akifer olma özelliğine göre değerlendirilmiştir.)</b>						
Akifer özelliği olmayan birimler 0	Gürpınar formasyonu 1	Bakırköy ve Soğucak formasyonu 2	Çukurçeşme formasyonu 3	Alüvyon 4		
<b>Eğim:</b>						
Düz – Çok az eğimli ( 5°- 0°) 0	Az eğimli ( 6°- 10°) 1	Orta eğimli ( 11°- 20°) 2	Çok eğimli ( 21°- 25°) 3	Oldukça sarp ( 26°- 35°) 4	Sarp ( 36°- 45°) 5	Çok sarp ( >45°) 6
<b>Depremsellik: (Birimlerin zemin sınıflamasına göre değerlendirilmiştir.)</b>						
Z1 0	Z2 1	Z3 2	Z4 3			
<b>Kütle Hareketleri:</b>						
Duraylı 0	Düşük ve orta riskli 1	Çok riskli 2	Aktif 3			
<b>Sıvılaşma:</b>						
Sıvılaşma Olasılığı Yok 0	Sıvılaşma Olasılığı Az 1	Sıvılaşma Olasılığı Orta 2	Sıvılaşma Olasılığı Çok 3			
<b>Taşkın:</b>						
Taşkın beklenmeyen alan 0		Taşkın alanı 1				
<b>Arazi Sınıfları:</b>						
Yüksek Düzlük Alanlar 0	Yamaç Zonu 1	Geçiş Zonu 2	Taban Araziler 3	Kıyı Bölgesi 4		

**Çizelge 4.5 : Dengeleme çarpanları.**

Kriterler	Etki Ağırlığı [f <sup>e</sup> ]	Dengeleme Çarpanı [f <sup>d</sup> ]
Ortam Türü	0,83	1,40
Eğim	0,89	1,00
Su Durumu	0,94	1,40
Depremsellik	0,81	1,75
Kütle Hareketleri	1,00	1,75
Sıvılaşma	0,97	1,75
Taşkın	0,78	3,50
Arazi Sınıfları	0,75	1,40

**Çizelge 4.6 : Ağırlık katsayıları.**

Kriterler	Etki Ağırlığı [f <sup>e</sup> ]	Dengeleme Çarpanı [f <sup>d</sup> ]	Ağırlık Katsayısı [f <sup>e</sup> x f <sup>d</sup> ]
Ortam Türü	0,83	1,40	1,17
Eğim	0,89	1,00	0,89
Su Durumu	0,94	1,40	1,32
Depremsellik	0,81	1,75	1,41
Kütle Hareketleri	1,00	1,75	1,75
Sıvılaşma	0,97	1,75	1,70
Taşkın	0,78	3,50	2,72
Arazi Sınıfları	0,75	1,40	1,05

Risk değerlendirmesinin temel ilkesi her as alan için bulunan sayısal RDK<sub>i</sub> değerlerinin harita üzerine yerleştirilerek yerleşime uygunluluk açısından eşit ağırlıkta olan yerlerin ayırtlanmasına dayanır. Dolayısıyla yerleşime uygunluk haritaları oluşturulurken, RDK<sub>i</sub> bakımından benzer özellikli alanlar (noktalar) taranır (konturlanır).

**Çizelge 4.7 : Risk bölgelemede YUA için taban ve tavan değerler.**

Kriterler	e <sub>i</sub> (min)	e <sub>i</sub> (maks)	Ağırlık Katsayısı [f <sup>e</sup> x f <sup>d</sup> ]	Sonuç ( e <sub>i</sub> x [f <sup>e</sup> x f <sup>d</sup> ] )	
				RDKmin	RDKmaks
Ortam Türü	0	2	1,17	0	2,33
Eğim	0	1	0,89	0	0,89
Su Durumu	0	1	1,32	0	1,32
Depremsellik	0	1	1,41	0	1,41
Kütle Hareketleri	0	0	1,75	0	0,00
Sıvılaşma	0	0	1,70	0	0,00
Taşkın	0	0	2,72	0	0,00
Arazi Sınıfları	0	0	1,05	0	0,00
Yerleşime Uygun Alanlar için Σ RDK <sub>i</sub> =				0,00	5,95

**Çizelge 4.8 :** Risk bölgelemede ÖA için taban ve tavan değerler.

Kriterler	e <sub>i</sub> (min)	e <sub>i</sub> (maks)	Ağırlık Katsayısı [f <sup>e</sup> ] x [f <sup>d</sup> ]	Sonuç ( e <sub>i</sub> x [f <sup>e</sup> ] x [f <sup>d</sup> ] )	
				RDKmin	RDKmaks
Ortam Türü	1	2	1,17	1,17	2,33
Eğim	2	3	0,89	1,78	2,67
Su Durumu	2	3	1,32	2,64	3,97
Depremsellik	1	2	1,41	1,41	2,82
Kütle					
Hareketleri	1	2	1,75	1,75	3,50
Sıvılaşma	1	2	1,70	1,70	3,40
Taşkın	0	0	2,72	0,00	0,00
Arazi Sınıfları	1	3	1,05	1,05	3,15
Önlemler Alanlar için Σ RDK <sub>i</sub> =				11,50	21,84

**Çizelge 4.9 :** Risk bölgelemede YUOA için taban ve tavan değerler.

Kriterler	e <sub>i</sub> (min)	e <sub>i</sub> (maks)	Ağırlık Katsayısı [f <sup>e</sup> ] x [f <sup>d</sup> ]	Sonuç ( e <sub>i</sub> x [f <sup>e</sup> ] x [f <sup>d</sup> ] )	
				RDKmin	RDKmaks
Ortam Türü	3	4	1,17	3,50	4,67
Eğim	4	5	0,89	3,56	4,44
Su Durumu	4	4	1,32	5,29	5,29
Depremsellik	3	3	1,41	4,23	4,23
Kütle					
Hareketleri	3	3	1,75	5,25	5,25
Sıvılaşma	3	3	1,70	5,10	5,10
Taşkın	1	1	2,72	2,72	2,72
Arazi Sınıfları	4	4	1,05	4,20	4,20
Yerleşime Uygun Olmayan Alanlar için Σ RDK <sub>i</sub> =				33,85	35,91

Bölge sınırları ise risk değerlendirme kriterlerinin taban ve tavan değerleri kullanılarak belirlenir . Bu amaçla elde edilen bu değerlerin yerleşime uygun alanlar (Çizelge 4.7), önlemler alanlar (Çizelge 4.8) ve uygun olmayan alanlar (Çizelge 4.9) için ayrı ayrı oluşturularak yerleşime uygunluk değerlendirmesi tamamlanmıştır.

#### 4.1.1.2 Sonuç analizi

Tüm mevcut verilerin değerlendirilmesi ile elde edilen tehlike haritalarından yararlanılarak yapılan Karşılıklı Etkileşim analizi sonucunda, inceleme alanının yerleşilebilirlik grupları oluşturulmuştur. Bu kapsamda, yerleşime uygunluk durumunu etkileyebilecek kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlerin başlıcaları; ortam türü, su durumu, eğim, taşıma gücü, sıvılaşma, taşkın riski, depremsellik, kütle hareketleri ve arazi sınıflarıdır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda inceleme

alanının 1/25000 ölçekli yerleşime uygunluk haritası hazırlanmış ve Şekil 4.2' de verilmiştir.

### **Yerleşime uygun alanlar**

Şekil 4.2'de verilen Yerleşime Uygunluk Haritasında beyaz renkli bölgeler, Yerleşime Uygun Alanlar olarak tanımlanmıştır. Bu alanlarda;

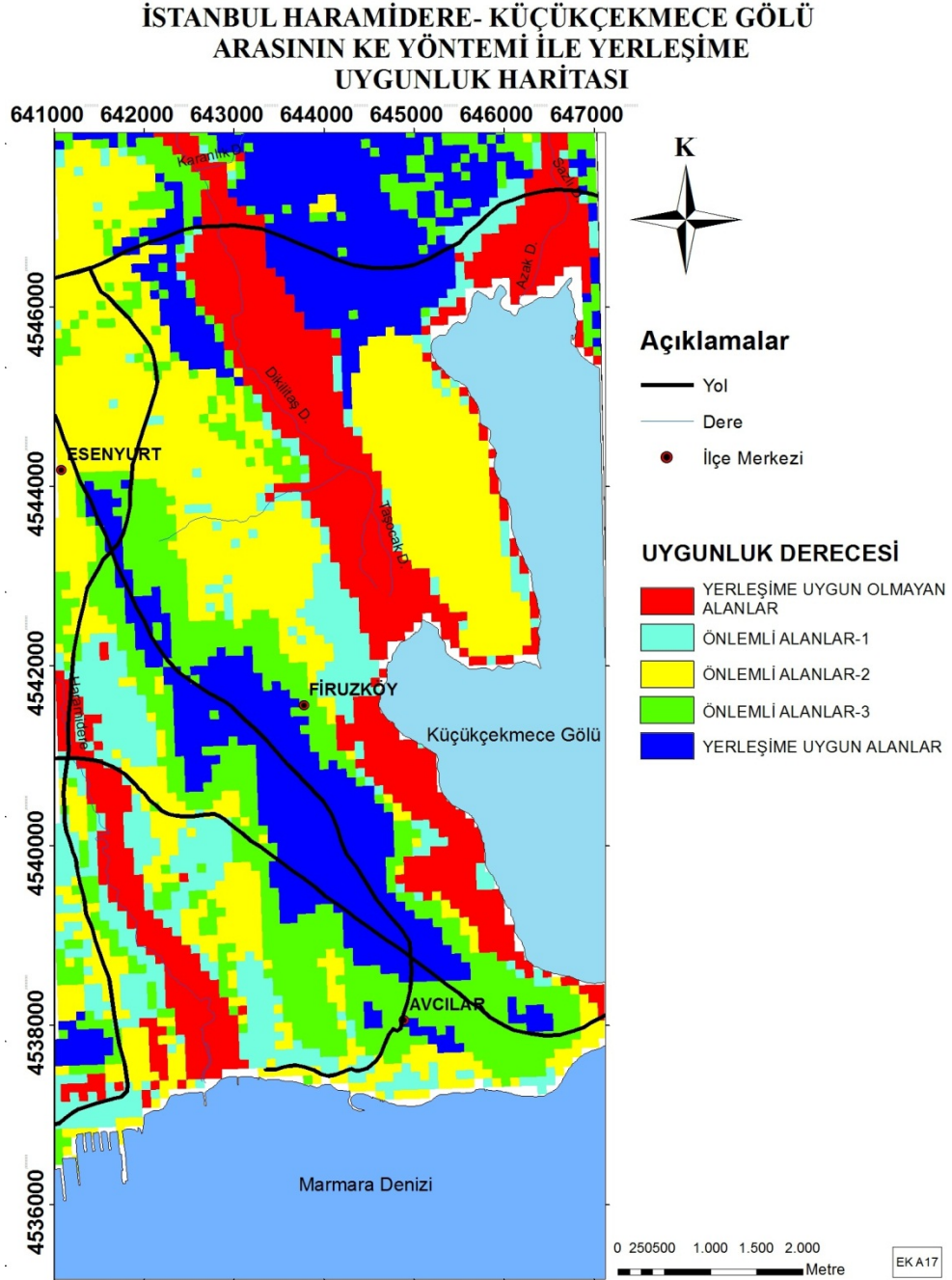
- Jeolojik olarak Ceylan formasyonu, Soğucak kireçtaşı ve Bakırköy formasyonuna ait birimler bulunmaktadır.
- Morfolojik olarak burada yapılaşmaya engel eğimli yamaçlar bulunmamaktadır. Yamaç eğimleri 0-10° arasında değişen yüksek düzlük alanları içermektedir.
- Heyelan ve benzeri kütle hareketleri gelişmemiştir.
- Yeraltı suyu 5 m. ve daha derindedir. Yeraltı suyu yer yer tünek akifer niteliğindedir.
- Sıvılaşma ve taşkın riski bulunmamaktadır.
- Yerel zemin sınıflamasına göre Z3 grubu zemin sınıfına girmektedir.
- Bu alanlardaki jeolojik ortamlar, temel mühendisliği bakımından yeterli taşıma gücüne sahiptir.

Bu alanlar, her ne kadar yapılaşmaya uygun alanlar olsa da yerel olarak bazı problemlerle karşılaşılabilir. Bu nedenle uygulama öncesi parsel bazında yapılacak çalışmalarda lokal olarak görülebilecek sorunlar tesbit edilmeli ve çözüm önerileri sunulurken uygulama projeleri bu hususlar göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bu alanlarda, uygulama aşamasında yapılacak derin kazılarda kaya ortamların sık çatlaklı yapı olması nedeni ile kama tipi kaymalar ve kil, silt, kum mercikleri görülen yerlerde de stabilite sorunları görülebilir. Bu yerlerde gerekli önlemler alınmalı ve uygun iksa projeleri hazırlanmalıdır.

### **Önlemlenilen alanlar**

Şekil 4.2'de verilen Yerleşime Uygunluk Haritası'nda gri rengini tonlarından oluşan bölgeler, Önlemlenilen Alanlar olarak tanımlanmıştır. Bu alanlar, inceleme alanı içerisinde doğal afet tehlikeleri ve jeolojik-jeoteknik özellikleri nedeni ile yerleşime

uygunluğu etkileyebilecek hususlara sahip alanlar olup yapılaşma öncesi veya esnasında belirli önlemleri almak şartı ile planlamaya ve yapılaşmaya gidilebilecek alanlardır. Morfolojik olarak bu alanlarda yamaç eğimi 10-20° arasında değişen değerler almaktadır. Bu alanlarda; mühendislik sorunları ve sivilaşma, kütle hareketleri, taşkın riski gibi problemlerin biri veya birkaçı görülebilir.



**Şekil 4.2 :** KE yöntemi kullanılarak inceleme alanının yerleşime uygunluk analizi.

Genel olarak incelendiğinde Güngören ve Gürpınar formasyonlarında gözlenen killi ve kumlu zeminler, Çukurçeşme formasyonunda gözlenen kumlu ve killi kumlu

zeminler değerlendirilmiştir. Bu alandaki killerde; daha plastik davranış, zamana bağlı oturma, yeraltı suyu ve taşıma kapasitesinin sınırlı olmasından kaynaklanabilecek sorunlarla karşılaşılabilir.

Kum ve killi kum zeminler ise gevşek yapılı olup ani oturmanın olabileceği ve taşıma g¼c¼ açısından problem olabilecek zeminlerdir. Aynı zamanda kalın yapay dolgular da bu alanlarda gözlenmektedir.

Bu tür dolguların kalınlıkları ve fiziksel-mekanik özellikleri nedeni ile üzerlerinde hiç bir yapının planlanmaması gereken alanlardır. Eğer planlama yapılacaksa, bina temelleri yapay dolgular kaldırılarak, dolgu altındaki sağlam zemin üzerine oturtulmalıdır.

### **Önlemler 1**

Yerleşime Uygunluk Haritası'nda koyu gri renkli alanlardır. Bu alanların genel nitelikleri;

- Jeolojik olarak Küçükçekmece gölünün kıyı kesimlerinde gözlenen Çukurçeşme kumları ile Ceylan formasyonu sınırlarında gözlenen Kuvaterner yaşlı alüvyonlar yaygındır.
- Potansiyel kütle hareketlerinin gözlendiği alanları içermektedir.
- Sıvılaşma riski bulunmaktadır. Küçükçekmece gölü kıyısına yakın kesimlerde sıvılaşma olasılığı yüksektir.
- Yeraltısuyu yüzeye çok yakındır.
- Yerel zemin sınıflamasına göre Z4 grubuna girmektedir.
- Temel mühendisliği bakımından zayıf zeminler yer almaktadır.
- Temel kazıları sırasında yeraltı suyu problemleri ve duraysızlık sorunları ile karşılaşılabilir.
- Uygun olmayan alan ile önlemler 1 sınırı boyunca taşkın riski beklenebilir.

1. dereceden önlemler alanlarda sel tehlikesi nedeniyle boşaltma, korunma vb. planlar ve uygulamalar gözönüne alınmalıdır. Yağış rejimine bağlı olarak vadilerde ve diğer taşkın alanlarında oluşabilecek sel baskınlarına karşı planlama aşamasında ilgili

konunun uzman kuruluşlardan (İSKİ, DSİ gibi) görüş alınmalıdır. Bu alanlar, olası bir depremden en fazla etkilenecek yerlerdir. Bu nedenle yeni yapılacak yapılar için sondajlı zemin etüdü yapılmalı, zemin hakim periyodu ve spektral ivme parselde özel olarak belirlenmelidir. Sıvılaşma ve zemin büyütmelerini içeren çalışmalar hazırlanacak jeolojik-jeoteknik zemin etüd raporlarında ayrıntılı olarak yer almalıdır. Binaların tasarımı ve yapım aşamalarında sıkı denetim ve kontrol sağlanmalıdır. Bu hususların yerine getirmesi koşulu ile 1 bodrum +1 zemin +1 normal kat olmak üzere en fazla 2 katlı yapılaşmaların olması uygun görülebilir.

### **Önemli alanlar 2**

Yerleşime Uygunluk Haritası'nda gri renkli alanlardır. Bu alanların genel nitelikleri;

- Jeolojik olarak yüzey sularının drenajını sağlayan Çukurçeşme çakıllı kumların sert Gürpınar killeri ile geçiş yerleri ve jeomorfolojik olarak vadi yamaçları görünümündeki alanlardır.
- Yüzeysel akımların ve potansiyel kütle hareketlerinin gözlemlendiği alanları içermektedir.
- Sıvılaşma riski bulunmamaktadır. Yalnızca Haramidere 'ye yakın kesimlerde sıvılaşma olasılığı az da olsa beklenebilir.
- Yeraltısuyu yer yer serbest akifer niteliğindedir.
- Yerel zemin sınıflamasına göre Z3 grubu zemindir.
- Temel mühendisliği bakımından yerel olarak zayıf nitelikli zeminler ile karşılaşılabilir.
- CH zemin sınıfına giren Gürpınar killeri, su ile temaslarında şişme potansiyeline sahiptirler. Taşkın riski bulunmamaktadır.

Yukarıda bahsedilen hususlar gözönüne alınarak planlama ve yapım aşamasında sıkı denetim sağlanması koşulu ile ve ayrıca parsellerin özgün jeolojik ve jeoteknik özelliklerine göre 2-5 katlı binalar yapılabilir.

### **Önemli alanlar 3**

Yerleşime Uygunluk Haritası'nda açık gri renkli alanlardır. Bu alanların genel nitelikleri;

- Jeolojik olarak Bakırköy-Güngören formasyonlarının geçiş zonundan, Güngören formasyonunun orta katı killlerinden, Çukurçeşme çakıllı kumları ve jeomorfolojik olarak vadi yamaçları ile yüksek düzlük alanları içeren alanlardır.
- Morfolojik olarak bu alanlarda yamaç eğimi 0-20° arasında değişen değerler almaktadır.
- Kütle hareketlerinin gözlenmemektedir.
- Sıvılaşma riski bulunmamaktadır.
- Yeraltısuyu yer yer tünek akifer niteliğindedir.
- Depremsellik açısından genellikle Z3 grubu zemin sınıfını içermektedir.
- Temel mühendisliği bakımından yerel olarak zayıf nitelikli zeminler ile karşılaşılabilir..
- CH ve CL zemin sınıfına giren Güngören killeri, su ile temaslarında şişme potansiyeline sahiptirler.
- Taşkın riski bulunmamaktadır.

Yukarıda bahsedilen hususlar gözönüne alınarak planlama ve yapım aşamasında sıkı denetim sağlanması koşulu ile, ve ayrıca parsellerin özgün jeolojik ve jeoteknik özelliklerine göre 5-10 (en fazla 10) katlı binalar yapılabilir.

#### **Yerleşime uygun olmayan alanlar**

Yerleşime uygunluk açısından, çeşitli yüksek tehlikeler bulunması sebebi ile bu alanlarda yapılaşmaya gidilmemelidir. Yerleşime Uygunluk Haritası'nda siyah renkli alanlardır. Bu alanların genel nitelikleri;

- Jeolojik olarak Kuvaterner yaşlı alüvyonlar yaygındır.
- Morfolojik olarak bu alanlar yüksek eğimleri olan vadi yamaçları ve düşük eğimleri olan taban araziler ile kıyı bölgelerini içermektedir.
- Aktif kütle hareketlerinin gözlemlendiği alanları içermektedir.
- Sıvılaşma riski yüksektir.
- Yeraltısuyu yüzeye çok yakındır.

- Yerel zemin sınıflamasına göre Z4 ve Z3 grubu zemin sınıflarını içermektedir.
- Temel mühendisliği bakımından zayıf zeminler yer almaktadır.
- Temel kazıları sırasında yeraltı suyu problemleri ve duraysızlık sorunları ile karşılaşılabilir.
- Taşkın alanlarını içermektedir.
- Kıyı kesiminde sahil yolu inşaatı sırasında denizin doldurulması ile oluşan kıyı dolgusu da bu alan içerisindedir. Bu tür dolguların kalınlıkları ve fiziko-mekanik özellikleri nedeni ile üzerlerinde hiç bir yapının planlanmaması gereken alanlardır.

Bu alanlarda hiçbir şekilde yapılaşma amaçlı planlamaya gidilmemelidir. Uygun olmayan alanlarda yapılaşma amaçlı planlamaya gidilmemesi ve diğer tüm alanlarda yapılaşma öncesinde parsel bazında ayrıntılı zemin etüt çalışmaları yapılması zorunludur.

#### **4.1.2 Analitik hiyerarşi süreci yöntemi**

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977 de ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir. AHS, çok farklı alanlarda ve çok çeşitli amaçlar için başarı ile uygulanmaktadır.

Bu yöntem, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme ve tahminleme yöntemi olarak açıklanabilir.

AHS bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Sonuçta önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzde dağılıma dönüşmektedir.

Farklı arazi kullanımları farklı jeolojik koşulları gerektirmektedir. Bu sebeple bir kentin jeolojik çevresi farklı arazilerden faydalanmayı gerektiren birçok faktöre sahip olan karmaşık bir sistemdir. Bu nedenle bu çalışma da farklı arazi kullanımları için

jeolojik çevreyi değerlendirmek amacı ile çoklu kriter karar verme analizlerinden biri olan AHS yöntemi kullanılmıştır.

AHS'de problem bir hiyerarşi olarak yapılandırılır. Sonuç üzerinde önemli bir etkisi olan karar vermenin en yaratıcı kısmı problemi modellemektir. Hiyerarşi kurulduktan sonra ise öncelikleştirme işlemi yapılır. Öncelikleştirme, bir özellik ile ilişkili olarak kıyaslandığında bir elemanın bir diğeri üzerindeki baskınlığı hakkındaki sorulara cevap vermede kararları açıklığa kavuşturmayı içerir (Saaty, 1990).

AHS'deki öncelikli adım; genel amaç, kriterler ve karar alternatiflerine yönelik grafiksel bir sunum oluşturulmasıdır. Böylece oluşturulan grafik, problemin hiyerarşisini gösterir. İnceleme alanının kentsel alan kullanım kararı için oluşturulan hiyerarşi Şekil 4.3'de gösterilmektedir.

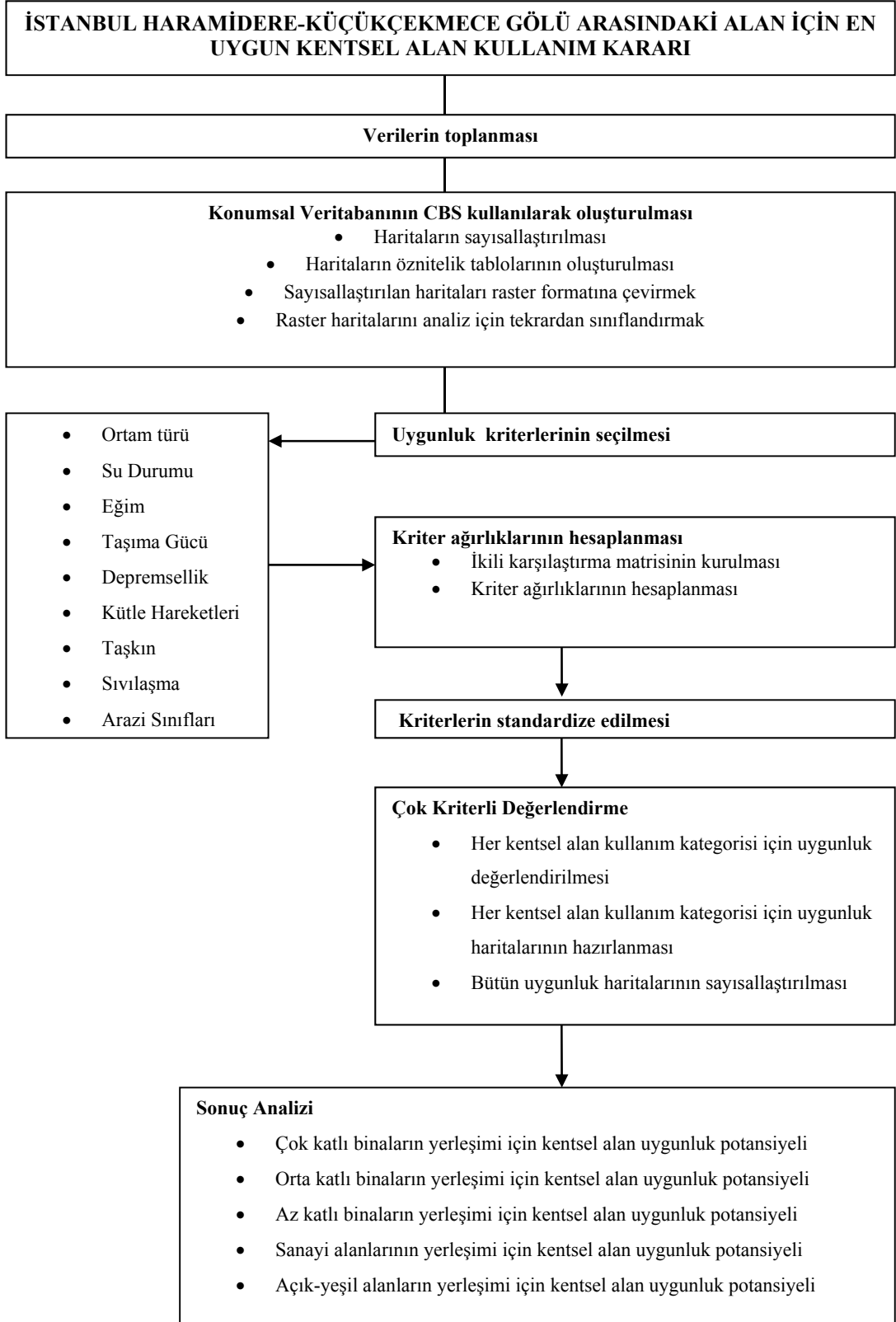
Bu çalışmada mekansal karar destek sistemi içinde AHS'de tek tek değerlendirilen arazi kullanım kategorilerinin her biri CBS'ne entegre edilerek mekansal analizlerinin gerçekleştirilmesiyle analitik bir model oluşturulmuş ve kent için rasyonel kentsel alan kullanımı elde edilmiştir.

İnceleme alanının arazi kullanım kategorileri için arazi parsellerinin uygunluğunu belirlemek amacıyla, yerleşim alanını etkileyen kriterler belirlendi. Bu kriterler; ortam türü, su durumu (yeraltı suyu taşıyan formasyonlar), eğim, depremsellik, kütle hareketleri, taşkın riski, sınılaşma olasılığı ve arazi sınıflarıdır.

İnceleme alanının kentsel alan kullanım kategorileri ise çok katlı (>8) binalar, orta katlı (5-8) binalar, az katlı (2-5) binalar, sanayi alanları ve açık-yeşil alanlar olarak belirlenmiştir.

Eğim, kentsel arazi kullanımlarında çok önemli bir topoğrafik faktördür. Eğimi % 1 den az olan alanlarda drenaj ve alt yapı problemleri çıkabilir. Eğer eğim % 50 den fazla ise erozyon problemleri oluşur.

Yol güzergahlarında maksimum eğim % 10 olmalıdır. Bu değerin üzerindeki eğimli alanlarda gerçekleştirilecek yol yapım çalışmalarında ulaşım ve duraylılık sorunları ortaya çıkar. Sanayi alanları için en uygun eğim % 2-3 tür ve % 6 yı geçmemelidir (Aydemir vd., 1999). Bu değerlendirme göz önüne alınarak, eğim kriterinin sınır değerleri ve çoklu kriter karar destek sistemi içindeki puanlamaları belirlenmiştir (Çizelge 4.9).



**Şekil 4.3 : İnceleme alanının çok kriterli karar hiyerarşisi.**

İnceleme alanında yeraltı sularının yerleşimden kaynaklanan kirlilikten korunabilmesi için analizlerde major akifer içeren formasyonların yer aldığı alanlara

0 puan verilerek yerleşme dışı tutulmuştur. Ayrıca yeraltı suyunun bina temellerinde yol açabileceği hasar da göz önüne alınarak hem tehlike hem koruma faktörleri ortaya çıkmaktadır.

Analizlerde kullanılan yeraltı suyu taşıyan formasyonların haritası jeoloji haritası ve hidrojeolojik koşulların yorumlanması ile hazırlanmıştır (EK A6). Analizde kullanılan diğer kriterler içinde benzer işlemler yapılarak bir puanlama tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.10).

Verilen puanlar ile uygunluk analizi arasında pozitif bir korelasyon kurabilmek amacı ile standart bir puanlama yapılmıştır. En olumsuz duruma 0, en iyi duruma 4 puan verilmiştir.

#### **4.1.2.1 Kriter ağırlıklarının hesaplanması ve değerlendirilmesi**

AHS 'de genel amaca ulaşmaya yaptığı katkıya göre her bir kriterin göreceli önemi hakkında hükümlerde bulunmak gerekmektedir.

AHS, iki ayrı kritere yönelik göreceli tercihleri ölçeklendirmek için Saaty tarafından geliştirilen 1-9 ölçeğini kullanır (Saaty, 2008) (Çizelge 4.11).

Ölçek karar verici tarafından ifade edilen sözel tercihler için tavsiye edilmiş olan sayısal değerleri verir. Bu ölçeğe göre kıyaslanan iki kriter eşit olarak tercih ediliyorsa 1 değerini, iki kriterden biri diğerine biraz tercih ediliyorsa 3 değerini, eğer tercih ediliyorsa 5 değerini, kuvvetle tercih ediliyorsa 7 değerini, kesinlikle tercih ediliyorsa 9 değerini alır.

Aksi durumda ise örneğin, bir faktör diğerine göre 3 değerini aldı ise tersine karşılaştırılmasında 1/3 değerini alır.

Kriterlerin kendileri ile kıyaslanmalarında ise 1 değeri verilir. Böylece kurulan karşılıklı matrisin köşegenleri 1 değerini alır. Karşılaştırmalar ise köşegenin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegenin altında kalan bileşenler için ise doğal olarak ters karşılaştırma yapılan değerler verilir.

AHS'de kriter ağırlıklarının hesaplanması için Saaty ölçeği kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi kurulur. İnceleme alanı için yapılan ikili karşılaştırma matrisi Şekil 4.4'de verilmektedir. İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra karşılaştırılan kriterlerin her birinin önceliği hesaplanmalıdır.

**Çizelge 4.10** : Standardize edilmiş potansiyel puanlar (ÇKB- Çok katlı binalar, OKB- Orta katlı binalar, AKB- Az katlı binalar, SA- Sanayi alanları, AYA- Açık-yeşil alanlar).

Kriterler	Kategori	Puanlama				
		0	1	2	3	4
<b>Ortam Türü</b>	ÇKB	Yapay Dolgu	Alüvyon	İnce Taneli	İri Taneli	Kaya
	OKB	Yapay Dolgu	Alüvyon	İnce Taneli	İri Taneli	Kaya
	AKB	Yapay Dolgu	Alüvyon	İnce Taneli	İri Taneli	Kaya
	SA	Yapay Dolgu	Alüvyon	İnce Taneli	İri Taneli	Kaya
	AYA	Kaya	İri Taneli	İnce Taneli	Alüvyon	Yapay Dolgu
<b>Su Durumu</b>	ÇKB	Alüvyon	Çukurçeşme	Bakırköy Frm- Soğucak Frm	Gürpınar	Akifer İçermeyen Diğer Birimler
	OKB	Alüvyon	Çukurçeşme	Bakırköy Frm- Soğucak Frm	Gürpınar	Akifer İçermeyen Diğer Birimler
	AKB	Alüvyon	Çukurçeşme	Bakırköy Frm- Soğucak Frm	Gürpınar	Akifer İçermeyen Diğer Birimler
	SA	Alüvyon	Çukurçeşme	Bakırköy Frm- Soğucak Frm	Gürpınar	Akifer İçermeyen Diğer Birimler
	AYA	Akifer İçermeyen Diğer Birimler	Gürpınar	Bakırköy Frm- Soğucak Frm	Çukurçeşme	Alüvyon
<b>Eğim</b>	ÇKB	>12	12-8	8-5	5-2	<2
	OKB	>15	15-12	12-8	5-8	<5
	AKB	>20	20-15	15-10	10-5	<5
	SA	>6	6-5	4-5	3-4	2-3
	AYA	<5	5-10	10-15	15-20	>20
<b>Depremsellik</b>	ÇKB	Z4	Z3	-	Z2	Z1
	OKB	Z4	Z3	-	Z2	Z1
	AKB	Z4	Z3	-	Z2	Z1
	SA	Z4	Z3	-	Z2	Z1
	AYA	Z1	Z2	-	Z3	Z4
<b>Kütle Hareketleri</b>	ÇKB	Aktif	Çok Riskli	Orta ve Düşük Riskli	-	Duraylı
	OKB	Aktif	Çok Riskli	Orta ve Düşük Riskli	-	Duraylı
	AKB	Aktif	Çok Riskli	Orta ve Düşük Riskli	-	Duraylı
	SA	Aktif	Çok Riskli	Orta ve Düşük Riskli	-	Duraylı
	AYA	Duraylı	-	Orta ve Düşük Riskli	Çok Riskli	Aktif
<b>Sıvılaşma</b>	ÇKB	Çok	Orta	Az	-	Yok
	OKB	Çok	Orta	Az	-	Yok
	AKB	Çok	Orta	Az	-	Yok
	SA	Çok	Orta	Az	-	Yok
	AYA	Yok	Az	Orta	-	Çok
<b>Taşkın</b>	ÇKB	Var	-	-	-	Yok
	OKB	Var	-	-	-	Yok
	AKB	Var	-	-	-	Yok
	SA	Var	-	-	-	Yok
	AYA	Yok	-	-	-	Var
<b>Arazi Sınıfları</b>	ÇKB	Kıyı Bölgesi- Taban Araziler	Yamaç Zonu	Geçiş Zonu	-	Yüksek Düzlük Alanlar
	OKB	Kıyı Bölgesi- Taban Araziler	Yamaç Zonu	Geçiş Zonu	-	Yüksek Düzlük Alanlar
	AKB	Kıyı Bölgesi- Taban Araziler	Yamaç Zonu	Geçiş Zonu	-	Yüksek Düzlük Alanlar
	SA	Kıyı Bölgesi- Taban Araziler	Yamaç Zonu	Geçiş Zonu	-	Yüksek Düzlük Alanlar
	AYA	Yüksek Düzlük Alanlar	-	Geçiş Zonu	Yamaç Zonu	Kıyı Bölgesi- Taban Araziler

**Çizelge 4.11** : İkili karşılaştırma matrisinde kullanılan 1-9 ölçeği (Saaty, 2008).

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. Faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. Faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. Faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. Faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Bu işlemi gerçekleştirebilmek için yapılması gereken matematiksel prosedür özdeğer ve özvektör (ağırlık vektörü) hesaplamalarını içerir.

#### Kategori 1: Çok Katlı Binalar

Faktörler	Ortam Türü	Su Durumu	Eğim	Taşkın	Depremsellik	Kütle Hareketleri	Sıvılaşma	Arazi Sınıfları	Ağırlık
Ortam Türü	1								0,1340
Su Durumu	1/2	1							0,0334
Eğim	5	7	1						0,2527
Taşkın	1	2	1/3	1					0,0846
Depremsellik	1/5	2	1/3	1	1				0,0705
Kütle Hareketleri	3	7	1	3	3	1			0,2167
Sıvılaşma	1/3	4	1/2	1	2	1/2	1		0,1046
Arazi Sınıfları	1	1	1/2	1	1	1	1	1	0,1030
Tutarlılık Oranı	0.05								

#### Kategori 2: Orta Katlı Binalar

Faktörler	Ortam Türü	Su Durumu	Eğim	Taşkın	Depremsellik	Kütle Hareketleri	Sıvılaşma	Arazi Sınıfları	Ağırlık
Ortam Türü	1								0,1078
Su Durumu	1/3	1							0,053
Eğim	5	7	1						0,3593
Taşkın	1	2	1/5	1					0,0914
Depremsellik	1/5	1/2	1/9	1/4	1				0,0349
Kütle Hareketleri	3	5	1/2	3	7	1			0,2059
Sıvılaşma	1/3	1	1/7	1/2	3	1/4	1		0,0581
Arazi Sınıfları	1	1	1/3	1	1	1	1	1	0,0893
Tutarlılık Oranı	0.05								

**Şekil 4.4** : İkili karşılaştırma matrisi ve kriterlerin nisbi ağırlıkları.

### Kategori 3: Az Katlı Binalar

<b>Faktörler</b>	Ortam Türü	Su Durumu	Eğim	Taşkın	Depremsellik	Kütle Hareketleri	Sıvılaşma	Arazi Sınıfları	<b>Ağırlık</b>
Ortam Türü	1								0,1302
Su Durumu	1	1							0,0521
Eğim	3	7	1						0,3646
Taşkın	1	1	1/9	1					0,0459
Depremsellik	1/5	1	1/7	2	1				0,0497
Kütle Hareketleri	3	5	1/3	5	3	1			0,1745
Sıvılaşma	1/3	3	1/3	5	3	1	1		0,1288
Arazi Sınıfları	1/2	1	1/7	1	1	1/2	1/2	1	0,0538
Tutarlılık Oranı	0.07								

### Kategori 4: Sanayi Alanları

<b>Faktörler</b>	Ortam Türü	Su Durumu	Eğim	Taşkın	Depremsellik	Kütle Hareketleri	Sıvılaşma	Arazi Sınıfları	<b>Ağırlık</b>
Ortam Türü	1								0,1302
Su Durumu	1	1							0,0521
Eğim	3	7	1						0,3646
Taşkın	1	1	1/9	1					0,0459
Depremsellik	1/5	1	1/7	2	1				0,0497
Kütle Hareketleri	3	5	1/3	5	3	1			0,1745
Sıvılaşma	1/3	3	1/3	5	3	1	1		0,1288
Arazi Sınıfları	1/2	1	1/7	1	1	1/2	1/2	1	0,0538
Tutarlılık Oranı	0.07								

### Kategori 5: Açık-Yeşil Alanlar

<b>Faktörler</b>	Su Durumu	Eğim	Taşkın	Kütle Hareketleri	Arazi Sınıfları	<b>Ağırlık</b>
Su Durumu	1					0,0660
Eğim	5	1				0,4331
Taşkın	1	1/5	1			0,1226
Kütle Hareketleri	5	1/3	1	1		0,1815
Arazi Sınıfları	5	1/2	1	1	1	0,1965
Tutarlılık Oranı	0.07					

**Şekil 4.4 (devam):** İkili karşılaştırma matrisi ve kriterlerin nisbi ağırlıkları.

Kurulan matrisdeki her bir kriter (satır) bulunduğu sütunun toplam değerine bölünür. Bu işlem sonucunda normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir.

Normalize edilen bu matrisin her bir satırındaki kriterlerin aritmetik ortalaması hesaplanır. Hesaplanan bu değerler, kriter öncelikleri ile ilgili bir tahmin sağlar ve kriterlerin göreceli önceliklerini veren vektör elde edilir.

Bu aşamadan sonra son kararın niteliği açısından ikili karşılaştırmalarda verilmiş olan değerlerin tutarlılığının kontrol edilmesi gerekir.

Tam bir tutarlılığın sağlanmasında zorluklar ve herhangi bir ikili karşılaştırmalar takımında bazı tutarsızlıklar ile karşılaşılabilir.

AHS, karar verici tarafından verilen ikili karşılaştırma ölçütleri arasındaki tutarlılık derecesinin ölçümüne yönelik bir yöntem sağlamaktadır. Eğer tutarlılık derecesi 0.1 'den küçükse karar sürecine devam edilebilir. Ancak çıkan değer 0.1'den büyükse ikili karşılaştırma matrisindeki ölçütler yeniden değerlendirilip düzeltilmesi gerekmektedir.

Bu işlem tutarlılık derecesi 0.1'den küçük olana kadar devam edilmelidir. Tutarlılık oranının elde edilmesi için kurulan matris ile buna yönelik öncelik vektörü çarpılarak ağırlıklandırılmış toplam vektör elde edilir.

Elde edilen toplam vektörün her bir elemanı, buna karşılık gelen öncelik değerine bölünür ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınır. Bu ortalama değer maksimum özdeğer denir ve  $\lambda_{\text{mak}}$  simgesi ile gösterilir. Daha sonra;

$$CI = (\lambda_{\text{mak}} - n) / (n - 1) \quad (4.1)$$

formülünden tutarlılık indeksi hesaplanır.

Burada;

n: karşılaştırılan kriter sayısıdır.

Saaty (1977), ikili karşılaştırmalar matrisinin içeriğini kontrol eden tek bir sayı indeksi ortaya koymuştur. Bu sebeple ortalama R içerik indeksi CI'nın oranı olarak içerik oran CR'yi tanımlamıştır. Böylece;

$CR = CI / CR$  'dır. Bu orandan tutarlılık oranı sağlanır. Burada CR ( $R_i$ ), rastgele indeks anlamına gelmekte olup rastgele olarak üretilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin ortalama tutarlılık indeksini ifade eder. Bu değer, karşılaştırılan kriterlerin sayısına (n) bağlı olarak değişir (Çizelge 4.12).

**Çizelge 4.12 : Kriter sayısına bağlı rastgele indeks değerleri.**

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ri	0,0 0	0,0 0	0,5 8	0,9 0	1,1 2	1,2 4	1,3 2	1,4 1	1,4 5	1,4 9	1,5 1	1,4 8	1,5 6	1,5 7	1,5 9

Sonuç olarak; ilgili kriter ağırlıkları ile daha önceden standardize edilen puanlar çarpılarak ranklar elde edilir.

$$S = \sum W_i X_i \quad (4.2)$$

Burada;

S= Uygunluk

$W_i$  = i kriterinin ağırlığı

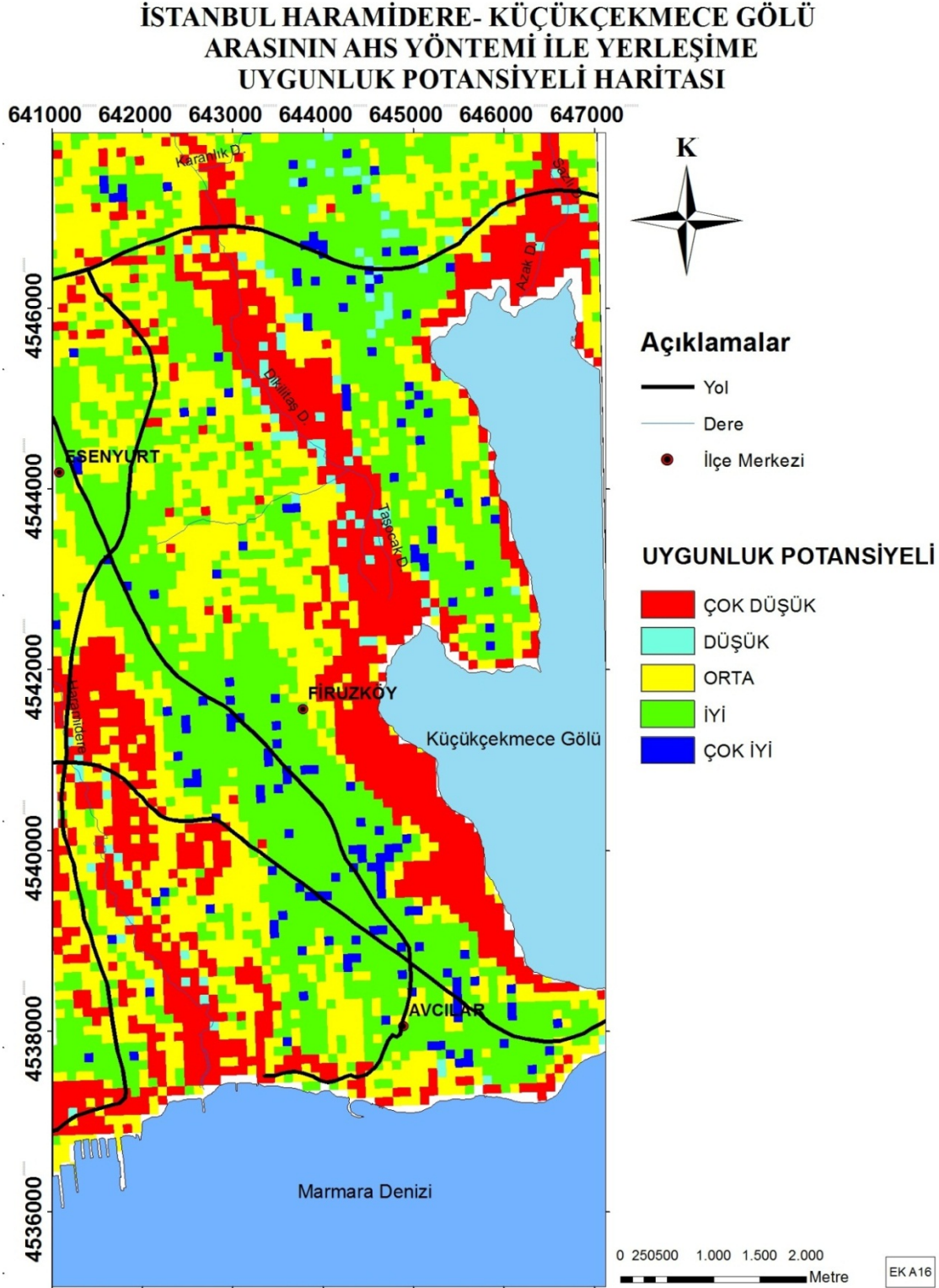
$X_i$  = Kriter i'nin potansiyel puanlaması

#### 4.1.2.2 Sonuç analizi

Daha önceki bölümde açıklanan hiyerarşi yapısı kullanılarak ve bir önceki bölümde anlatılan matematiksel işlemler yapılarak hesaplanan kriter ağırlıkları, her bir kentsel alan kullanımı için standardize edilmiş puanlarla çarpılıp ranklar elde edilmiştir. Hesaplama sonuçları CBS ortamına entegre edilerek mekansal analizler için beş ayrı kentsel kullanım kararı Haramidere-Küçükçekmece gölü arazi kullanım potansiyeli haritaları elde edilmiştir (EK A11, A12, A13, A14, A15). Elde edilen haritalar çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Çok katlı binalar kategorisinin yüksek düzlük alanlarda ve kaya ortamında yoğunlaştığını, aynı zamanda ise taşkın riski bulunan dere yataklarından, yüksek topoğrafik bölgelerden, dik yamaçlardan ve aktif kütle hareketlerinin gözlemlendiği alanlardan kaçınıldığı gözlenmektedir.

Orta katlı binalar ve az katlı binalar kategorisi de aynı şekilde kaya ortamlarında yoğunlaşmaktadır. Sanayi alanları kategorisinde ise akifer özelliği olmayan birimlerin bulunduğu alanlarda yoğunlaştığı, kütle hareketlerinin gözlemlendiği, sınılaşma olasılığının bulunduğu alanlardan ise kaçınıldığı gözlenmektedir. Açık-yeşil alan kategorisi için 5 kriter değerlendirilmiştir. Bunlar; su durumu, eğim, taşkın, kütle hareketleri ve arazi sınıflarıdır. Kriterlerin öncelikleri yapılaşmanın tersi yönünde gelişmiştir. Bu alanların seçiminde yeraltı su seviyesi bakımından zengin

litolojilerin ve taşkın tehlikesi yüksek alanların tercihi öncelik verildiği gözlenmektedir. Yöntem karşılaştırması için; kentsel alan kategorilerinin uygunluk potansiyeli haritaları CBS ortamında üst üste çakıştırılarak tek bir analiz haritası elde edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : AHS yöntemi ile inceleme alanının yerleşime uygunluk analizi haritası.

## 4.2 Yöntemlerin Karşılaştırılması ve Yorumlanması

Mekansal çok kriterli karar verme analizlerinin önemi için kritik olan iki değerlendirme; CBS'in verileri toplaması, depolaması, geri çağrılarak yeniden kullanması, işlenmesi, analiz edilmesi olan yetenekleri ve Çok Kriterli Karar Verme Analizlerinin coğrafi verileri ve karar vericinin alternatif kararlarının boyutsal olmayan değerleri ile tercihlerini bir araya getirmesi gibi yetenekleridir. Bu kapsamda; bu çalışmadaki hataların olası kaynakları verilerle ilgili hatalar ve karar vericinin tercihlerinden oluşabilecek hatalar şeklinde sınıflandırılabilir.

Veri kaynaklı hataları değerlendirecek olursak; jeoloji, hidrojeoloji ve mühendislik jeolojisi verileri bu çalışma için oldukça tatmin edici görünmektedir. Ancak, çalışma alanının jeoteknik karakteri ile ilgili daha iyi bilgiler elde etmek için sondaj kuyularının sayısı arttırılmalıdır. Aynı zamanda yeraltı su seviyesinin gözlemleri içinde daha fazla sondaj sayısına ihtiyaç duyulmuştur.

Veri kaynaklı hatalara ek olarak karar vericinin tercihlerinin spesifik olması ile ilgili bilinmezlerde mevcuttur. Aslında, kriterlere ait harita hataları ile karar vericinin tercih hataları birbirleriyle ilgilidir. Karar vericinin tercihlerini belirtmekte kriter haritalarından elde edilen bilgiler esastır.

Güvenilir sonuçlar için karar vericilerin tercih yapma konusunda uzman olmaları beklenmektedir çünkü her bir kriterin önemi bu tercihlere göre yüksek veya alçak olarak değerlendirilmektedir. Tercihlerin subjektifliği çoğunlukla ağırlık ve sıra değerlerinin tayininden gelmektedir.

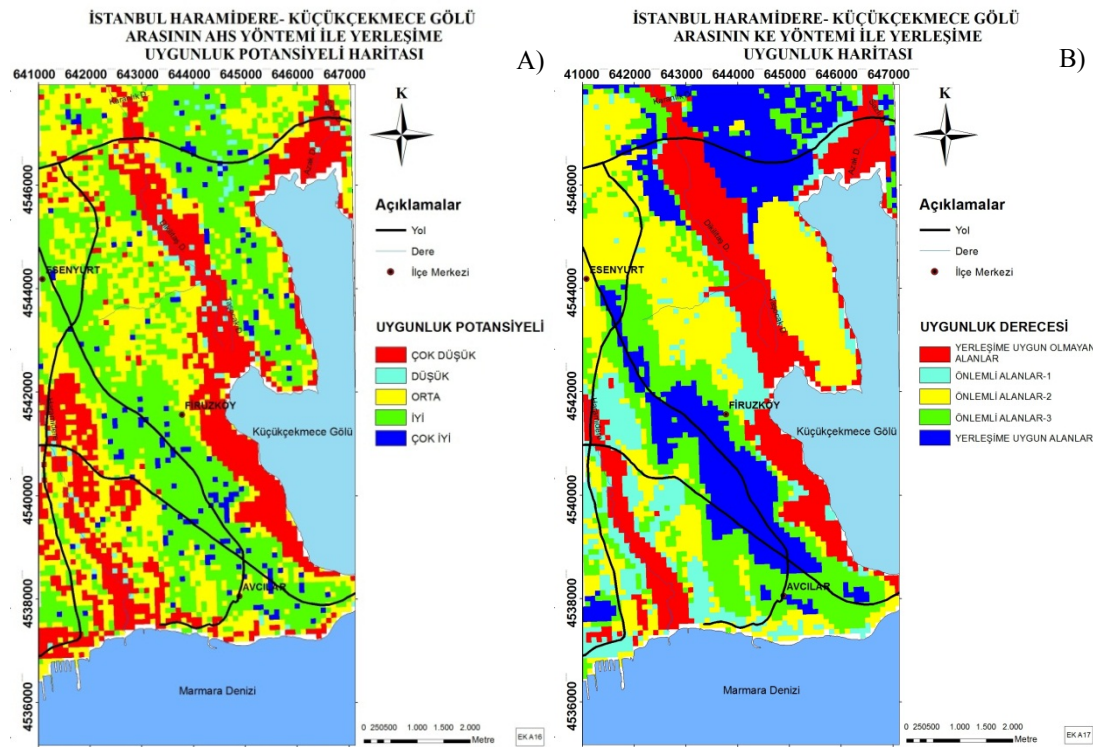
Bu çalışmanın kapsamında Karşılıklı Etkileşim yöntemi ve AHS yöntemlerinde kullanılan ağırlık ve rank değerleri (yapılan puanlama) mühendislik hükümlerine göre uygun bir şekilde tayin edilmeye çalışılmıştır.

Karşılıklı Etkileşim (KE) ve AHS yöntemleri arasındaki esas farklar onların objektifliklerine, kolaylıklarına ve değerlendirme olanaklarına dayanmaktadır.

AHS yöntemi KE yöntemine göre daha karmaşık olmasına rağmen daha objektif sonuçları vardır. Asıl kurgu; karar problemini küçük, anlaşılabilir ve yönetilebilir parçalara ayırmak ve anlamlı bir çözüm bulmak için her parçayı analiz etmek, bu parçaları mantıklı bir şekilde birleştirmektir. AHS yönteminde bu kurgu kullanılarak çalışmanın subjektifliğini azaltmakta ve bu yöneme avantaj sağlamaktadır.

İkili karşılaştırmalar matrisi; KE yönteminde kriterlerin etkilenme derecelerine göre yapılırken, AHS yönteminde kriterlerin önem derecelerine göre oluşturulmaktadır. Tercihlerin subjektifliği çoğunlukla ağırlık ve sıra değerlerinin tayininden gelmektedir.

Bu çalışmanın kapsamında Karşılıklı Etkileşim yöntemi ve AHS yöntemlerinde kullanılan ağırlık ve rank değerleri (yapılan puanlama) mühendislik hükümlerine göre uygun bir şekilde tayin edilmeye çalışılmıştır.



**Şekil 4.6 :** Kullanılan yöntemlerin sonuç analizi haritaları. A) Analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile B) Karşılıklı etkileşim yöntemi ile.

Karşılıklı Etkileşim (KE) ve AHS yöntemleri arasındaki esas farklar onların objektifliklerine, kolaylıklarına ve değerlendirme olanaklarına dayanmaktadır. AHS yöntemi KE yöntemine göre daha karmaşık olmasına rağmen daha objektif sonuçları vardır. Asıl kurgu; karar problemini küçük, anlaşılabilir ve yönetilebilir parçalara ayırmak ve anlamlı bir çözüm bulmak için her parçayı analiz etmek, bu parçaları mantıklı bir şekilde birleştirmektir. AHS yönteminde bu kurgu kullanılarak çalışmanın subjektifliğini azaltmakta ve bu yönetime avantaj sağlamaktadır.

İkili karşılaştırmalar matrisi; KE yönteminde kriterlerin etkilenme derecelerine göre yapılırken, AHS yönteminde kriterlerin önem derecelerine göre oluşturulmaktadır.

AHS yönteminde yapılan ikili karşılaştırmalarda, kriter ağırlıklarının tutarlılığının kontrolü tutarlılık oranı hesaplanarak yapılabildiğı için ağırlıkların direkt hesaplandığı KE yöntemine göre daha uygun bir yöntemdir. KE yönteminde ağırlıklar direkt olarak belirlendiğı için bunların tutarlılığı karar vericinin tercihlerine bağılıdır.

Diğer bir açıdan baktığımızda, KE yöntemi çabukluk konusunda AHS yöntemine göre kesinlikle avantajlıdır. Bu yöntemde konusunda uzman bir kişinin yardımıyla sonuca çabucak ulaşılabilir. Fakat KE yönteminde ağırlık ve puanlamaların belirlenmesinde direkt elde etme yolunu kullandığı için uzman kişinin yeterliliğı AHS yöntemine göre çok daha önemlidir.

Şekil 4.6'ya bakıldığında, KE ve AHS yöntemlerinden elde edilen arazi uygunluk potansiyeli haritalarının genelde birbirleri ile tutarlı oldukları gözlenmiştir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İstanbul ili Haramidere-Küçükçekmece Gölü arasının yerleşime uygunluğunun araştırılmasında Mühendislik Jeolojisi yaklaşımları irdelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Bu çalışma, yerleşim alanlarının uygunluk potansiyelini gösteren jeoteknik mikrobölgeleme haritalarının hazırlanmasında, CBS ile kullanılabilen Çok Kriterli Karar Verme Analiz tekniklerinin üstünlüğünü göstermektedir. Bu tekniklerin önemli avantajları; oldukça düşük maliyete sahip olmaları, verilerin kolay işlenmesi ve hızlıca veri güncellenmesi olarak özetlenebilir.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizleri için yapılan literatür araştırması sonucunda uygunluk kriterleri belirlenmiştir. Bu parametreler; morfolojik özellikler, jeolojik özellikler (yeraltı jeolojisi ve yüzey jeolojisi), su durumu (yeraltı suyu ve yüzey suları), zemin ve kaya ortam karakteristikleri, doğal afet durumu ( kütle hareketleri, depremsellik, taşkın, tsunami, vb..)dur. Yerleşime uygunluk çalışmalarında çoğunlukla ana kriterler olarak kullanılan bu parametreler baz alınarak veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanı oluşturulurken önceki çalışmalardan elde edilen sondaj logları ve laboratuvar deneyleri incelenmiştir. Bu veriler çalışmanın amacı doğrultusunda bir filtreleme işleminden geçirilmiştir. Filtreleme işlemi, verilerin yeterlilikleri ve güvenilirlikleri dikkate alınarak yapılmıştır. Yapılan bu filtreleme sonucunda, verilerin, kaynaklarının güvenilir olduğu ancak inceleme alanındaki dağılımlarından (sondaj verilerinin büyük çoğunluğunun kıyı bölgesinde toplanıp, çalışma alanının orta bölgesinde çok az olması) dolayı yapılacak analizlerde doğru sonuçlar vermeyeceği düşünülerek yeterli olmadıkları kanaatine varılmış ve kullanılmamışlardır.

Filtreleme işleminden sonra çalışma alanının uygunluk analizinde kullanılacak parametreler belirlenmiştir. CBS ortamında birer veri katmanı oluşturan parametreler; ortam türü, su durumu (yeraltı suyu taşıyan formasyonlar), eğim, depremsellik (birimlerin yerel zemin sınıflarına göre), taşkın, kütle hareketleri,

sıvılaşıma, arazi sınıflarıdır. Bu parametreler, yer altı jeolojisi baz alınarak oluşturulmuştur. Bu nedenle öncelikle inceleme alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası önceki çalışmalar ve saha gözlemlerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Çalışma alanında, Tersiyer yaşlı altı farklı birim ayırtlanmıştır. İstifin en alt kesimini Eosen yaşlı, birbirleri uyumlu Soğucak kireçtaşı ve Ceylan formasyonu oluşturmaktadır. Bu formasyonların üzerine uyumsuzlukla gelen Oligosen yaşlı Gürpınar formasyonu yer almaktadır. Gürpınar formasyonunun üzerinde açılı uyumsuzlukla, alttan üste, birbirleri ile uyumlu Çukurçeşme formasyonu, Güngören formasyonu ve Bakırköy formasyonu yer almaktadır. Orta-Üst Miyosen yaşlı bu birimler üzerine uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı alüvyon yer almaktadır.

Ortam türü parametresi, arazi kullanım planlaması için kaya, iri taneli zeminler, ince taneli zeminler, alüvyon ve yapay dolgu olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıfların puanlamasında en iyi puan kaya ortamına, en kötü puanlar alüvyon ve yapay dolguya verilmiştir. Puanlama yapılırken formasyonların fiziko-mekanik parametreleri göz önünde bulundurulmuştur.

Su durumu parametresi, hidrojeolojik koşulların yorumlanması ile yeraltı suyu taşıyan formasyonlar niteliğinde hazırlanmıştır. İnceleme alanında yer alan formasyonların büyük bir kısmı teorik olarak geçirimsiz ve az geçirimli özelliktedir. Formasyonların yeraltı suyu taşıyan seviyeleri Gürpınar formasyonu içindeki kum ve çakıllar, Çukurçeşme formasyonuna ait kum ve çakıllar ile alüvyondur. İnceleme alanının yeraltı sularının yerleşimden kaynaklanan kirlilikten korunabilmesi ve aynı zamanda yeraltı suyunun bina temellerine olan etkisi göz önüne alınarak uygunluk analizi için yapılan puanlamalarda majör akifer içeren formasyonların yer aldığı alana 0 puan verilerek yerleşime uygun olmayan alanlar sınıfına dahil edilmiştir.

Sıvılaşıma riskini arttıran yeraltı suyu derinliği inceleme alanında 0.2-16 m. arasında değişmektedir. İnceleme alanının yeraltı suyu derinlik haritası, önceki çalışmalardan elde edilen sondaj verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Ancak verilerin yetersizliğinden dolayı bu harita yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılmamıştır.

Yerleşime uygunluk haritalarının hazırlanmasında önemli bir kriter olması nedeniyle inceleme alanının eğim haritası hazırlanmıştır.

Bu haritaya göre 25° 'den yüksek eğime sahip olan alanlar yerleşime uygun olmayan alanlar olarak ayırtlanmıştır.

Kentsel kullanım amaçlı planlamalarda kütle hareketlerinin alansal dağılımı, yoğunluğu ve tipinin ortaya konması, sağlıklı ve doğal çevre ile uyumlu imar planlarının oluşturulması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle inceleme alanının kütle hareketleri yoğunluk haritası hazırlanmıştır.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde, aktif heyelanların beklendiği alanlar yerleşime uygun olmayan alanlar olarak ayırtlanmıştır.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılan deprensellik parametresi yerel zemin koşullarına göre sınıflandırılarak haritalanmıştır. Bu sınıflandırma, NEHRP'den yararlanılarak Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre yapılmıştır. İnceleme alanındaki zeminler Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. İnceleme alanı, yerel zemin sınıfı dağılımına göre çoğunlukla Güngören, Gürpınar ve Çukurçeşme formasyonlarının bulunduğu Z3 sınıfını içermektedir. Yerleşime uygunluk analizlerinde Z4 zemin sınıfına puanlamada en yüksek puan olan 3 puan verilerek yerleşime uygun olmayan alanlara dahil edilmiştir.

Yerleşime uygunluk çalışmalarında önemli kriterlerden biri olan sıvılaşma parametresinin haritası, bölgedeki güncel gevşek zeminlerin sıvılaşmaya karşı yatkınlıklarına göre sınıflandırılmıştır. İnceleme alanı; sıvılaşma olasılığı az, orta, çok ve olmaması durumuna göre 4 sınıfta değerlendirilmiştir. Buna göre yapılan analizlerde sıvılaşma olasılığı çok olan alanlar yerleşime uygun olmayan alanlar sınıfına dahil edilmiştir.

Taşkın olasılığının, mühendislik yapılarına ve çevreye verdiği zararları göz önünde tutulduğunda yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılması gereken doğal afet parametrelerinden biridir. İnceleme alanında; geçirimsiz ve az-geçirimli birimlerin yüzeyletiği akaçlama alanlarında, yüzeysel akışın göreceli fazla olduğu bölgeler içerisinde yer alan vadi tabanlarına karşılık taşkın alanları, yerleşime uygunluk analizinde taşkın olasılığının olup olmaması durumuna göre 2 sınıfta değerlendirilmiştir. Taşkın olasılığı olan alanlar yerleşime uygun olmayan alanlar olarak ayırtlanmıştır.

Arazi sınıflarına ait haritada, çalışma alanında birbirinden farklı süreçlerin etkin olduğu beş ana yer şekli sınıflandırılmıştır. Bunlar; yüksek düzlük alanlar, yamaç zonu, geçiş zonu, taban araziler ve kıyı bölgesi'dir. İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizinde daha çok Bakırköy formasyonunun içinde bulunduğu yüksek

düzlük alanlar yerleşime uygun alanlar sınıfına dahil edilmiştir. Çalışmanın her aşamasında hazırlanan haritaların,

CBS ortamında sayısallaştırma işlemlerinden sonra, arazi kullanımına yönelik yapılan analizlerde mevcut yöntemler incelenerek çok kriterli karar verme analiz yöntemleri belirlenmiştir. Bu çalışmada analitik hiyerarşi süreci yöntemi ve karşılıklı etkileşim yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler; kriterlerin ağırlıkları, puanlaması veya sıralanmasını, amaçların önemi açısından tek ya da çoklu setler halinde düzenlenmesini içerir. Her iki analiz yönteminde, her bir uygunluk parametresi, kendi içinde sınıflandırılarak puanlanmıştır. Verilen puanlara göre haritalar CBS ortamında tekrar sınıflandırılmıştır.

Karşılıklı Etkileşim yöntemi, bölgedeki yerleşime uygunluğu yönlendiren kriterlerin birbirleri ile etkilenme derecelerine göre oluşturulan bir karar matrisi ile uygulanır. Oluşturulan karar matrisi ile kriterlerin etki ağırlıkları ve ağırlık katsayıları belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, inceleme alanı Yerleşime Uygun Alanlar (YUA), Önlemlenilen Alanlar (ÖA) ve Yerleşime Uygun Olmayan Alanlar (YUOA) olmak üzere ayırtlanarak 1/25000 ölçekli yerleşime uygunluk haritası hazırlanmıştır.

Yerleşime Uygun Alanlar; Ceylan formasyonu, Soğucak kireçtaşı ve Bakırköy formasyonunun gözlemlendiği, yamaç eğimlerinin 0-10° arasında değiştiği, kütle hareketlerinin gelişmediği, yeraltısuyunun 5 m. ve daha derinde olduğu, sınılaşma ve taşkın riskinin bulunmadığı, temel mühendisliği bakımından yeterli taşıma gücüne sahip jeolojik ortamların olduğu alanlardır. Bu alanlar, her ne kadar yapılaşmaya uygun alanlar olsa da yerel olarak bazı problemlerle karşılaşılabilir. Bu nedenle uygulama öncesi parsel bazında yapılacak çalışmalarda lokal olarak görülebilecek sorunlar tesbit edilmeli ve çözüm önerileri sunularak uygulama projeleri bu hususlar göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Önlemlenilen alanlar; inceleme alanı içerisinde doğal afet tehlikeleri ve jeolojik-jeoteknik özellikleri nedeni ile yerleşime uygunluğu etkileyebilecek hususlara sahip alanlar olup yapılaşma öncesi veya esnasında belirli önlemleri almak şartı ile planlamaya ve yapılaşmaya gidilebilecek alanlardır.

Bu alanlar; yamaç eğiminin 10-20° arasında değiştiği, Güngören ve Gürpınar formasyonlarında gözlenen killi ve kumlu zeminler, Çukurçeşme formasyonunda

gözlenen kumlu ve killi kumlu zeminlerin gözleendiği, mühendislik sorunları, sıvılaşma, kütle hareketleri, taşkın riski gibi problemlerin biri veya birkaçının görülebileceği alanlardır. Kalın yapay dolgular da bu alanlarda gözlenmektedir.

Bu tür dolguların kalınlıkları ve fizikomekanik özellikleri nedeni ile üzerlerinde hiç bir yapının planlanmaması gereken alanlardır. Eğer planlama yapılacaksa bina temelleri yapay dolgular kaldırılarak dolgu altındaki sağlam zemin üzerine oturtulmalıdır.

Yerleşime Uygun Olmayan Alanlar; Kuvaterner yaşlı alüvyonların yaygın olduğu, yüksek eğimleri olan vadi yamaçları, düşük eğimleri olan taban araziler ile kıyı bölgelerini ve taşkın alanlarını içeren, aktif kütle hareketlerinin gözleendiği, yeraltı suyunun yüzeye çok yakın olması ve bu nedenle sıvılaşma riskinin yüksek olduğu alanların ve temel mühendisliği bakımından zayıf zeminlerin yer aldığı alanlardır. Bu alanlarda; temel kazıları sırasında yeraltı suyu problemleri ve duraysızlık sorunları ile karşılaşılabilir ve hiçbir şekilde yapılaşma amaçlı planlamaya gidilmemelidir.

AHS yöntemi; bir karar hiyerarşisi üzerinde önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerleri açısından birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda inceleme alanının Çok Katlı Binalar, Orta Katlı Binalar, Az Katlı Binalar, Sanayi Alanları ve Açık-Yeşil Alanlar kategorileri için 1/25000 ölçekli uygunluk potansiyeli haritaları hazırlanmıştır.

Çok katlı binalar kategorisinin yüksek düzlük alanlarda ve kaya ortamında yoğunlaştığını, aynı zamanda ise taşkın riski bulunan dere yataklarından, yüksek topoğrafik bölgelerden, dik yamaçlardan ve aktif kütle hareketlerinin gözleendiği alanlardan kaçınıldığı gözlenmektedir.

Orta katlı binalar ve az katlı binalar kategorisi de aynı şekilde kaya ortamlarında yoğunlaşmaktadır.

Sanayi alanları kategorisinde ise akifer özelliği olmayan birimlerin bulunduğu alanlarda yoğunlaştığı, kütle hareketlerinin gözleendiği, sıvılaşma olasılığının bulunduğu alanlardan ise kaçınıldığı gözlenmektedir.

Açık-yeşil alan kategorisi için 5 kriter değerlendirilmiştir. Bunlar; su durumu, eğim, taşkın, kütle hareketleri ve arazi sınıflarıdır. Kriterlerin öncelikleri yapılaşmanın tersi yönünde gelişmiştir. Bu alanların seçiminde yeraltı su seviyesi bakımından zengin

litolojilerin ve taşkın tehlikesi yüksek alanların tercihine öncelik verildiği gözlenmektedir.

İnceleme alanının yerleşime uygunluk analizlerinde kullanılan yöntemler birbirleri ile karşılaştırılarak, avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme; yöntemlerin objektifliklerine, kolaylıklarına ve değerlendirme seçeneklerine dayanmaktadır. Buna göre; AHS yöntemi KE yöntemine göre daha karmaşık olmasına rağmen daha objektif sonuçları vardır.

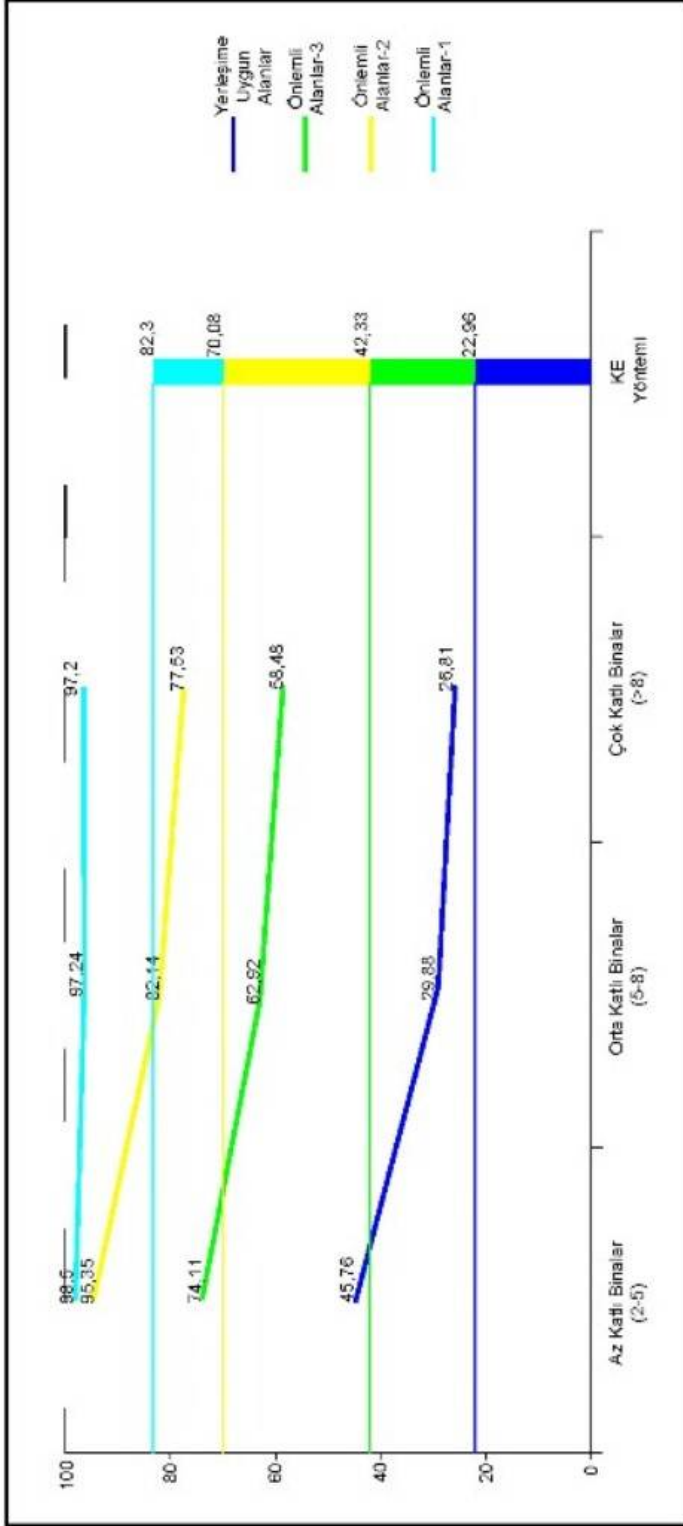
AHS yönteminde yapılan ikili karşılaştırmalarda, kriter ağırlıklarının tutarlılığının kontrolü yapılabildiği için ağırlıkların direkt hesaplandığı KE yöntemine göre daha objektif bir yöntemdir. KE yönteminde ağırlıklar direkt olarak belirlendiği için bunların tutarlılığı karar vericinin tercihlerine bağlıdır.

KE yöntemi çabukluk konusunda AHS yöntemine göre kesinlikle avantajlıdır. Bu yöntemde, konusunda uzman bir kişinin yardımıyla sonuca çabucak ulaşılabilir. Fakat KE yönteminde ağırlık ve puanlamaların belirlenmesinde direkt elde etme yolunu kullandığı için uzman kişinin yeterliliği AHS yöntemine göre çok daha önemlidir.

İnceleme alanının, arazi kullanım kararı planlamasında, KE ve AHS yöntemlerinden elde edilen arazi uygunluk potansiyeli haritalarının bazı kesimlerde birbirleri ile tutarlı oldukları gözlenmiştir. Bunun nedeni ise; yöntemlerin kriter ağırlıklarının hesaplanmasındaki farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak inceleme alanının yerleşilebilirlik sınıflarının yüzde oranları hesaplanarak bir grafik oluşturulmuştur. Binalar kategorisi ile KE yöntemi sonucunda çıkan yüzdeler Şekil 5.1’de gösterilen bir çizgi grafikte, sanayi alanları ve açık-yeşil alanlar ise Şekil 5.2’de gösterilen birer sütun grafikte gösterilmiştir.

Binalar kategorisinin yerleşime uygunluk değerlendirmesinde, Mühendislik Jeolojisi ile birlikte İnşaat Mühendisliği de göz önünde tutulmaktadır. Bina yüksekliğine bağlı değerlendirmede zeminlerin yük taşıma kapasitesine ve elastisite modülüne bakılmaktadır. İnşaat Mühendisliğine bağlı olarak kat yüksekliğine göre yapılan değerlendirmede; az katlı binaların yerleşime uygun alanları % 45.76 iken bu değer çok katlı binalara gidildikçe azalır % 26.81’e düşmektedir. Önlemler alındıkça yerleşilebilecek alanların yüzdesinin 98.5’e çıktığı görülmektedir.



**Şekil 5.1** : Binalar kategorisi ve KE yönteminde yerleşilebilirlik sınıflarının yüzde dağılım grafiği.

Bu çalışmada yapılan yerleşime uygunluk değerlendirmesine göre inceleme alanının % 1.5'inde az katlı binaların, % 1.8'inde ise çok katlı binaların yapılamadığını görmekteyiz.

KE yöntemi kullanılarak yapılan inceleme alanının yerleşime uygunluk değerlendirmesinde Mühendislik Jeolojisi göz önünde tutulmaktadır. Hiç bir önlem alınmadan yerleşilebilecek uygun alanların yüzdesi 22.96'dır. Bu oran önlemler alındıkça artarak % 82.3'e çıkmaktadır. Bu yöntemde, inceleme alanının % 18'i yerleşime uygun olmayan alan olarak ortaya çıkmaktadır.

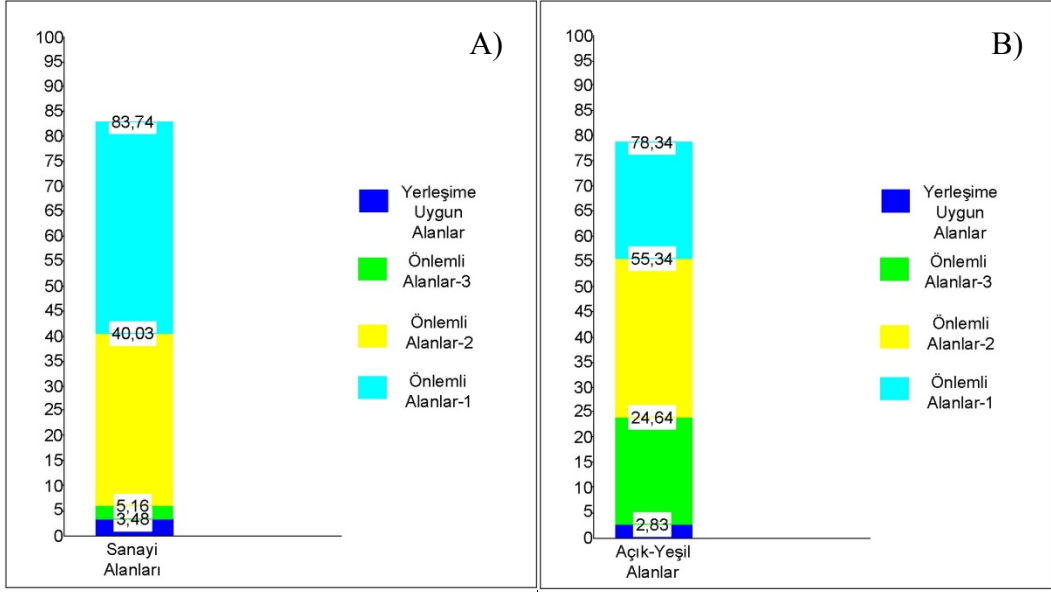
Binalar kategorisi ile KE yönteminin yüzde dağılımlarını karşılaştırdığımızda büyük ölçüde örtüşmediklerini görmekteyiz. Hiç bir önlem alınmaksızın yerleşime uygun alanlar KE yönteminde % 22.96 iken Az katlı binaların yerleşiminde bu oranın 2 katına çıktığını görmekteyiz. KE yöntemindeki 3.dereceden önlemliler alanların % 3 ü, Az katlı binalar için önlem alınmaksızın yerleşime uygun alanların içinde bulunmaktadır. Aynı şekilde Az katlı binaların yerleşiminde 1. Dereceden önlemliler alanlar % 95.35 den sonra başlarken, KE yönteminde 1.dereceden önlemliler alan % 70.08 - % 82.3 arasındadır. Bu da KE yöntemindeki oranın Az katlı binaların 2.dereceden önlemliler alanlarına denk gelmektedir. Grafikte çok katlı binaların az katlı binalara göre yerleşim oranının KE yöntemi ile daha çok örtüştüğünü görmekteyiz.

KE yöntemi ile binalar kategorisinin yüzde dağılımlarının farklı çıkmasının nedenini kriter ağırlıklarının hesaplamalarında kullanılan yöntemlerin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

AHS yönteminde kriterlerin önem derecelerine göre KE yönteminde ise kriterlerin birbirlerinden etkilenme derecelerine göre hesaplama yapılır. Yüzde dağılım grafiğine bakıldığında inceleme alanının % 2-3'ünün yerleşilebilir olmadığı ortaya çıkmaktadır.

Sanayi alanları ve açık-yeşil alanlar için hesaplanan yüzde dağılımları Şekil 5.2'de verilmiştir. Sanayi alanlarında önlem alınmaksızın yerleşilebilir alan % 3.48 iken bu oran önlem alındıkça % 83.74'e çıkmaktadır. % 17 lik bir kısım ise sanayi alanları için uygun olmayan alanlardır.

İnceleme alanında % 2.83'ünde direkt olarak açık-yeşil alanlar yapılabilmektedir. % 21.66'sı ise açık-yeşil alanlar için uygun olmayan alanlardır.



**Şekil 5.2 :** Yerleşilebilirlik sınıflarının yüzde dağılım grafiği. A) Sanayi Alanları B) Açık-Yeşil Alanlar

Son aşamada; oluşturulan haritaların mevcut arazi ile ne kadar örtüştüğü belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla; arazinin mevcut kullanım haritası oluşturulmuştur (Şekil 5.6).

**İSTANBUL HARAMİDERE- KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ  
ARASINDA MEVCUT ARAZİ KULLANIM HARİTASI**



**Şekil 5.3 :** Çalışma alanının mevcut arazi kullanım haritası.

Bu haritada inceleme alanı; Çok Katlı Binalar, Orta Katlı ve Az Katlı Binalar, Sanayi Alanları ve Açık-Yeşil Alanlar olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. Bu alanlar uzaktan algılama ve arazi gözlemleri ile belirlenmiştir.

Son aşamada, inceleme alanındaki mevcut yapılaşmadan hareketle oluşturulan arazi kullanım haritasına bakıldığında çalışmamızın konusunu oluşturan yöntemlerde kullanılan ölçütlerin halihazır durumla genel anlamda örtüştüğü görülmektedir.

Bu sonuç çalışmada baz alınan ilkelerin güncel yaşamla ne kadar uyumlu olduğunu ortaya koymakta, bundan sonraki çalışmalar için önemli bir ilki oluşturmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Anadolu Yerbilimleri Ltd. Şti.**, (2011). *İstanbul ili Avcılar İlçesi İSKİ-Küçükçekmece Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisi İmar Planlarına Esas Ayrıntılı Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu*. İstanbul.
- Akartuna, M.**, (1953). Çatalca Karacaköy bölgesinin jeolojisi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri*, sayı 13, Sf. 1-88, İstanbul.
- Arıç, C.**, (1955). *Haliç-Küçükçekmece Gölü bölgesinin jeolojisi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi (doktora tezi), İstanbul. (yayınlanmamış).
- Aydın, Y.**, (1974). *Etude petrographique et geochemique de la partie centrale du Masif d'Istranca (Turquie)*, Nancy University, (doktora tezi), Sf. 131, France.
- Atlas Jeoloji Mühendislik, Madencilik, İnşaat Ltd. Şti.**, (2009). *İstanbul ili Avcılar İlçesi Jet ve Yat Limanı Bölgesine Ait Revize İmar Planlarına Esas Ayrıntılı Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu*. Cilt 1, İstanbul.
- Aydemir, Ş., Aydemir, S. E., Ökten, N., Öksüz, A. M., Sancar, C., Özyaba, M.**, (1999). Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarımı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Trabzon.
- Baz, İ., Geymen, A., Er, S. N.**, (2008). Development and application of GIS-based analysis/synthesis modeling techniques for urban planning of Istanbul metropolitan area. *Advances in Engineering Software, Elsevier*, v.40.
- Belirti Mühendislik - Danışmanlık A.Ş.**, (2001). Avcılar İlçesi 1000 Hektarlık Alanın İmara Esas Jeolojik-Jeofizik-Jeoteknik Etüd Raporu. *Ana Rapor*, Cilt 1, İstanbul.
- BSSC**, (2001). Building Seismic Safety Council.
- Dai, F. C., Lee, C. F., Zhang, X. H.**, (2001). GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology, Elsevier*, 61, 257-271.
- Dalgıç, S., Turgut, M., Kuşku, İ., Coşkun, Ç., Coşgun, T.**, (2009). İstanbul'un avrupa yakasındaki zemin ve kaya koşullarının bina temellerine etkisi. *Uygulamalı Yerbilimleri*, sayı. 2, Sf. 47-70.
- Doust, H., Arıkan, Y.**, (1974). The geology of the Thrace basin. *Proceedings, 9<sup>th</sup> Petroleum Congress Of Turkey*, 227-248.

- Duman, Y. T., Keçer, M., Ateş, Ş., Emre, Ö., Gedik, İ., Karakaya, F., Durmaz, S., Olgun, Ş., Şahin, H., ve Gökmenoğlu, O.,** (2004). İstanbul Metropolü Batısındaki (Küçükçekmece-Silivri-Çatalca Yöresi) Kentsel Gelişme Alanlarının Yer Bilim Verileri, *Maden Tetkik ve Arama Özel Yayın Serisi*, 3, Ankara.
- Duman, Y. T., Can, T., Gökçeoğlu, C., Nefeslioğlu, H. A., Sönmez, H.,** (2006). Application of logistic regression for landslide susceptibility zoning of Cekmece area. *Springer-Verlag*, v. 51.
- Erentöz, C.,** (1953). Çatalca bölgesinde jeoloji tetkikleri.
- ESRI,** (1994). Program manual. Sf. 1-2.
- Eyüboğlu, R.,** (1997). *Harşit vadisi Doğankent (Giresun)-Yurtköyü (Gümüşhane) arasının yamaç duraylılığı açısından incelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (doktora tezi), İstanbul.
- Görür, N. ve Okay, A.I.,** (1996). A Fore-Arc origin for the Thrace basin, NW Turkey. *Geol. Rundsch*, 85, 662-668.
- Gündüz, A.,** (2006). *İstanbul Büyükçekmece-Küçükçekmece Göller arası bölgede yerleşime uygunluk*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi), İstanbul.
- Güven, N.,** (2012). Kişisel görüşme.
- Hoşgörmez, H.,** (2001). *Trakya havzası ve Batı Karadeniz bölgesi doğal gaz zuhurlarının kararlı izotop jeokimyası yöntemi ile incelenmesi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi), İstanbul.
- İ.B.B., T.C.,** (2001). *İstanbul Avrupa Yakası Güneyi 1/5000 Ölçekli İmar Planlarına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Daire Başkanlığı Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İstanbul.
- İ.B.B., T.C.,** (2002). Mikrobölgeleme Rapor ve Haritalarının Hazırlanması Avrupa Yakası Güney, Yerleşim Amaçlı Mikrobölgeleme Çalışmaları Sonucu Hazırlanan İmar Planlarına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yöntemi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, *Nihai Rapor*, İstanbul.
- İstanbul Teknik Üniversitesi, T.C.,** (1997). İstanbul Avcılar Belediyesi Yoğun Yapılaşma Alanının Yerleşime Uygunluk Amaçlı Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Araştırma Projesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Ar-Ge İşletmesi, *Sonuç Raporu*, Cilt I, İstanbul.
- İstanbul Teknik Üniversitesi, T.C.,** (1997). İstanbul Avcılar Belediyesi Yoğun Yapılaşma Alanının Yerleşime Uygunluk Amaçlı Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Araştırma Projesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Ar-Ge İşletmesi, *Sonuç Raporu*, Cilt II, İstanbul.
- İstanbul Teknik Üniversitesi, T.C.,** (1997). İstanbul Avcılar Belediyesi Yoğun Yapılaşma Alanının Yerleşime Uygunluk Amaçlı Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Araştırma Projesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Ar-Ge İşletmesi, *Sonuç Raporu*, Cilt III, İstanbul.

- İstanbul Teknik Üniversitesi, T.C.**, (2000). Bakırköy Belediyesi 1. Etap Bakırköy-Ataköy Kesimi Yerleşim Alanlarının Jeolojik Yapı ve Depremsellik Etüdü Projesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Geliştirme Vakfı, *Sonuç Raporu*, İstanbul.
- Karaca, Ö.**, (2007). *Fethiye yerleşim alanı zeminlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve jeoteknik haritalarının coğrafi bilgi sistemleri (cbs) kullanılarak hazırlanması*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (doktora tezi), Isparta.
- Kasapoğlu, K.E.**, (t.y.). Kent planlamasında yer seçimini etkileyen jeolojik faktörler, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Ankara.
- Kaya, O.**, (1971). İstanbul Karbonifer stratigrafisi. *TJK Bülteni*, Cilt 14, sayı 2, Sf. 143-191, Ankara.
- Keskin, C.**, (1974). Kuzey Ergene havzasının jeolojisi. *Türkiye 2. Petrol Kongresi*, 137-163.
- Kolat, Ç., Doyuran, V., Ayday, C., Süzen, M.L.**, (2006). Preparation of a Geotechnical Mikrozonation Model Using GIS Based On Multicriteria Decision Analysis. *Engineering Geology, Elsevier*, 87, 241-255.
- Kuruoğlu, M., Kapar, M., Özden, G.**, (t.y.). Coğrafi bilgi sistemleri (GIS) merkezli zemin dinamiği veritabanı geliştirilmesi ve dinamik analizler.
- Marinoni, O.**, (2004). Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. *Computer & Geosciences, Elsevier*, 30, 637-646.
- NEHRP**, (2000). The 2000 NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) Recommended Provisions for New Buildings and Other Structures. Part 1, Provisions FEMA 302.
- Okay, A. I. ve Tansel, I.**, (1994). New data on the upper age of the Intra-Pontide ocean from the north of Şarköy (Thrace). *Mineral. Res. Explo. Bull.*, 114, 23-26.
- Oktay, F. Y., Eren, R. H., Sakınç, M.**, (1992). Karaburun-Yeniköy (İstanbul) çevresinde Doğu Trakya Oligosen havzasının sedimenter jeolojisi. *Türkiye 9. Petrol Kongresi ve Sergisi, bildiri özetleri*, sayı 114, Ankara, Türkiye.
- Özgül, N., Üner, K., Akmeşe, İ., Bilgin, İ., Kokuz, R., Özcan, İ., Yıldız, Z., Yıldırım, Ü., Akdağ, Ö., Tekin, M.**, (2005). İstanbul il alanının genel jeoloji özellikleri. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yöntemi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü.
- Saaty, T. L.**, (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Sciences*, 1,1.
- Saaty, T. L.**, (1990). How to Make Decision : The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.
- Saner, S.**, (1979). Batı Pontidlerin ve komşu havzalarının oluşuklarının levha tektoniği kavramıyla açıklanması, Kuzeybatı Türkiye. *MTA Dergisi*, 93/94, 1-20.

- Saraç, G.**, (1987). *Kuzey Trakya bölgesinde Edirne-Kırklareli, Saray-Çorlu, Uzunköprü- Dereikebir yörelerinin memeli faunası*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi), Ankara (yayınlanmamış).
- Sayar, C.**, (1977). İstanbul yeni iskan yöreleri geoteknik ve sismik etüdü. Büyükçekmece-Küçükçekmece Göller arası yöre, Boğaziçi Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü, *basılmamış rapor*, cilt 1, 14-27.
- Sayar, C.**, (1989). İstanbul ve çevresi Neojen çökelleri ve Paratetis içindeki konumu. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, *35. Yıl Sempozyumu ve Kutlama Etkinlikleri*, 250-266.
- Sayar, M. ve Pamir, H. N.**, (1933). *Küçükçekmece Fosil Fıkralı Hayvanlar Mecmuası*. İst. Darıl. Jeol. Enst. Neşr., 8.
- Sayar, M.**, (1951). İstanbul civarının Üst Miyosen omurgalılarına ait yeni müşahadeler. *İ.T.A. Dergisi*, Cilt 9, sayı 3, Sf. 9-12, İstanbul.
- Sönmez (Gökçen), N.**, (1964). Çatalca (Trakya) civarı Neojen'inden Congeria'lı serinin Ostracod'larla bulunan yeni yaşı hakkında. *M.T.A. Dergisi*, 63, 43-53.
- Sümengen, M., Terlemez, İ., Şentürk, K., Karaköse, C., Erkan, E., Ünay, E., Gürbüz, M., Atalay, Z.**, (1987). Gelibolu yarımadası ve Güneybatı Trakya Tersiyer havzasının stratigrafisi, sedimantoloji ve tektoniği. *M.T.A. Raporu*, 8128, (yayınlanmamış).
- Şengör, A. M. C.**, (1979). The North Anatolian Transform Fault; its age, ofset and tectonic significance. *Jour. Geol. Soc.*, 136, 269-282, London.
- Ternek, Z.**, (1987). 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritaları açıklaması İstanbul paftası. Derleyen Akyürek, B., *M.T.A. yayını*, Ankara.
- Tohumcu, P., Kılıç, H., Özaydın, K.**, (2003). Yerel zemin koşullarının depremler sırasında yapısal davranış üzerinde etkileri yönünden sınıflandırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, *araştırma makalesi*.
- Ülkümen (Rückert), N.**, (1960). Trakya ve Çanakkale mıntıklarında bulunan neojen balıklı formasyonları hakkında. *İstanbul Üniversitesi Fen fakültesi Monografileri*, sayı 16, Sf. 1-81.
- Vardar, M.**, (2012). Kişisel görüşme.
- Yılmaz, P.O. ve Sungurlu, O.**, (1991). Turkish sedimentary basins: Tectonic framework & Hydrocarbon potential. *Ozan Sungurlu Symposium Proc.*, 29-47.
- Yurtsever, A.**, (1996). İstanbul yarımadasının (1/500 000 ölçekli haritasının) jeolojisi. *M.T.A. Raporu*, sayı. 9989, Ankara (yayınlanmamış).
- Yurtsever, A. and Çağlayan, A.**, (2002). İstanbul F-21 ve G21 (Kısmen) Paftaları, 1:100,000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, sayı. 65, Ankara.
- Yüzer, E., Eriş, İ., Bakır, A., Aydoğan, S.**, (2007). *İstanbul'un heyelanları. İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu 3*, İstanbul Teknik Üniversitesi Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul.

**Zarif, İ. H.**, (1996). *Küçükçekmece-Büyükçekmece Gölleri arasındaki alanın yamaç stabilitesi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (doktora tezi), İstanbul.



## **EKLER**

- EK A.1:** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası
- EK A.2 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası
- EK A.3 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli ortam türü haritası
- EK A.4 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli eğim haritası
- EK A.5 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli yerel zemin sınıfı haritası
- EK A.6 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli su durumu haritası
- EK A.7 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli kütle hareketleri yoğunluk haritası
- EK A.8 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli sıvılaşma haritası
- EK A.9 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli taşkın haritası
- EK A.10 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli arazi sınıfları haritası
- EK A.11 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasında 1/25 000 ölçekli çok katlı binaların yerleşimi için uygunluk potansiyeli haritası
- EK A.12 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasında 1/25 000 ölçekli orta katlı binaların yerleşimi için uygunluk potansiyeli haritası
- EK A.13 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasında 1/25 000 ölçekli az katlı binaların yerleşimi için uygunluk potansiyeli haritası
- EK A.14 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasında 1/25 000 ölçekli sanayi alanlarının yerleşimi için uygunluk potansiyeli haritası
- EK A.15 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasında 1/25 000 ölçekli açık-yeşil alanların yerleşimi için uygunluk potansiyeli haritası
- EK A.16 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli AHS yöntemi ile yerleşime uygunluk potansiyeli haritası
- EK A.17 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli KE yöntemi ile yerleşime uygunluk haritası
- EK A.18 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli A-A' jeolojik enine kesiti
- EK A.19 :** İstanbul Haramidere Küçükçekmece Gölü arasının 1/25 000 ölçekli yeraltı suyu derinlik haritası



## **ÖZGEÇMİŞ**



**Ad Soyad:**

**Neslihan Okutgen**

**Doğum Yeri ve Tarihi:**

**İstanbul, 1985**

**Adres:**

**E-Posta:**

**neslihanokutgen@yahoo.com**

**Lisans:**

**Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji  
Mühendisliği**